

Extractos de hojas de *Dodonaea viscosa* de polaridad ascendente sobre estadios de *Spodoptera frugiperda*

Sonia Pérez-Mayorga¹
Lino de la Cruz Larios²
Eduardo Salcedo Pérez¹
Jhony Navat Enríquez Vara³
César Bonifacio Ramírez López^{1§}

¹Departamento de Botánica y Zoología-Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Carretera Guadalajara-Nogales km 15.5, Jalisco, México. Tel. 33 37771150, ext. 32924. (sonpema@yahoo.com.mx; eduardo.salcedo@academicos.udg.mx). ²Departamento de Producción Agrícola-Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Carretera Guadalajara-Nogales km 15.5, Jalisco, México. Tel. 33 37771150. (linocucba@hotmail.com). ³Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco AC. Zapopan, Jalisco, México. (jenriquez@ciatej.mx).

§Autor para correspondencia: cesar.ramirezl@academicos.udg.mx.

Resumen

La búsqueda de alternativas para el control de plagas agrícolas amigables al ambiente, que evite daños a la salud pública y al ecosistema aledaño, es una demanda actual que amerita atención bioética responsable. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la actividad de los extractos de hojas de *Dodonaea viscosa* con polaridad ascendente sobre el desarrollo de *Spodoptera frugiperda*. Se obtuvieron extractos foliares de *D. viscosa*, por maceración en frío, usando disolventes en polaridad ascendente: hexano, diclorometano y metanol, los cuales se emplearon en las pruebas anti-alimentarias para conocer su efecto individual. Se realizó un experimento con dos bioensayos anti-alimentarios, uno con dieta artificial y otro de hojas de maíz; en ambos, se aplicaron los tres extractos obtenidos de *D. viscosa* a una concentración 1% m/v. El experimento se realizó con lavas L3 de la tercera generación *S. frugiperda*, a partir de las cuales se llevaron los bioensayos, durante todos los estadios de desarrollo. Los datos se sometieron a un Anova multifactorial y a la comparación de medias (Tukey $p= 0.05$). Se hizo un análisis de componentes principales (ACP) para identificar las variables influenciadas en cada etapa del insecto. Las variables con diferencias significativas fueron mortalidad de larvas, duración del estadio larvario y pupa; así como, peso de pupa y número de huevos puestos. Los extractos analizados mostraron efectos en la interacción con el tipo de dieta, lo que se vio reflejado en las variables evaluadas durante el desarrollo de *S. frugiperda*.

Palabras clave: *Spodoptera frugiperda*, control alternativo de plagas, Lepidoptera: Noctuidae, productos botánicos.

Recibido: enero de 2022

Aceptado: marzo de 2022

Introducción

El maíz es el cereal agrícola de mayor producción en el mundo después del trigo (Zermeño-González *et al.*, 2015). Sin embargo, es afectado seriamente por varios factores que disminuyen su rendimiento y desarrollo, entre ellos enfermedades o daños por insectos (Ayala *et al.*, 2013; Reséndiz *et al.*, 2016). *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae), es una plaga originaria de América; que ocasiona gran daño a este cultivo Kalleshwaraswamy *et al.* (2018); Salazar-Blanco *et al.* (2020), siendo el estadio larvario más dañino porque se alimenta de los brotes tiernos de la planta, en ocasiones penetrando a los cogollos (Salas-Araiza *et al.*, 2018), generando pérdidas significativas en la producción del grano (Toma *et al.*, 2017; Ramírez *et al.*, 2018).

Este insecto ha generado resistencia a una gran diversidad de sustancias químicas sintéticas utilizadas para el control de plagas. Ante esta problemática, para su combate y control se emplean insecticidas químicos con efecto a corto plazo, resultando altamente dañinos por su alta toxicidad para la salud humana Del Puerto *et al.* (2014), microorganismos, polinizadores, peces, así como a la calidad de agua y del suelo García *et al.* (2012), además, las larvas desarrollan resistencia a estos productos químicos y cada vez es más difícil de controlarlas (Giraud *et al.*, 2015). Para atender esta problemática, se han propuesto alternativas con productos naturales para el control de insectos, mediante extractos vegetales (Tembo *et al.*, 2018) que disminuyen el impacto a la salud pública, a otros insectos benéficos y por ende al ambiente aledaño a los sitios de cultivo (Carvalho, 2017).

Estos extractos frecuentemente ocasionan efectos subletales en insectos; es decir, provocan cambios fisiológicos o de comportamiento que agotan el estado físico del insecto y pueden tener efectos desfavorables en toda la población; algunos daños pueden ser la inhibición del crecimiento y desarrollo de las larvas, así como alteraciones en el comportamiento (anti-alimentario o repelencia) (Rosales-Juárez *et al.*, 2015). Algunos extractos vegetales como: *Melia Azedarach* (L.), *Ricinus communis* (L.) y *Annona muricata* (L.) han sido evaluados para el control de *S. frugiperda* Ángel-Ríos *et al.* (2015), mostrando un efecto letal en larvas de 72% y en pupa de 40-80%.

Dodonaea viscosa (L.) Jacq. (Sapindaceae), es un arbusto resinoso que está distribuido en gran parte del mundo, incluyendo México (Rzedowski, 2006; Díaz *et al.*, 2015). Se desarrolla en diferentes tipos de vegetación, como en bosque tropical caducifolio, perennifolio, bosque de encino, comunidades secundarias y matorrales deteriorados, presenta una gran adaptabilidad a condiciones desfavorables y una alta capacidad de regenerarse después de disturbios antrópicos (González-Elizondo *et al.*, 2012).

Se ha reportado que este arbusto posee un gran potencial fitoquímico, así como diversos usos en la medicina tradicional, como desinflamatoria, cicatrizante, citotóxica, antidiabética, etc. Mora *et al.* (2017), en ese marco, se considera que no sea tóxica para el consumidor y a la vez una alternativa eco-amigable e inocua con insectos benéficos Mesa *et al.* (2019), así como defensa ante ataques y en la implementación sobre el control de plagas (Sotelo-Leyva *et al.*, 2020).

