

Plant extracts of *Magnolia* spp. as botanical pesticides for biological control of house cricket *Acheta domestica* (Linnaeus, 1758)

Extractos vegetales de *Magnolia* spp. como insecticidas botánicos para el control del grillo doméstico *Acheta domestica* (Linnaeus, 1758)

Laura Viridiana Pérez-Rubio¹, Vanessa Mendez-Rocha², Natalia Jocabed Ríos-Gastélum¹, Eva Lizeth Hernández-Martínez¹, Michel Ivonne Chávez-Olvera¹, Dennis Adrián Infante-Rodríguez³, Suria Gisela Vásquez-Morales³

¹Licenciatura en Biología Experimental, División de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Guanajuato.

²Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo, División de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Guanajuato.

³Departamento de Biología, División de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Guanajuato. da.infante@ugto.mx³, sq.vasquez@ugto.mx³

Resumen

En este estudio se evaluó la actividad insecticida por contacto de extractos etanólicos de la sarcotesta de tres especies de *Magnolia* endémicas de México. El método de bioensayo utilizado siguió el procedimiento operativo estándar de la OMS (2022) para impregnar papel filtro para pruebas de susceptibilidad a insecticidas con modificaciones menores. El modelo biológico utilizado fueron ninfas de 15 días de edad del grillo doméstico *Acheta domestica* L. Nuestros resultados mostraron que los extractos de sarcotesta de *Magnolia perezfarrerae*, *Magnolia pugana* y *Magnolia vovidesii* exhibieron actividad insecticida por contacto. Las primeras concentraciones del extracto de sarcotesta mostraron un efecto insecticida similar al Spinetoram (control positivo), a una concentración de 0.43 mg/ml. Para *M. pugana* y *M. perezfarrerae*, las concentraciones insecticidas más eficaces fueron C1 (2 mg/ml) y C2 (0,2 mg/ml), respectivamente, mientras que para *M. vovidesii* fue C1 (4 mg/ml). Las curvas de supervivencia mostraron que la mortalidad aumenta con el tiempo de exposición y la probabilidad de supervivencia disminuye en un 50% después de 48 horas. En este estudio se reporta por primera vez el potencial de *Magnolia* spp endémicas como insecticidas botánicos contra *A. domestica*.

Palabras clave: Magnolias, plaguicidas botánicos, grillo doméstico.

Abstract

In this study, the contact insecticidal activity of ethanolic extracts of the sarcotesta of three *Magnolia* species endemic of Mexico was evaluated. The bioassay method used followed the WHO (2022) standard operating procedure for Impregnating filter paper for Insecticide susceptibility testing with minor modifications. The biological model used was 15-day-old nymphs of the domestic cricket *Acheta domestica*. Our results showed that the extracts of sarcotesta from *Magnolia perezfarrerae*, *Magnolia pugana*, and *Magnolia vovidesii* exhibited insecticidal activity by contact. The first concentrations of the sarcotesta extract showed an insecticidal effect similar to Spinetoram (positive control), at a concentration of 0.43 mg/ml. For *M. pugana* and *M. perezfarrerae*, the most effective insecticidal concentrations were C1 (2 mg/ml) and C2 (0.2 mg/ml), respectively, whereas, for *M. vovidesii*, it was C1 (4 mg/ml). Survival curves showed that mortality increased with exposure time and the probability of survival decreases by 50% after 48 hours. In this study, the potential of endemic Mexican *Magnolia* spp. as botanical insecticides against *A. domestica* is reported for the first time.

Keywords: Magnolias, botanical pesticides, house cricket.



Figura 1. Polifliculo y semillas con sarcotesta (cubierta roja) de *M. perezfarrerae* (izquierda) y extracto reducido de sarcotesta (derecha).

Introducción

El género *Magnolia* forma parte de la familia Magnoliaceae, que incluye árboles y arbustos que se distribuyen en ambientes templados tropicales en altitudes que pueden ir desde los 40m hasta los 3,300 m s.n.m. Cuenta con alrededor de 350 especies distribuidas principalmente en Asia y América, este último continente cuenta con una representación de cerca del 50% de las especies, las cuales se diversifican en Estados Unidos, México, Centroamérica y las Antillas (Sánchez-Velásquez *et al.* 2016). Del neotrópico, el 75% de las especies de magnolias se encuentran en alguna categoría de riesgo de la Lista Roja de la IUCN (Rivers *et al.* 2016). Desde la antigüedad, las magnolias han sido ampliamente utilizadas en la medicina tradicional (principalmente de Japón, China y México) ya que cuenta con diversas propiedades medicinales como por ejemplo: propiedades sedantes, antioxidantes, antiinflamatorias, antibióticas y antiespasmódicas (Lee *et al.* 2011); estas propiedades se han atribuido a los metabolitos secundarios que se encuentran en sus estructuras vegetativas que incluyen principalmente compuestos bioactivos de los grupos químicos de alcaloides, flavonoides, neolignanós y lignanos (Sánchez-Velásquez *et al.* 2016). La mayoría de los estudios reportados se han realizado con la corteza, y/o las hojas de *Magnolia*, a partir de las cuales se han aislado, por ejemplo, los compuestos magnolol y honokiol que son ampliamente investigados por su probable actividad para prevenir la obesidad; como tratamiento para prevenir o inhibir algunos tipos de cáncer, complicaciones gastrointestinales, problemas cardiovasculares, entre otras.