En este sentido, los metabolitos secundarios de *Dodonaea viscosa* se le han atribuido efectos con actividad bioinsecticida Díaz *et al.* (2015); Sotelo-Leyva *et al.* (2020); tales como, los compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides, terpenos, taninos y saponinas Shafek *et al.* (2015); Al-Snafi (2017), que ha demostrado su efecto tóxico y repelente en diversos insectos y ácaros (El-Gengaihi *et al.*, 2011; Sotelo-Leyva *et al.*, 2020). Así como, efectos de la actividad biológica de diferentes

extractos foliares de *D. viscosa* contra varios insectos como *Epilachna paenulata*, *Spodoptera littoralis*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum padi* y *Melanaphis sachar* (Scapinello *et al.*, 2014; Díaz *et al.*, 2015; Sotelo-Leyva *et al.*, 2020).

También se documenta la evaluación de una fracción de un flavonoide rutina extraído de las hojas de *D. viscosa*, evaluada mediante pruebas anti-alimentarias en larvas *S. frugiperda*, los resultados mostraron alteración sobre el tiempo de vida del insecto (Silva *et al.*, 2016), pero se desconocen los efectos mediante extracciones en polaridad ascendente sobre el desarrollo de *S. frugiperda*.

Por lo tanto, se considera que la mayoría de los metabolitos secundarios se almacenan en mayor cantidad en tejidos foliares y que facilita la funcionalidad de estos compuestos presentes mediante una maceración con disolventes de polaridades diferentes, lo cual implica que la composición química de interacción facilite una mejor respuesta, por lo que se propuso como objetivo evaluar la actividad de extractos de hojas de *D. viscosa* en polaridad ascendente sobre el desarrollo de *S. frugiperda* bajo dieta artificial y dieta natural de hoja de maíz.

Materiales y métodos

Colecta de material vegetal de *D. viscosa*

Se colectó 2 kg de muestra foliar de *D. viscosa*, en el mes de agosto de 2017, en la localidad de Las Trojes, Jocotepec, Jalisco, México (-103.32 longitud, 20.33 latitud) (Figura 1).

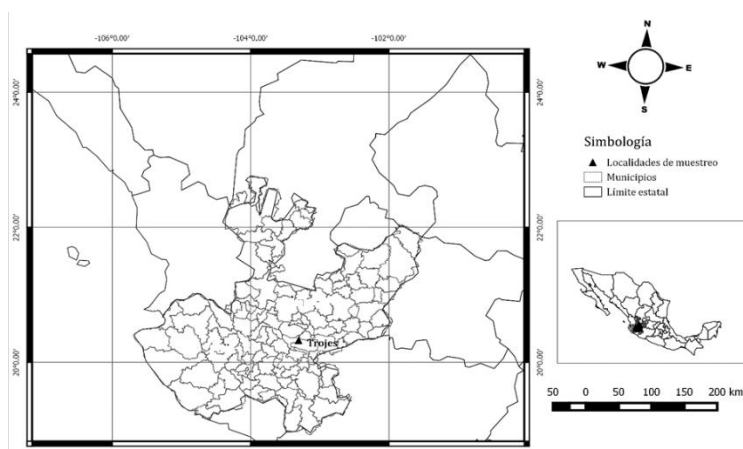


Figura 1. Sitio y colecta de material vegetal de *D. viscosa*. Las Trojes, Jocotepec, Jalisco, México.

Preparación del extracto

Se pesó 500 g de hojas de *D. viscosa*, estas se secaron a temperatura ambiente por 15 días y fueron pulverizadas. Se utilizó la maceración en frío, empleando 500 ml por cada disolvente en polaridad ascendente (hexano, diclorometano y metanol), posteriormente, fueron filtrados con papel Whatman® Núm. 1 y evaporado en rota-vapor (marca R II - SJ24/40, A, 100-120V - BUCHI) hasta obtener un extracto sólido por cada disolvente de acuerdo a Nawaz *et al.* (2020), los cuales se almacenaron en frascos color ámbar y guardaron en refrigeración hasta la evaluación de los bioensayos. Las diluciones se prepararon a la concentración 1% por tratamiento con Tween 80 al 0.1% como surfactante (Rodríguez-Soto *et al.*, 2018) y para el control se usó solo Tween 80.

Colecta en campo de *S. frugiperda*

Durante los meses de julio y agosto del 2018, se realizaron colectas manuales de larvas de *Spodoptera frugiperda* en los cultivos de maíz, en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara, ubicado con las coordenadas (CUCBA) (20° 44' 47" latitud norte 103° 30' 43" longitud oeste).

Cría de gusano cogollero

Las larvas colectadas se transfirieron al laboratorio, donde la cría se mantuvo en incubadora, a una humedad relativa de 60%, 25 °C ±2 °C y un fotoperiodo de 12:12 h de luz, se alimentaron a base de hojas de maíz hasta la formación de la pupa. En la etapa de pupa, fueron sexados de acuerdo con Guzmán (2016) usando un microscopio estereoscópico (Olympus Optical, modelo SZ-40/SZ-ST, 10); posteriormente se pasaron a vasos de 1oz hasta la emergencia de los adultos. Después de la emergencia de las polillas, los adultos se colocaron en bolsas de papel marrón de 50 x 20 cm para la copulación y ovoposición, a los que se les alimentó con una solución de miel al 10%. Se identificaron las posturas de huevos, los cuales se colectaron diariamente durante 10 días seguidos. La cría del insecto se mantuvo hasta obtener larvas neonatas de la tercera generación.

Pruebas anti-alimentarias

En el bioensayo 1, las larvas fueron alimentadas con dieta artificial Poitout y Bues (1974) y en el segundo bioensayo se alimentaron a base de hojas de maíz (cultivar LUG 282), esto con la finalidad de tener una mayor certeza o evidencia, del efecto de los extractos. La dieta artificial se cortó en pedazos de 1 cm³ aproximadamente y las hojas de maíz se cortaron en trozos de 2 cm². Ambas dietas se impregnaron por inmersión con cada uno de los extractos foliares a la concentración 1% disueltos en Tween 80.