Recientemente se ha documentado que algunas especies de *Magnolia* poseen efectos bioinsecticidas sobre algunos insectos, principalmente dípteros. En el año 2013 se reportó que el extracto de sarcotesta de la especie *Magnolia vovidesii* presentaba un efecto bioinsecticida frente a una plaga de importancia cuarentenaria para México; la mosca de la fruta *Anastrepha ludens* en un ensayo por ingestión (Flores-Estéves *et al.* 2013). Posteriormente en 2015 se reportó que la especie *Magnolia schiedeana* presentaba el mismo efecto tanto en la sarcotesta como en la semilla sobre *A. ludens* (Vásquez-Morales *et al.* 2015). En 2022, Vásquez-Morales *et al.* reportaron que los extractos de sarcotesta de *M. vovidesii*, *M. pugana* y *M. perezfarrerae*, también presentaban un efecto bioinsecticida contra dos especies de moscas de la fruta *A. ludens* y *Anastrepha obliqua*, además en este estudio se realizaron perfiles químicos cualitativos que demostraron la presencia de compuestos de baja y mediana polaridad en el extracto de sarcotesta (Vásquez-Morales *et al.* 2022). Se han registrado en 11 especies de *Magnolia*, 277 productos naturales donde el 68.8% son principalmente terpenos, compuestos fenólicos y alcaloides, y que la sarcotesta es la parte de la planta de magnolia que ha sido menos estudiada químicamente (Hernández-Rocha y Vásquez-Morales 2023). Algunos compuestos como el honokiol y el magnolol parecen actuar como venenos estomacales rompiendo las paredes del intestino medio causando la muerte de las larvas del mosquito *Aedes aegypti* (Wang *et al.* 2017).

Estas propiedades insecticidas que presentan algunos extractos de *Magnolia* pueden ser aprovechadas como una alternativa a los insecticidas químicos (Sánchez-Velásquez *et al.* 2016). El uso de los insecticidas químicos comerciales para el control de plagas en la agricultura representa un grave problema en diversos ámbitos, pueden llegar a ser tóxicos para la salud, se les ha asociado con un aumento en la incidencia de enfermedades crónicas e incluso daños genéticos; son nocivos no solo para los insectos que son plaga, sino también para aquellos que son benéficos; contaminan gravemente el ambiente y generan resistencia de las plagas (Zehnder *et al.* 2007). Los extractos vegetales, en cambio, presentan actividad menor y perjudicial para la salud humana, presentan mayor especificidad del insecto objetivo, provocan menor resistencia de las plagas y se degradan a una mayor velocidad representando un menor riesgo para el ambiente (Isman, 2006).

El grillo doméstico *Acheta domesticus* es originario de Asia, fue introducido a Estados Unidos en el siglo XVIII, y actualmente se encuentra distribuido en todo el mundo. Estos insectos suelen ser criados con fines económicos para ser utilizados como alimento debido a su alto valor nutrimental (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015). Sin embargo, pueden convertirse en una plaga y afectar a los cultivos al alimentarse de ellos, e incluso en espacios domésticos convertirse en un problema ya que se alimentan de las plantas de los jardines y de las telas, particularmente ropa o sábanas; por esta razón es importante encontrar un repelente natural que ayude a evitar que se convierta en una plaga (Báez, 2022).

El presente proyecto de verano de investigación tiene como objetivo la evaluación de extractos botánicos etanólicos de sarcotesta de *Magnolia pugana*, *Magnolia perezfarrerae*, y *Magnolia vovidesii* para determinar su potencial insecticida por contacto contra grillos de la especie *Acheta domesticus* bajo condiciones de laboratorio.

Metodología

Recolección e identificación de plantas

Las hojas y los polifolículos utilizados en este estudio se recolectaron de tres sitios diferentes en México durante agosto de 2022, enero y abril de 2023 con base en las etapas fenológicas de cada especie de *Magnolia* para obtener semillas de los polifolículos con su sarcotesta madura (la cubierta roja de la semilla). Primero se recolectó material vegetal de *M. vovidesii* en la comunidad de Coyopolan de Ixhuacán de los Reyes, Veracruz (19°21'59"N, 97°04'05"O), posteriormente, se recolectó material vegetal de *M. perezfarrerae* en la comunidad de Ocuilapa de Juárez, municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas (16°50'57"N, 93°24'35"W), y finalmente *M. pugana* fue colectada en el "Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias" (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, en Zapopan Jalisco (20°44'51"N, 103°30'46"O) (Fig. 1). La determinación taxonómica fue realizada por la Dra. Suria Gisela Vásquez-Morales y corroborada por curadores del Herbario Xal- Instituto de Ecología A.C. y Herbario CH- El Colegio de la Frontera Sur (voucher No. 23948, XAL72936).

Preparación del extracto de sarcotesta

El extracto de sarcotesta se realizó siguiendo el protocolo de Vásquez-Morales et al. (2022) con modificaciones menores. Para ello, se extrajeron todas las semillas a los polifolículos de cada especie de *Magnolia*; posteriormente, se eliminó manualmente su sarcotesta (capa externa roja). La sarcotesta de cada especie se colocó por separado en bolsas de papel y se mantuvo durante 72 h en una estufa de secado (Mermmet Incubator IN30; Alemania) a 40 °C para su deshidratación total. Posteriormente, se molió en un mortero hasta su pulverización. La preparación de cada extracto crudo de *Magnolia* consistió en 50 g de sarcotesta pulverizada y 250 mL de etanol al 96% (1:5 p.v⁻¹). Para cada especie, los extractos de *Magnolia* se almacenaron a 25 ± 2 °C durante 7 d. Posteriormente, se eliminó el solvente de cada extracto y éste se concentró en un evaporador rotatorio (Buchi, Modelo R-300; Suiza), ajustado a 60 °C. Se obtuvo un volumen final de extracto de 10 mL a 20 mL, con un intervalo de rendimiento de 2 mg/mL de *M. pugana* y *M. perezfarrerae* y 4 mg/mL de *M. vovidesii*.

Ensayos de actividad insecticida

El método de bioensayo empleado siguió el procedimiento operativo estándar para la impregnación de papeles de filtro para probar la sensibilidad a los insecticidas de la OMS (2022) con modificaciones menores. Para ello se cortaron discos circulares de papel filtro (5.5 cm de diámetro) y se colocaron dentro de botes plásticos con tapa de 100ml de capacidad. Cada disco de papel se impregnó con uno de los siguientes ocho tratamientos: 1 ml de agua purificada como control negativo, 1 ml de Spinetoram (Palgus TM, Dow Agrosciences, México) a 0.43 mg/ml (control positivo), y para *M. pugana* y *M. perezfarrerae* se analizaron en las seis concentraciones del extracto de sarcotesta, C1 (2 mg/ml), C2 (0.2 mg/ml), C3 (0.002 mg/ml), C4 (0.0002 mg/ml), C5 (0.00002 mg/ml) y C6 (0.000002 mg/ml). En el caso de *M. vovidesii* se ensayaron las siguientes seis concentraciones: C1 (4 mg/ml), C2 (0.4 mg/ml), C3 (0.004 mg/ml), C4 (0.0004 mg/ml), C5 (0.00004 mg/ml) y C6 (0.000004 mg/ml). Se colocaron 5 grillos de 15 días de edad en cada tratamiento y se registró la mortalidad diaria durante 4 días, todos los experimentos se realizaron con cinco repeticiones por tratamiento en un diseño completamente al azar.

Análisis estadístico

El número de grillos muertos se transformó a porcentaje de mortalidad mediante la fórmula $M (\%) = (\text{número de insectos muertos} / 5) \times 100$, posteriormente, se utilizó la corrección de Abbott para obtener el porcentaje de mortalidad corregido para considerar la mortalidad natural entre los tratamientos y el control mediante la fórmula $CM (\%) = ((M\% \text{ muestra} - M\% \text{ control negativo}) / (100 - M\% \text{ control})) \times 100$. Los datos de mortalidad se recopilaron durante cinco periodos de tiempo (3, 24, 48, 72 y 96 horas). Todos los datos se expresaron como el promedio ($n = 3$) \pm DE y se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis seguida de la prueba post-hoc de Holm para comparaciones de grupos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con la biblioteca Agricolae (De Mendiburu, 2010) en el software R v. 4.1.2 (R Core Team, 2020). El análisis de supervivencia para cada especie de *Magnolia* se realizó con el método de Kaplan-Meier, seguido de una comparación por pares mediante una prueba de rango amplio con la biblioteca Survival (Therneau y Lumley, 2015), y las CL 50 y CL 90% se estimaron mediante el paquete DRC en el software R v. 4.1.2 (R Core Team, 2020).

Resultados

Los extractos botánicos de sarcotesta de las tres especies de *Magnolia* evaluadas en este estudio mostraron un efecto insecticida prometedor contra *Acheta domesticus*. En el caso del extracto de *M. pugana* las diluciones correspondientes a C1 (2 mg/ml) y la C2 (0.2 mg/ml) obtuvieron un $100 \pm 0\%$ de mortalidad corregida (promedio \pm DE) similar al de un insecticida de uso comercial (spinetoram a 0.43 mg/ml) a las 24 horas. Para el caso de C3 (0.02 mg/ml) el promedio de la mortalidad corregida fue $53.33 \pm 41.63\%$. La diferencia entre los tratamientos fue estadísticamente significativa ($H = 35.783$, $gl = 8$, $p < 0.001$). En el control negativo (agua) se observó una mortalidad de $0 \pm 0\%$ (Fig. 2). Los valores para CL_{50} y CL_{90} se estimaron en 0.02 y 0.05 mg/ml de extracto de sarcotesta de *M. pugana*. En la curva de supervivencia Kaplan-Meier se observa que la mortalidad aumenta con respecto al tiempo siendo dependiente de la concentración ($P < 0.001$) (Fig.3). Esto sugiere que los extractos de sarcotesta de *M. pugana* fueron más eficientes que las otras 2 especies evaluadas.