Para poder determinar la cantidad de extracto retenida en ambos bioensayos, se pesó antes y después de ser sumergidos en el extracto. Las pruebas anti-alimentarias consistieron en alimentar 100 larvas L3 por tratamiento, individualizadas en vasos de 1 oz, colocándoles un trozo dieta, previamente impregnada por los extractos. La evaluación anti-alimentaría, se realizó 24 h después de haber dejado las larvas en inanición. Los parámetros evaluados fueron mortalidad y peso de larvas cada 24 h por siete días, peso de pupas, duración de los estadíos larvario, pupa y adulto, proporción de sexos, número de huevos puestos (se contaron las capas de huevos más externa se contabilizaron y se multiplicaron por el número de capas) y eclosionados (Callado-Galindo *et al.*, 2013), emergencia de adultos y pupas.

Así como, consumo de alimento (calculada mediante la fórmula peso inicial de la dieta (mg) por dieta consumida entre 100), tasa relativa de TRCr= (PF-PI)/(PG x T), donde PF es el peso final de las larvas (mg), PI el peso inicial de las larvas (mg), PG es el peso promedio de larvas durante el ensayo (mg) y T es la duración del periodo de alimentación (7 días). Este parámetro representa la ganancia (mg) de biomasa por día del insecto en relación con su peso (g) metodología modificada por Scriber y Slansky (1981) citado por Valencia *et al.* (2014).

Determinación del contenido de fenoles totales y flavonoides

Se determinó el contenido de fenoles totales y se cuantificó de acuerdo con el método propuesto por Waterman y Mole (1994) modificado por Bernabé-Antonio *et al.* (2017), la concentración de fenoles totales en extractos fue medida por espectrofotometría, basándose en una reacción colorimétrica de óxido-reducción. La absorbancia fue medida a 760 nm. Los resultados fueron expresados en mg de ácido gálico por gramo de extracto (mg GA g⁻¹ extracto). Cada muestra fue analizada por triplicado. La cuantificación de flavonoides se realizó de acuerdo con Chang *et al.* (2002) modificado por Bernabé-Antonio *et al.* (2017). Se usó el espectrofotómetro UV benchtop para absorción 7 300 nm. Los resultados se expresaron como miligramos de equivalentes de quercetina por gramo de peso seco (mg cat g⁻¹ extracto).

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar. Todos los resultados de las variables medidas fueron evaluados mediante un análisis de varianza multifactorial y se sometieron a la prueba Tukey $p= 0.05$ para la homogeneidad de grupos entre los tratamientos. Las variables evaluadas se agruparon por fase del insecto, en etapa larvaria: duración del estadio larvario (días), peso larva (mg) y porcentaje de mortalidad de larvas; en fase pupa: duración del estadio pupa (días), peso pupa (mg), proporción de sexos, individuos deformes y no eclosionados; en la etapa de adulto: duración estadio adulto (días), adultos deformes, número de huevos puestos y porcentaje de huevos eclosionados, agrupados en tratamientos (Cuadro 1). El análisis se realizó con el programa Minitab 16 (Minitab[®] statistical software). Además, se sometieron a un análisis de componentes principales (ACP), para la incidencia de las variables de mayor importancia en ambos bioensayos.

Cuadro 1. Diseño experimental de los tratamientos de hoja de *D. viscosa*.

Disolvente	Tratamientos				
	Hojas	Control	Hexano	Diclorometano	Metanol
Bioensayo 1		T1	T2	T3	T4
Bioensayo 2		T5	T6	T7	T8

Bioensayo 1= alimento de dieta artificial; T1= control; T2= hexano; T3= diclorometano; T4= metanol. Bioensayo 2= alimento dieta natural (hojas de maíz); T5= control; T6= hexano; T7= diclorometano; T8= metanol.

Resultados y discusión

Efecto de los extractos sobre el gusano cogollero *S. frugiperda*

El porcentaje de mortalidad de larvas presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F= 4.52$, $p= 0.05$); registrándose la mayor mortalidad en la dieta natural en T7 y T8 con 36.6 ± 4.08 y $33.3 \pm 4.08\%$ respectivamente (Cuadro 2). Estos valores en mortalidad de larvas son menores a los reportados por Salinas-Sánchez *et al.* (2020) donde evaluaron mediante pruebas anti-alimentarias el efecto de una fracción acuosa de *Serjania schiedeana* (Sapindaceae) a concentraciones 250, 500, 1 000, 1 500 y 2 000 ppm, los resultados reflejaron la más alta mortalidad larval de (72%) a la concentración de 250 ppm. Por su parte, El-Din y El Gengaihi (2000) reportan 90% de mortalidad larvaria, ocasionadas por plantas pertenecientes a la familia Sapindaceae, evaluadas

mediante pruebas anti-alimentarias en larvas *Spodoptera littoralis*; por lo que, la tasa de mortalidad observada por efecto de la aplicación de los extractos pudiera deberse a la presencia de algunos metabolitos secundarios en los extractos, tales como terpenos.

Cuadro 2. Efecto de los extractos foliares de *D. viscosa* sobre las variables evaluadas en las diferentes etapas de desarrollo de *S. frugiperda*.

Tratamientos	Mortalidad larvaria (%)	Duración de los estadios (días)		Peso pupa (mg)	Núm. de huevos puestos
		Larva	Pupa		
Bioensayo 1 dieta artificial					
T1	10 ±4.08a	14.7 ±0.32a	9.8 ±0.2ab	0.211 ±0.006c	345.46 ±26.15b
T2	26.6 ±4.08ab	14.9 ±0.32a	9.3 ±0.2a	0.204 ±0.006bc	203.83 ±26.15c
T3	20 ±4.08ab	15.5 ±0.32ab	9.3 ±0.2a	0.195 ±0.006abc	137.66 ±26.15c
T4	23.3 ±4.08ab	16.1 ±0.32ab	9.9 ±0.2ab	0.211 ±0.006c	120.2 ±26.15c
Bioensayo 2 dieta natural					
T5	16.6 ±4.08ab	17.1 ±0.32b	11 ±0.2b	0.186 ±0.006ab	567 ±26.15a
T6	26.6 ±4.08ab	16.1 ±0.32ab	11 ±0.2b	0.195 ±0.006abc	215.33 ±26.15c
T7	36.6 ±4.08b	16.3 ±0.32ab	10.6 ±0.2b	0.181 ±0.006a	450.3 ±26.15b
T8	33.3 ±4.08b	17.1 ±0.32b	10.9 ±0.2b	0.184 ±0.006a	211.6 ±26.15c

Las medias con diferente letra son estadísticamente significativas (Tukey $\alpha= 0.05$); \pm error estándar.

En el tiempo de desarrollo del estadio larvario, se presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($F=7.22$, $p= 0.0001$), esto de acuerdo con la prueba Tukey, en dieta artificial, el T2 registró el menor tiempo 14.9 ± 0.32 , al igual que T1- 14.7 ± 0.32 y el mayor tiempo se registró en dieta natural en T5 y T8 con promedios de 17.1 ± 0.32 días para ambos tratamientos (Cuadro 2). Con respecto al peso de pupa, se observó una disminución de peso de acuerdo con el análisis estadístico ($F= 8.81$, $p= 0.01$), en la dieta natural en T7 y T8 0.181 ± 0.006 y 0.184 ± 0.006 mg, respectivamente; comparados con dieta artificial, el T1 y T4, quienes mostraron un peso promedio de 0.211 ± 0.006 mg (Cuadro 2). Cabe resaltar, que, para estimar la calidad de las dietas o alimento, el peso de larvas y de pupa, es un dato que hay que tomar en cuenta (Cohen, 2015).

Por tal razón, se considera, que un mayor peso de larvas puede asegurar una supervivencia eficaz. En este sentido, las hojas de maíz están compuestas por células parenquimatosas, lignina, celulosa, etc. y brindan los mismos nutrientes que la dieta artificial, esta es rica en carbohidratos, siendo superior a las hojas de maíz, además, contiene como ingredientes harina de trigo, germen de trigo, agar, levadura, azúcar, ácido ascórbico, vitamina C, este último actúa como estimulante alimenticio y en diferentes reacciones defensivas como la de antioxidante Cohen (2015), es por esa razón, los pesos más altos se presentaron para la dieta artificial.

Los tiempos de duración de la etapa pupa, mostraron diferencias significativas de acuerdo con el análisis ($F= 8.47$, $p= 0.002$). En la dieta artificial se presentaron los menores tiempos en T2 y T3 con 9.3 ± 0.2 para ambos tratamientos; sin embargo, en la dieta con hojas de maíz, se observó mayor tiempo con medias de 11 ± 0.2 en T5 y T6, (Cuadro 2). En ese sentido, el tiempo de duración o las variaciones en las etapas larva y pupa de *S. frugiperda*, se puede deber a la calidad y al tipo de alimento Flores-Quinches *et al.* (2021). De acuerdo con esto, el ciclo de vida del cogollero está altamente influenciado por condiciones ambientales como la humedad, fotoperiodo y la temperatura, pero en este caso, la dieta es el parámetro que determina la duración de las fases.

Por otro lado, la fertilidad del insecto también mostró diferencias significativas ($F= 22.72$, $p= 0.0001$), reduciendo el número de huevos. Los menores promedios se presentaron en dieta artificial en los tratamientos T2, T3 y T4 con promedios de 137.66 ± 25.15 , 203.83 ± 25.15 y 120.3 ± 25.15 respectivamente. Para los tratamientos utilizados con dieta natural T6 y T8 fueron significativos, con promedios 215.33 ± 26.15 y 211.6 ± 26.15 consecutivamente. Mientras el mayor número de huevos en dieta natural fue en el T5 y T7 (Cuadro 2).

Al respecto, Malarvannan *et al.* (2009) reportan el efecto sobre otras especies de la familia Sapindaceae, tal es el caso de *Dodonaea angustifolia*, sus resultados mostraron un efecto ovicida sobre el insecto *Helicoverpa armígera*, a dosis de 0.5 y 1% en extractos de éter de petróleo y acetona. Sin embargo, Castillo *et al.* (2009) evaluaron extractos de diferentes órganos de la planta, como frutos, hojas y ramas de *D. viscosa* de origen uruguayo, ninguno de estos extractos mostró ser activo contra el polífago *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae).

Con relación a esto, una reducción en el número de huevos puestos y eclosionados se debe a la dificultad de asimilar los nutrientes durante el período larvario y se refleja en un número reducido de huevos (Arrese y Soulages, 2010). Por tanto, estos resultados indican la presencia de un efecto subletal de los extractos orgánicos sobre el insecto, manifestándose en estadios posteriores al estadio larvario, con incidencia de una reducción en el número de huevos puestos.

En el Cuadro 3, se presentan los resultados de la cantidad de alimento ingerido o tasa relativa de consumo (TRCo), de acuerdo al análisis se presentaron consumos de dieta similares en ambos bioensayos con promedios de 0.317 ± 0.05 a 0.49 ± 0.15 $\text{mg mg}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de consumo; sin embargo, no significa que ocurra la misma asimilación de los nutrientes, esto lo confirma el índice de crecimiento (TRCr), en ambos bioensayos, presentando diferencias significativas ($F= 20.25$; $p= 0.001$), las larvas de mayor peso fueron en el bioensayo 1 con medias de 0.514 ± 0.02 - 0.609 ± 0.05 $\text{mg mg}^{-1} \text{ día}^{-1}$, mientras que los menores pesos registrados fueron en bioensayo 2, mostrando el efecto inhibitor más bajo con medias de 0.279 ± 0.07 - 0.31 ± 0.03 $\text{mg mg}^{-1} \text{ día}^{-1}$, respectivamente.

Cuadro 3. Efecto de los extractos en el crecimiento y consumo de alimento en larvas *S. frugiperda*.

Tratamientos	Bioensayo 1 dieta artificial		Tratamientos	Bioensayo 2 dieta natural	
	Tasa relativa de consumo (TRCo) ($\text{mg mg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)	Tasa relativa de crecimiento (TRCr) ($\text{mg mg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)*		Tasa relativa de consumo (TRCo) ($\text{mg mg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)	Tasa relativa de crecimiento (TRCr) ($\text{mg mg}^{-1} \text{ día}^{-1}$)*
T1	0.324 ± 0.05	$0.609 \pm 0.05a$	T5	0.49 ± 0.15	$0.279 \pm 0.07b$
T2	0.353 ± 0.03	$0.555 \pm 0.07a$	T6	0.497 ± 0.06	$0.34 \pm 0.04b$
T3	0.317 ± 0.05	$0.514 \pm 0.02a$	T7	0.486 ± 0.02	$0.356 \pm 0.01b$
T4	0.364 ± 0.04	$0.604 \pm 0.07a$	T8	0.322 ± 0.1	$0.31 \pm 0.03b$

TRCo= tasa relativa de consumo; TRCr= tasa relativa de crecimiento. Análisis de varianza, homogeneidad de grupos en el bioensayo 2 (Tukey $\alpha= 0.05$). * = medias con diferente letra son estadísticamente significativas; \pm = desviación estándar.