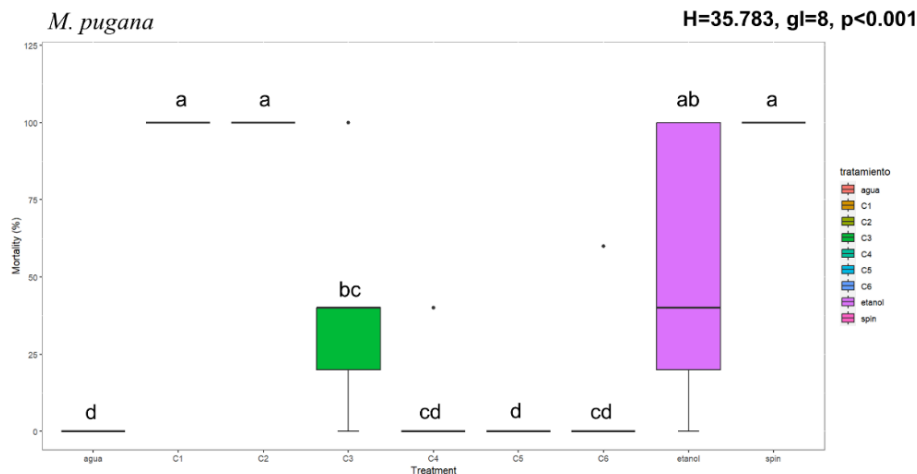


Figura 2. Porcentaje de mortalidad del extracto de sarcotesta de *M. pugana* a 24 horas por contacto contra *A. domesticus* en 6 concentraciones (C1= 2mg/ml, C2 = 0.2 mg/ml, C3 = 0.02 mg/ml, C4 = 0.002 mg/ml, C5 = 0.0002 mg/ml, C6 = 0.00002 mg/ml, CP= Spinetoram 0.43 mg/ml, CN = agua, CS = etanol 96%).

Tabla 1. Concentración letal 50% y 90% del extracto de sarcotesta de *M. pugana* *M. perezfarrerae* y *M. vovidesii* a las 24 horas de exposición contra *Acheta domesticus*. IC=intervalo de confianza, LI=límite inferior, LS=límite superior.

Especie	Pendiente	Error estándar	Dosis efectiva	Concentración estimada (mg/ml)	Error estándar	IC95%	
						LI	LS
<i>M. pugana</i>	-3.399981	16.997425	CL ₅₀	0.02	0.025197	-0.027090	0.076136
			CL ₉₀	0.05	0.199001	-0.360837	0.454433
<i>M. perezfarrerae</i>	-1.978448	0.873476	CL ₅₀	0.04	0.0145338	0.0108066	0.0703489
			CL ₉₀	0.1	0.0978334	-0.0772038	0.3236014
<i>M. vovidesii</i>	-0.70593	0.20325	CL ₅₀	0.2	0.1124047	-0.0549251	0.4055760
			CL ₉₀	4.0	4.3727726	-5.0428743	12.9459586

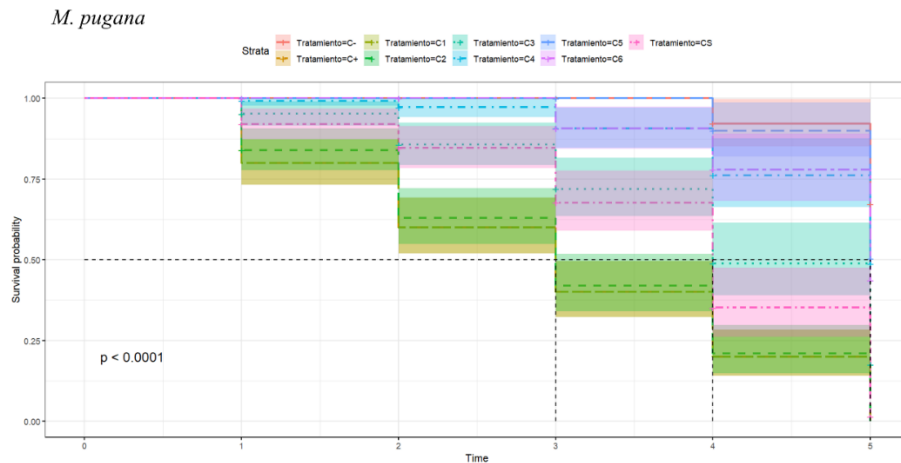


Figura 3. Curva de supervivencia Kaplan-Meier de extracto de sarcotesta de *M. pugana* a 24 horas por contacto contra *A. domesticus* en 6 tratamientos (C1= 2mg/ml, C2 = 0.2 mg/ml, C3 = 0.02 mg/ml, C4 = 0.002 mg/ml, C5 = 0.0002 mg/ml, C6 = 0.00002 mg/ml, C+ = Spinetoram 0.43 mg/ml, C- = agua, C5 = etanol 96%).

En el caso del extracto de *M. perezfarrerae* las diluciones correspondientes a C1 (2 mg/ml) y C2 (0.2 mg/ml) obtuvieron un $96.0 \pm 8.94\%$ de mortalidad corregida (promedio \pm DE) similar al de un insecticida de uso comercial (spinetoram a 0.43 mg/ml) a las 24 horas. Para el caso de C3 (0.02 mg/ml) el promedio de la mortalidad corregida fue $28.0 \pm 33.466\%$. La diferencia entre los tratamientos fue estadísticamente significativa ($H= 34.453$, $gl=8$, $P<0.001$). En el control negativo (agua) se observó una mortalidad de $16.0 \pm 26.07\%$ (Fig. 4). Los valores para CL₅₀ y CL₉₀ se estimaron 0.04 y 0.1 mg/ml de extracto de sarcotesta de *M. perezfarrerae*. En la curva de supervivencia Kaplan-Meier se observa que la mortalidad aumenta con respecto al tiempo siendo dependiente de la concentración ($P<0.001$) (Fig. 5).

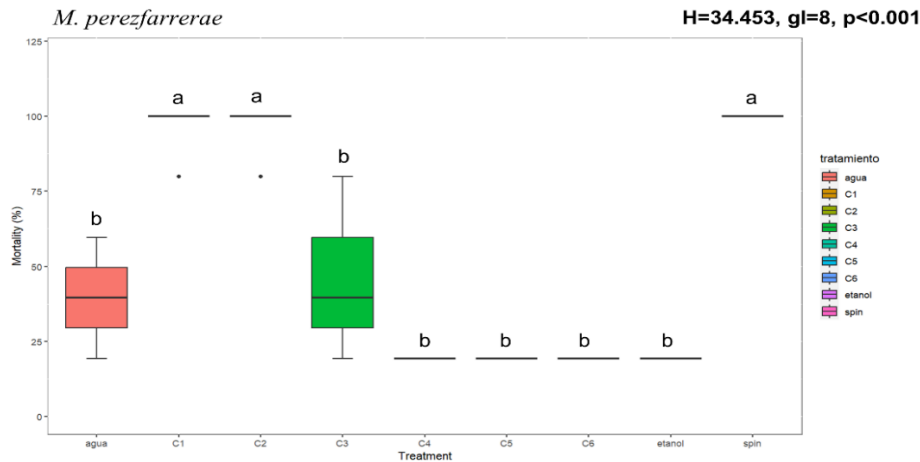


Figura 4. Porcentaje de mortalidad del extracto de sarcotesta de *M. perezfarrerae* a 24 horas por contacto contra *A. domesticus* en 6 concentraciones (C1= 2mg/ml, C2 = 0.2 mg/ml, C3 = 0.02 mg/ml, C4 = 0.002 mg/ml, C5 = 0.0002 mg/ml, C6 = 0.00002 mg/ml, CP= Spinetoram 0.43 mg/ml, CN = agua, CS = etanol 96%).

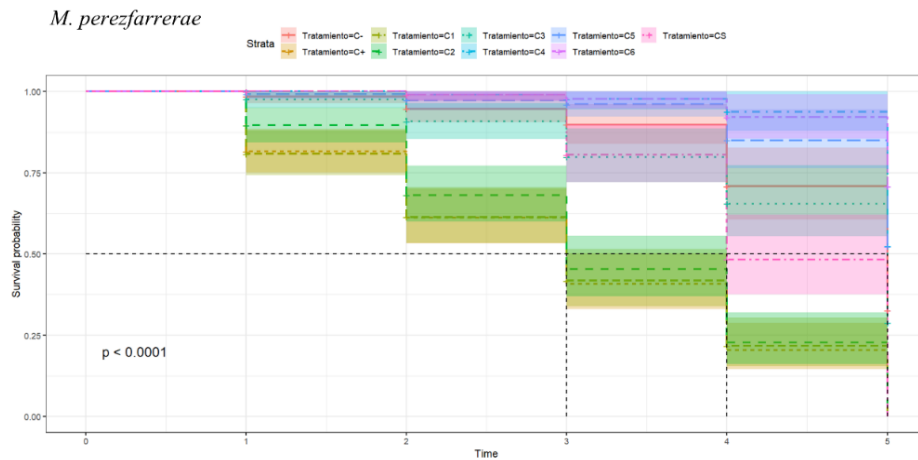


Figura 5. Curva de supervivencia Kaplan-Meier de extracto de sarcotesta de *M. perezfarrerae* a 24 horas por contacto contra *A. domesticus* en 6 tratamientos (C1= 2mg/ml, C2 = 0.2 mg/ml, C3 = 0.02 mg/ml, C4 = 0.002 mg/ml, C5 = 0.0002 mg/ml, C6 = 0.00002 mg/ml, C+= Spinetoram 0.43 mg/ml, C- = agua, CS = etanol 96%).

Los extractos de *M. vovidesii* requirieron el doble de concentración en comparación con las otras 2 especies y la concentración más efectiva fue C1(4 mg/ml) que obtuvo un $95.23 \pm 10.64\%$ de mortalidad corregida la cual fue similar al control positivo. ($H=29.164$, $gl=8$, $P<0.001$) (Fig.6). Los valores estimados de CL_{50} y CL_{90} fueron 0.2 y 4.0 mg/ml de extracto de sarcotesta de *M. vovidesii* respectivamente y similar a las otras 2 curvas Kaplan-Meier observadas, la mortalidad aumenta con el tiempo y la concentración($P<0.001$) (Fig.7).