Efecto de los tratamientos con mayor influencia en las variables evaluadas sobre los estados del gusano cogollero *S. frugiperda*

En esta parte, se realizó únicamente la inserción en las pruebas anti-alimentarias de las variables que tuvieron algún efecto en *S. frugiperda*, de acuerdo con el análisis de componentes principales (Figura 2). En (Figura 2A), se observa que los componentes que presentaron valores propios

mayores a 1, son la duración del estadio larvario con un valor de 1.37 y mortalidad de larvas con un valor de 1, esto de acuerdo con la gráfica de sedimentación, lo que indica que más cercano a 1 es mayor la influencia de la variable sobre el efecto en el insecto, en relación a esto, se ha reportado que la duración la etapa larva en este insecto, puede prolongar o acortar el ciclo dependiendo del alimento que disponga; es decir que el gusano cogollero prolonga su ciclo cuando se alimenta con algodón y lo reduce cuando se alimenta con maíz, bajo las mismas condiciones ambientales.

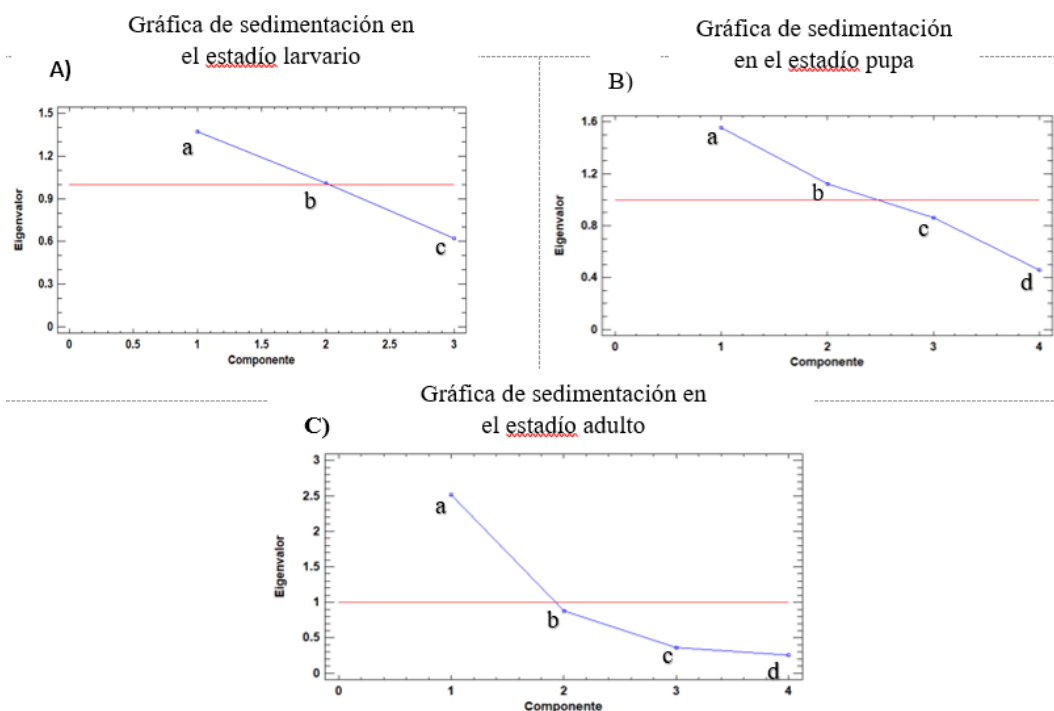


Figura 2. Gráficas de sedimentación del análisis de componentes principales, en los estadios de *S. frugiperda*. A) larva: a) duración estadio larvario; b) peso de larvas; y c) mortalidad de larvas. B) pupa a) duración de la fase pupa (días); b) peso pupa (mg); c) proporción de sexos; y d) deformes; C) estadio adulto a) duración estadio adulto (días); b) adultos deformes; c) número de huevos puestos; y d) porcentaje de huevos eclosionados.

Por otro lado, las hojas como fuente de alimento favorecieron el mayor porcentaje de mortalidad de larvas, debido a que las hojas se deshidrataron al poco tiempo de ser cortadas, de esta manera dificultando la ingestión por parte de las larvas. En cambio, la dieta artificial rica en harinas, permitieron la absorción de los compuestos aislados, sobre el alimento, además permitieron mantener constante la mayoría de las variables, tales como temperatura, cantidad de alimento, humedad relativa, entre otras, lo cual, es ventajoso para el desarrollo de los respectivos bioensayos.

En la etapa de pupa, en la Figura 2B, muestra dos de los componentes extraídos, presentaron valores superiores a 1, con un valor de 1.55 el peso de pupa y duración etapa pupa con un valor de 1.12. Lo que indica que el insecto es afectado en su peso y su duración, y puede generar adultos deformes. Los resultados del análisis de componentes principales para la etapa adulto de *S. frugiperda*, se observan en la (Figura 2C) de sedimentación. Para este caso, solo un componente extraído obtuvo valores superiores a 1 (número de huevos puestos) presentando valores propios de 2.51.

Lo que indica que los adultos son afectados en su reproducción; es decir, los extractos causaron un efecto subletal sobre el desarrollo del insecto, ocasionado por la ingesta de los metabolitos impregnados en la dieta, afectando la fertilidad, con la presencia de una reducción significativa en el número de huevos en ambos experimentos. De tal manera, que los resultados coinciden con los reportados por Salama *et al.* (1988) quienes demostraron que los extractos de hexano y cloroformo al 5% de hojas de *D. viscosa* causaron educción de huevos puestos hasta 50% en *S. litoralis*. Este efecto se debe a la presencia de compuestos de fenol, como flavonoides presentes en el tejido foliar.

Análisis de relación de los bioensayos 1 y 2 en *S. frugiperda*.

Las pruebas para la evaluación de los extractos en ambos bioensayos fueron sometidos al análisis con 12 variables. En la Figura 3, se muestran aquellas variables que no presentaron correlación para ambos experimentos. El efecto en la mortalidad de larvas fue diferente en ambos bioensayos; mostrando mayor afectación en los insectos alimentados a base de hojas (bioensayo 2), como se muestra en la Figura 3A. Este efecto se mostró similar para la duración de la etapa larvaria (Figura 3B), la duración etapa pupa (Figura 3C) y el número de huevos puestos (Figura 3E). Sin embargo, para el peso de pupa (Figura 3D), se observa mayor afectación en los individuos alimentados con dieta artificial (bioensayo 1), los menores pesos se registraron en la dieta de hojas (bioensayo 2).

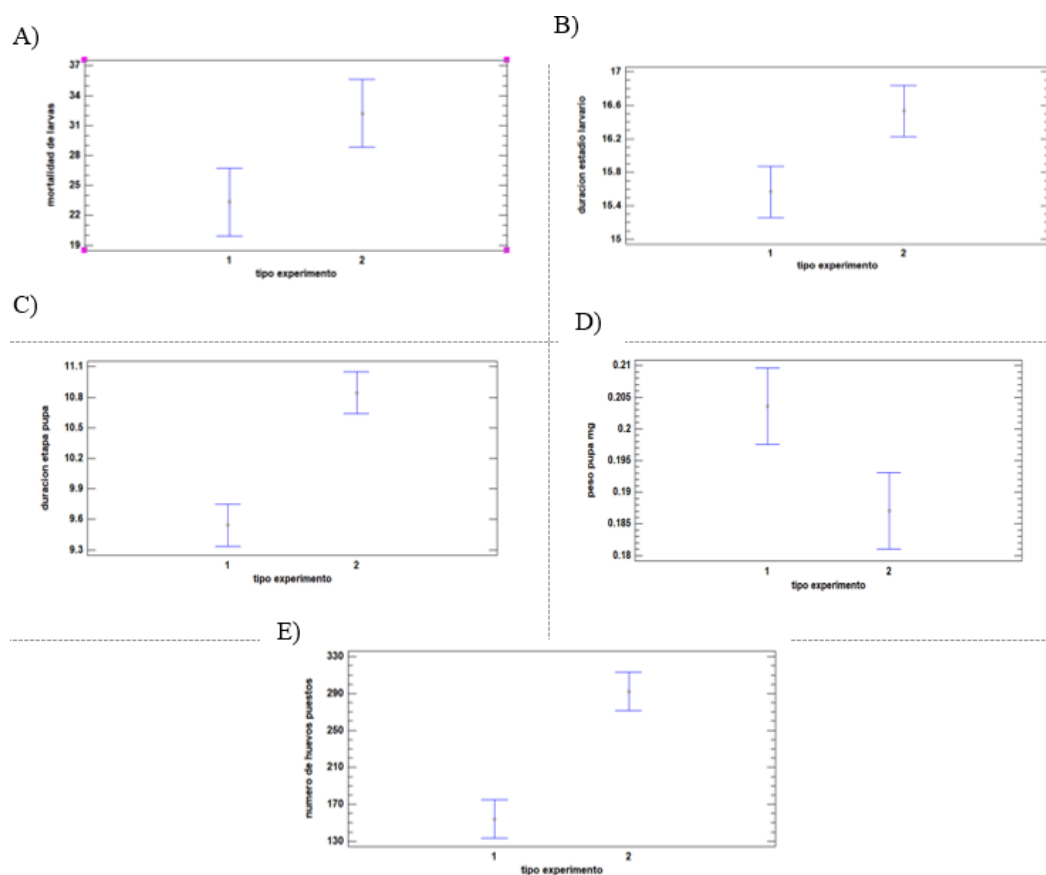


Figura 3. Análisis multivariado, medias de los variables evaluadas de los dos experimentos anti-alimentarios. 1= bioensayo dieta artificial; 2= bioensayo dieta hojas de maíz. A) mortalidad de larvas; B) duración de la etapa larva; C) duración etapa pupa; D) peso de pupa; y E) número de huevos puestos.

Además, se determinó la presencia de fenoles (15.58% 100 mg GA g⁻¹ extracto) y flavonoides totales con (1.33% 100 mg cat g⁻¹ extracto). De tal manera, que la presencia de estos compuestos indica, que esta especie es fuente importante con actividad biológica relevante.

Existen reportes sobre los diversos metabolitos secundarios presentes en *D. viscosa*, entre ellos alcaloides, saponinas, flavonoides, terpenos, fenoles, de acuerdo con Mostafa *et al.* (2014) considerados como posibles responsables del efecto sobre el desarrollo del insecto. Por su parte Schneider *et al.* (2017) evaluaron efecto del neem (*Azadirachta indica*) mediante pruebas anti-alimentarias *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). Por su parte, Niu *et al.* (2010) mencionan que se han aislado de las partes aéreas de *D. viscosa* una serie de compuestos de tipo diterpenos clerodano con actividad biológica insecticida contra *Spodoptera exempli* y *S. littoralis* y flavonoides prenilados, que han mostrado actividad contra los lepidópteros (*Plutella xylostella* y *Pieris rapae*) y el coleóptero *Sitophilus oryzae*.

Conclusiones

Los extractos de las hojas de *Dodonaea viscosa* presentaron eficacia sobre *Spodoptera frugiperda*, al modificar su desarrollo y reproducción. Por lo tanto, el uso y aplicación de productos a base de extractos botánicos de *D. viscosa* resultan ser una interesante alternativa para el control de plagas agrícolas de una manera eco-amigable.