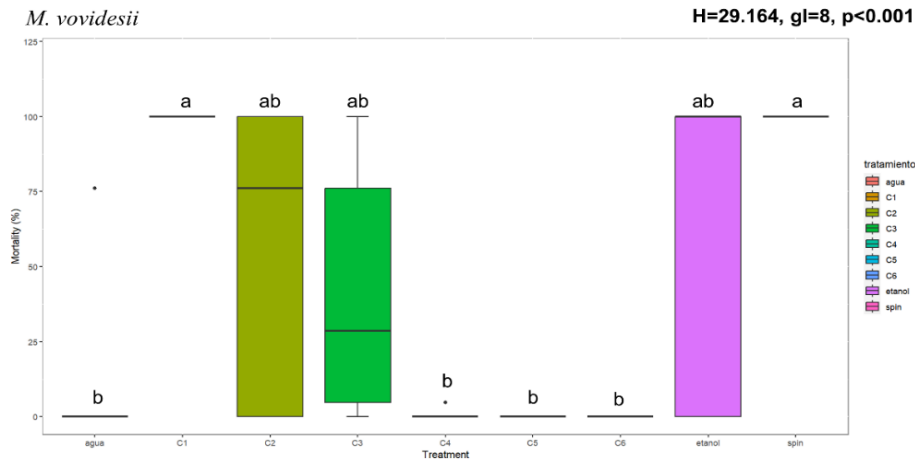


Figura 6. Porcentaje de mortalidad del extracto de sarcotesta de *M. vovidesii* a 24 horas por contacto contra *A. domesticus* en 6 concentraciones (C1=4 mg/ml, C2=0.4 mg/ml, C3=0.04 mg/ml, C4=0.004 mg/ml, C5=0.0004 mg/ml, c6=0.00004 mg/ml, CP=Spinetoram 0.43 mg/ml, CN=agua,CS=etanol 96%).

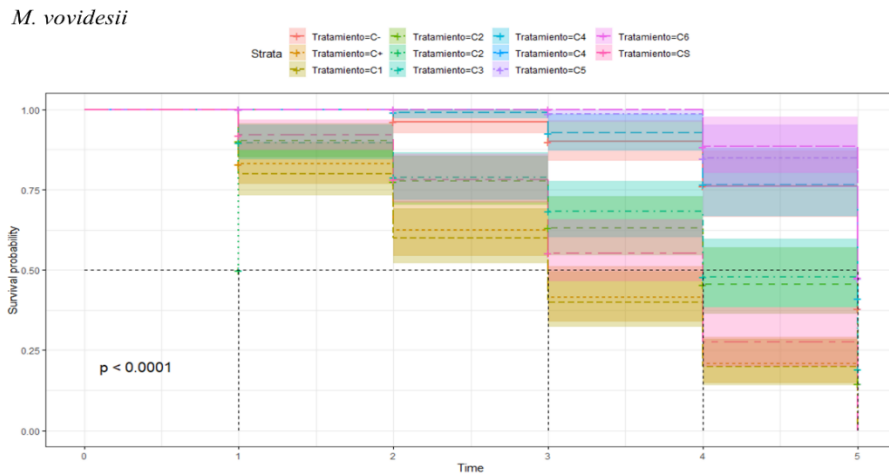


Figura 7. Curva de supervivencia de Kaplan-Meier del extracto de sarcotesta de *M. vovidesii* a 24 horas por contacto contra *A. domesticus* en 6 tratamientos ((C1=4 mg/ml, C2=0.4 mg/ml, C3=0.04 mg/ml, C4=0.004 mg/ml, C5=0.0004 mg/ml, c6=0.00004 mg/ml,CP=Spinetoram 0.43 mg/ml, CN=agua,CS=etanol 96%).

Discusión

Acheta domesticus es un problema para la agricultura y jardines ornamentales debido a que se alimenta de cultivos y tejidos vegetales, para poder prevenir una infestación de esta plaga es necesario encontrar un repelente natural que funcione de manera efectiva en múltiples especies a mayor escala (Báez, 2022). En la presente investigación fueron evaluados extractos botánicos etanólicos de sarcotesta de *Magnolia pugana*, *Magnolia perezfarrerae* y *Magnolia vovidesii* para determinar su potencial insecticida contra grillos de la especie *Acheta domesticus* bajo condiciones de laboratorio.

Uno de los resultados más importantes de este estudio fue que los extractos etanólicos de sarcotesta de las tres *Magnolias* presentaron un alto efecto insecticida en las primeras dos concentraciones por contacto en *Acheta domesticus*. En investigaciones previas, se ha reportado que las *Magnolias* son fuente de metabolitos secundarios dentro de los cuales pueden encontrarse algunos que cuentan con un efecto insecticida. De algunas especies de *Magnolia* se han caracterizado alrededor de 277 compuestos de los cuales un 69% corresponden a terpenos, compuestos fenólicos y alcaloides, esto revela la importancia del estudio del potencial de extractos, aceites esenciales y metabolitos secundarios extraídos del fruto y su cascara, semilla y sarcotesta (Hernández-Rocha & Vásquez-Morales 2023).

El extracto utilizado en los bioensayos de esta investigación corresponde a la sarcotesta (la cubierta roja que protege a la semilla). En general, esta capa protectora de las semillas de *Magnolia*, así como sus extractos y fracciones ha sido poco estudiada. Se ha caracterizado en *Magnolia kwangsiensis* tres grupos importantes que corresponden a terpenos, ácidos grasos y lípidos, donde los compuestos mayoritarios fueron *cis*- β -ocimeno (56.03 %), β -fellandreno (10.96 %) y α -terpineno (6.37 %) (Zheng *et al.* 2019).

Los ensayos de toxicidad por contacto en ninfas de 15 días de edad de *A. domesticus* mostraron que *M. pugana* presenta una mayor toxicidad en comparación con *M. perezferrerae* y *M. vovidesii* con una CL_{50} de 0.02 mg/ml, y una CL_{90} de 0.05 mg/ml de extracto de sarcotesta. Para el caso de *M. pugana* y para *M. perezferrerae* las concentraciones más efectivas fueron C1 (2 mg/ml) y C2 (0.2 mg/ml), en cambio, para *M. vovidesii* su concentración más efectiva fue C1 (4 mg/ml), teniendo un efecto similar al del control positivo (Spinetoram a 0.43 mg/ml). Este resultado sugiere que los extractos etanólicos de sarcotesta de *Magnolia* son prometedores como insecticidas botánicos, con un porcentaje de mortalidad equiparable con un insecticida de uso comercial. El efecto insecticida y repelente de aceites esenciales de *Magnolia citrata* han sido evaluados en el mosquito causante de la malaria *Aedes aegypti* y la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* (Luu-Dam *et al.* 2021); también se han reportado investigaciones en extractos de sarcotesta seca de *M. vovidesii* contra la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* por ingestión con un porcentaje de mortalidad del 96% a una concentración de 0.1mg/ml (Flores-Estéves *et al.* 2013). Asimismo, se ha reportado que los extractos de semilla con sarcotesta de *M. schiedeana* son insecticidas contra *A. ludens* y *A. obliqua* donde la concentración más efectiva fue de 0.1mg/ml, causando el 64% de mortalidad en cinco días (Vásquez-Morales *et al.* 2015). Nuestros resultados sugieren que para obtener mejores efectos insecticidas por contacto se requieren concentraciones más altas comparado con bioensayos de ingestión.

Dentro de los compuestos insecticidas presentes en *Magnolia denudata* se incluyen los lignanos, honokiol y magnolol, los cuales destruyen el intestino medio de larvas del mosquito *A. aegypti* (Wang *et al.* 2017). Vásquez-Morales *et al.* 2022 evaluó el potencial insecticida de *M. perezferrerae*, *M. pugana* y *M. vovidesii* y realizó los perfiles químicos cualitativos para estas especies encontrando que el extracto etanólico de sarcotesta contenía alcaloides, terpenos, flavonoides y fenoles. Los terpenos, alcaloides y compuestos fenólicos son los tres principales grupos químicos citados por su actividad insecticida (Boulogne *et al.* 2012). Nosotros hipotetizamos que estos mismos compuestos pueden estar relacionados con los efectos insecticidas observados en *A. domesticus*.

Cabe destacar que *M. vovidesii*, a pesar de que obtuvo mayores valores de CL_{50} y CL_{90} , presentó un mejor rendimiento en el extracto de sarcotesta (22ml) comparado con *M. pugana* y *M. perezferrerae* (10ml), además, se puede obtener mayor material vegetal de esta especie, es decir, se obtiene un mayor número de semillas por polifolículo y presenta una población natural de 1137 individuos por hectárea (Sánchez-Velásquez y Pineda-López 2006).

La IUCN menciona que un gran número de especies de *Magnolia* están en alguna categoría de riesgo o no se dispone de datos suficientes, resaltando su susceptibilidad que aumenta a medida que las condiciones inadecuadas impiden la dispersión y germinación de sus semillas. En general, los efectos y respuestas a los procesos antrópicos y los mecanismos de conservación resultan un panorama poco alentador para desarrollar estrategias de conservación de estas especies. Estudios como este son de importancia para conocer la diversidad química de especies endémicas de México y esto debe coadyuvar en estrategias de conservación biológica.

Como resultados generales del presente trabajo de investigación, se encontró que los extractos de sarcotesta en *M. pugana* (LC_{50} = 0.02 mg/ml), *M. perezferrerae* (LC_{50} = 0.04 mg/ml), y *M. vovidesii* (LC_{50} = 0.2 mg/ml) tienen un mayor efecto insecticida en *A. domesticus* (grillo común). Estos resultados indican que los extractos de sarcotesta de las tres especies de *Magnolia* de este estudio se pueden considerar como prometedores insecticidas botánicos para el control del grillo común. Esto tomando en cuenta que los ensayos por contacto fueron realizados a partir de extractos crudos etanólicos que contienen mezclas complejas de metabolitos secundarios y otras sustancias propias de la planta por lo que es necesario purificar, aislar y cuantificar los componentes mayoritarios de estos extractos que pueden mejorar la actividad bioinsecticida. Por lo tanto, es necesario caracterizar los extractos etanólicos de sarcotesta de *M. pugana*, *M. perezferrerae* y *M. vovidesii*.