Literatura citada

- Al-Snafi, A. E. 2017. A review on *Dodonaea viscosa*: a potential medicinal plant. IOSR. J. Pharm. 7(2):10-21. Doi:10.9790/3013-0702011021.
- Ángel-Ríos, M. D.; Pérez-Salgado, J. y Morales, J. F. 2015. Toxicidad de extractos vegetales y hongos entomopatógenos en el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae), del maíz en el Estado de Guerrero. Entomología Mexicana. 2:260-265.
- Arrese, E. L. and Soulages, J. L. 2010. Insect fat body: energy, metabolism, and regulation. Annu. Rev. Entomol. 55:207-225. Doi:10.1146/annurev-ento-112408-085356.
- Ayala, R. O.; Navarro, F. and Virla, E. G. 2013. Evaluation of the attack rates and level of damages by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), affecting corn-crops in the northeast of Argentina. Rev. de la Facultad de Ciencias Agrarias. 45(2):1-12.
- Bernabé-Antonio, A.; Maldonado-Magaña, A.; Ramírez-López, C. B.; Salcedo-Pérez, E.; Meza-Contreras, J. C.; González-García, Y. and Cruz-Sosa, F. 2017. Establishment of callus and cell suspension cultures of *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) and fungistatic activity of their extracts. South Afr. J. Bot. 112: 40-47.
- Callado-Galindo, M. M.; Villa-Ayala, P.; Castrejón-Ayala, F. and Jiménez-Pérez, A. 2013. Effect of age, body weight and multiple mating on *Copitarsia decolora* (Lepidoptera: Noctuidae) reproductive potential and longevity. J. Insect Behavior. 26(6):860-872.
- Carvalho, F. P. 2017. Pesticides, environment, and food safety. Food Energy Security. 6(2):48-60. Doi:10.1002/fes3.108.
- Castillo, L.; González-Coloma, A.; González, A.; Díaz, M.; Alonso-Paz, E.; Bassagoda, M. J. and Rossini, C. 2009. Screening of Uruguayan plants for deterrent activity against insects. Industrial Crops and Products. 29(1):235-240. Doi:10.1016/j.indcrop.2008.05.004.

- Cohen, A. C. 2015. Insect diets: science and technology. 2^a Ed. Prensa CRC press, Taylor y Francis Group. Nueva York. 49-53 pp. <https://doi.org/10.1201/b18562>.
- Del Puerto, A. M.; Suárez, S. y Palacio, D. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Rev. Cubana de Higiene y Epidemiología*. 52(3):372-387.
- Díaz, M.; Díaz, C. E.; Guillermo, R.; González, A.; Castillo, L.; González-Coloma, A. and Rossini, C. 2015. Differential anti-insect activity of natural products isolated from *D. viscosa* Jacq. (Sapindaceae). *J. Plant Protec. Res.* 55(2):172-178. Doi: 10.1515/jppr-2015-0023.
- Díaz, M. and Rossini, C. 2015. Bioactive natural products from Sapindaceae deterrent and toxic metabolites against insects. *Insecticides Pest Engineering*. Perveen, F. (Ed.). *In: Tech, Rijeka, Croatia*. 287-308.
- El-Din, M. M. and El-Gengaihi, S. E. 2000. Joint action of some botanical extracts against the Egyptian cotton leaf worm *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Academic J. Biol. Sci.* 10(1-2):51-56. Doi: 20043161521.
- El-Gengaihi, S.; Dimetry, N. Z. and Amer, S. A. 2011. Phytochemical, acaricidal and biological activity of *Dodonaea viscosa* L. against the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch. *Arch. Phytopathol. Plant Protec.* 44(5):419-425.
- Flores-Quinches, R. L.; Castillo-Carrillo, P. S. y Silva-Álvarez, J. C. 2021. Influencia de la alimentación con hoja de arroz (*Oryza sativa* L.) en la biología de *Spodoptera frugiperda*. *Manglar*. 18(2):103-109.
- García, G. C.; Nava, P. E.; Camacho, B. J. R. y Vázquez, M. E. L. 2012. Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*. 8(3):17-29.
- Giraud, M.; Hilliou, F.; Fricaux, T.; Audant, P.; Feyereisen, R. and Le Goff, G. 2015. Cytochrome P450s from the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): responses to plant allelochemicals and pesticides. *Insect Molecular Biology*. 24(1):115-128.
- González-Elizondo, M. S.; González-Elizondo, M.; Tena-Flores, J. A.; Ruacho-González, L. y López-Enríquez, I. L. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Acta Botánica Mexicana*. 100:351-403. Doi.org/10.21829/abm100.2012.40.
- Guzmán, P. D. A.; Rodríguez, C. J. y Valencia C. S. J. 2016. Identificación de estadios larvales de lepidópteros: plaga de maíz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 2-16 pp.
- Kalleshwaraswamy, C. M.; Maruthi, M. S. and Pavithra, H. B. 2018. Biology of invasive fall army worm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize. *Indian J. Entomol.* 80(3):540-543. Doi:10.5958/0974-8172.2018.00238.9.
- Malarvannan, S.; Giridharan, R.; Sekar, S.; Prabavathy, V. R. and Nair, S. 2009. Ovicidal activity of crude extracts of few traditional plants against *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Noctuidae: Lepidoptera). *J. Biopesticides*. 2(1):64-71. Doi: 20093224797.
- Mesa, V. A. M.; Marín, P.; Ocampo, O.; Calle, J. y Monsalve, Z. 2019. Fungicidas a partir de extractos vegetales: una alternativa en el manejo integrado de hongos fitopatógenos. *RIA. Rev. de Investigaciones Agropecuarias*. 45(1):23-30.
- Mora, C. A.; Chamorro, K. L.; Yupanqui, D. M. L.; Unzueta, R. J. S.; Mestanza, R. C. y Pérez, P. R. 2017. Efecto cicatrizante del ungüento de *Dodonaea viscosa* Jacq “Chamisa” en ratones Balb/C 53. *Ágora Rev. Científica*. 4(02):1-5. Doi: <http://dx.doi.org/10.21679/arc.v4i2.84>.
- Mostafa, A. E.; Atef, A.; Mohammad, A. E. I.; Jacob, M.; Cutler, S. J.; and Ross, S. A. 2014. New secondary metabolites from *Dodonaea viscosa*. *Phytochemistry Letters*. 8(1):10-15.
- Nawaz, H.; Shad, M. A.; Rehman, N.; Andaleeb, H. and Ullah, N. 2020. Effect of solvent polarity on extraction yield and antioxidant properties of phytochemicals from bean (*P. vulgaris*) seeds. *Brazilian J. Pharm. Sci.* 56:1-5. Doi.org/10.1590/s2175-97902019000417129.