Referencias

- Apolo-Arévalo, L. & Iannacone, J. (2015). Crianza del grillo (*Acheta domestica*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia*, 17(17): 161-173.
- Báez, N., Calderara, G., Salazar, A., Oh, B. & Morton, J. (2022). Comparing Natural Insect Repellents' Effectiveness in Preventing House Cricket, *Acheta domestica* from Consuming Crops from Gardens. *A Journal of Student Research*, 7(1).
- Boulogne, I., Petit, P., Ozier-Lafontaine, H., Desfontaines, L. & Loranger-Merciris, G. (2012). Insecticidal and antifungal chemicals produced by plants: a review. *Environmetanl Chemistry Letters*, 10: 325-347.
- Cicuzza, D., Newton, A. y Oldfield, S. (2007). The Red List of Magnoliaceae. Cambridge, RU: Fauna y Flora International.
- Flores-Estéves, N., Vásquez-Morales, S.G., Cano-Medina, T., Sánchez-Velazquez, L.R. et.al. (2013). Insecticidal activity of raw ethanolic extracts from *Magnolia dealbata* Zucc on a tephritid pest. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 48, 585–589. doi: 0.1080/03601234.2013.774933
- Hernández-Rocha, J.V & Vásquez-Morales, S.G. (2023). The Potential of *Magnolia* spp. in the Production of Alternative Pest Control Substances. *Molecules*, 9;28(12):4681. doi: 10.3390/molecules28124681.
- Isman, M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol*, 51: 45–66.
- Lee, Y.J, Lee, Y.M, Lee, C.K, Jung, J.K, Han, S.B & Hong, J.T. (2011). Therapeutic applications of compounds in the Magnolia family. *Pharmacol Ther*, 130(2):157-76. doi: 10.1016/j.pharmthera.2011.01.010.
- Luu-Dam, N. A., Tabanca, N., Estep, A. S., Nguyen, D. H., & Kendra, P. E. (2021). Insecticidal and attractant activities of *Magnolia citrata* leaf essential oil against two major pests from Diptera: *Aedes aegypti* (Culicidae) and *Ceratitis capitata* (Tephritidae). *Molecules*, 26(8), 2311.
- Rivers, M., Beech, E., Murphy, L., & Oldfield, S. (2016). The red list of Magnoliaceae-revised and extended. Botanic Gardens Conservation International.
- Sánchez-Velásquez, L.R., Pineda-López, M.R. (2006). Species diversity, structure, and dynamics of two populations of an endangered species, *Magnolia dealbata* (Magnoliaceae). *Revista de Biología Tropical*, 54(3): 997-1002.
- Sánchez-Velásquez, L.R., Pineda-López, M.R., Vásquez-Morales, S.G & Avendaño-Yáñez, M.L. (2016). Ecology and conservation of endangered species: the case of Magnolias. En Melinda Quinn (Ed.), *Endangered species: threats, conservation, and future research* (pp.63-84). Nova Science Publishers.
- Vásquez-Morales, S.G., Álvarez-Vega E.A, Infante-Rodríguez D.A, Huchin-Mian J.P & Pedraza-Reyes M. (2022). Evaluación de extractos de árboles endémicos (*Magnolia* spp.) de México contra la plaga mosca de la fruta y estudio fitoquímico preliminar. *Polibotánica*, 53: 167-182.
- Vásquez-Morales, S. G., Flores-Estéves, N., Sanchez-Velazquez, L. R., et.al. (2015). Bioprospecting of botanical insecticides: The case of ethanol extracts of *Magnolia schiedeana* Schl. applied to a Tephritid, fruit fly *Anastrepha ludens*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3 (1): 01-05.
- Wang, Z., Perumalsamy, H., Wang, X. & Ahn, Y. J. (2019). Toxicity and possible mechanisms of action of honokiol from *Magnolia denudata* seeds against four mosquito species. *Scientific Reports*, 9:411 DOI:10.1038/s41598-018-36558-y
- World Health Organization. (2022). Standard operating procedure for testing insecticide susceptibility of adult mosquitoes in WHO bottle bioassays.
- Zehnder, G., Gurr, G.M., Kuhne, S., Wade, M.R., Wratten, S.D. & Wyss, E. (2007). Arthropod Pest Management in Organic Crops. *Annu. Rev. Entomol*, 52: 57–80.
- Zheng, Y. F., Liu, X. M., Zhang, Q., Lai, F. & Ma, L. (2019). Constituents of the Essential Oil and Fatty Acid from Rare and Endangered Plant *Magnolia kwangsiensis* Figlar & Noot. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 22(1): 141-150. doi: 10.1080/0972060X.2019.1604168