- Niu, H. M.; Zeng, D. Q.; Long, C. L.; Peng, Y. H.; Wang, Y. H.; Luo, J. F.; Wang, H. S.; Shi, Y. N.; Tang, G. H. and Zhao, F. W. 2010. Clerodano diterpenoides y flavonoides prenilados de *Dodonaea viscosa*. J. Asian Natural Products Res. 12(1):7-14. Doi: 10.1080/10286020903407379.
- Poitout, B. R. 1974. Elevage de chenilles de vingt-huit espèces de Lépidoptères Noctuidae et de deux espèces d'Arctiidae sur milieu artificiel simple. Particularités de l'élevage selon les espèces. Annales de Zoologie Ecologie Animale. 6(3):341-411. Doi:hal.inrae.fr/hal-02732646.
- Ramírez, Z.; Santillán, J.; Drouaillet, B.; Hernández, E.; Pecina, J.; Mendoza, M. and Reyes, C. 2018. Combinatorial aptitude and resistance to leaf damage of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in maize germplasm native to Tamaulipas. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 9(1):81-93.
- Reséndiz, R. Z.; López, S. J. A.; Osorio, H. E.; Estrada, D. B.; Pecina, M. J. A.; Mendoza, C. M. C. y Reyes, M. C. A. 2016. Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. Temas de Ciencia y Tecnología. 20(59):3-14.
- Rodríguez-Soto, J. C.; Salazar, C. M. L. y Contreras, Q. M. 2018. Efecto de diferentes surfactantes sobre larvas III de *Spodoptera frugiperda* Smith bajo condiciones de laboratorio y de campo. Arnaldoa. 25(3):1041-1052. Doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25315.
- Rosales-Juárez, A.; Aguilar-Medel, S.; Martínez-Carrillo, J. L.; Mejía-Carranza, J.; Mora-Herrera, M. E. y García-Velasco, R. 2015. Efecto letal y subletal de la proteína Cry2Ab de *Bacillus thuringiensis berliner* en gusano elotero *Helicoverpa Zea boddie* (Lepidoptera: Noctuidae). Entomología Mexicana. 2:733-738.
- Rzedowski, J. 2006. La vegetación de México. 1^{ra}. (Ed.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, DF. 504 p.
- Salama, H. S. and Sharaby, A. 1988. Feeding deterrence induced by some plants in *Spodoptera littoralis* and their potentiating effect on *Bacillus thuringiensis*. Berliner. Inter. J. Tropical Insect Sci. 9(5):573-577.
- Salas-Araiza, M. D.; Martínez-Jaime, O. A.; Guzmán-Mendoza, R.; González-Márquez, M. A. y Ávila-López, Á. 2018. Fluctuación poblacional de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) y *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) mediante el uso de feromonas en Irapuato. Gto. Entomología Mexicana. 5:368-374.
- Salazar-Blanco, J. D.; Cadet-Piedra, E. and González-Fuentes, F. 2020. Monitoreo de *Spodoptera* spp. en caña de azúcar: uso de trampas con feromonas sexuales. Agron. Mesoam. 31(2):445-459.
- Salinas-Sánchez, D. O.; Avilés-Montes, D.; Aldana-Llanos, L.; Gutiérrez-Ochoa, M.; Figueroa-Brito, R. and Sotelo-Leyva, C. 2020. Insecticide effect of *Serjania schiedeana* for the control of *Spodoptera frugiperda* under laboratory and greenhouse conditions. Southwestern entomologist. 45(2):521-529.
- Scapinello, J.; Oliveira, J. V. D.; Chiaradia, L. A.; Tomazelli J. O.; Niero, R. and Dal Magro, J. 2014. Insecticidal and growth inhibiting action of the supercritical extracts of *Melia azedarach* on *Spodoptera frugiperda*. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 18(8):866-872.
- Schneider, L. C. L.; Silva, C. V. and Conte, H. 2017. Toxic effect of commercial formulations of neem oil, *Azadirachta indica* A. Juss., in pupae and adults of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). Arquivos do Instituto Biológico. 84:1-8. Doi.org/10.1590/1808-1657000432014.

- Shafek, R. E.; Shafik, N. H.; Michael, H. N.; El-Hagrassi, A. M. and Osman, A. F. 2015. Phytochemical studies and biological activity of *Dodonaea viscosa* flowers extract. *J. Chem. Pharm. Res.* 7(5):109-116.
- Silva, T. R. F. B.; Almeida, A. C. D. S.; Moura, T. D. L.; Silva, A. R. D.; Freitas, S. D. S. and Jesús, F. G. 2016. Effect of the flavonoid rutin on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Scientiarum. Agronomy.* 38(2):165-170.
- Software Minitab 16. 2012. Minitab® statistical software version 16. Minitab® and all other trademarks and logos for the company's products and services are the exclusive property of Minitab Inc. All other marks referenced remain the property of their respective owners. See minitab.com for more information. 7:280-291.
- Sotelo-Leyva, C.; Salinas-Sánchez, D. O.; Peña-Chora, G.; López-Martínez, V.; González-Cortazar, M. y Zamilpa, A. 2020. Efecto afidicida de una fracción de flavonoides de *Dodonaea viscosa* contra *Melanaphis sacchari*. *Southwestern Entomologist.* 45(1):185-196. Doi.org/10.3958/059.045.0120.
- Tembo, Y.; Mkindi, A. G.; Mkenda, P. A.; Mpumi, N.; Mwanauta, R.; Stevenson, P. C. and Belmain, S. R. 2018. Pesticidal plant extracts improve yield and reduce insect pests on legume crops without harming beneficial arthropods. *Frontiers in Plant Sci.* 28(9):1425. Doi: 10.3389/fpls.2018.01425.
- Toma, R.; Roel, A. and Miranda, R. 2017. First record of *Peckia* (Sarcodexia) *lambens* (Diptera: Sarcophagidae) parasitizing *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Arquivos do Instituto Biológico.* 84:1-4. Doi: 10.1590/1808-1657000302016.
- Valencia, C. S. J.; Rodríguez, C. J. and Mesa, C. N. C. 2014. Effect of varieties of cotton GM on *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Acta Agronómica.* 63(1):63-70.
- Zermeño-González, A.; Cárdenas-Palomo, J. O.; Ramírez-Rodríguez, H.; Benavides-Mendoza, A.; Cadena-Zapata, M. y Campos-Magaña, S. G. 2015. Fertilización biológica del cultivo de maíz. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 12(especial):2399-2408.