

## ALTERNATIVAS BIORRACIONALES PARA EL MANEJO DEL PICUDO DEL MAÍZ *Sitophilus zeamais* Motchulsky, 1855 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Arturo Rafael Armenta-López<sup>1</sup>, Gabriel Antonio Lugo-García<sup>1</sup>, Bardo Heleodoro Sánchez-Soto<sup>1,2</sup>,  
Víctor Gabriel Almada-Ruíz<sup>1</sup>, Eusebio Nava-Pérez<sup>3</sup>✉

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Sinaloa-Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Calle 16 y Av. Japaraqui, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Occidente-Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Blvd. Macario Gaxiola y Carretera Internacional, México 15, Los Mochis, Sinaloa, México.

<sup>3</sup>CIIDIR IPN Unidad Sinaloa, Blvd. Juan de Dios Batiz Paredes # 250, Guasave, Sinaloa, México.

✉ Autor de correspondencia: [enavap@ipn.mx](mailto:enavap@ipn.mx)

**RESUMEN.** Se evaluaron, en laboratorio, productos biorracionales para el manejo del picudo del maíz: *Metarhizium anisopliae* (fórmula comercial) y cuatro extractos etanólicos de semilla de *Ricinus communis*, de hoja (*Eucalyptus globulus* y *Chenopodium ambrosioides*) y de cáscara de *Hintonia latiflora* a una concentración de 20 % P/V. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar, con 4 repeticiones y 6 tratamientos, incluyendo al testigo. Todos los productos resultaron significativamente diferentes ( $P < 0.0001$ ) del control para todas las variables, lo que significa que todos los tratamientos tuvieron un efecto positivo sobre el manejo del insecto, aunque cabe resaltar que *R. communis* fue el mejor al inducir un porcentaje de mortalidad, grano dañado, pérdida de peso del grano y emergencia de 100, 3, 0.75 y 0 %, respectivamente.

**Palabras clave:** *Ricinus communis*, *Metarhizium anisopliae*, *Hintonia latiflora*, *Eucalyptus globulus*, *Chenopodium ambrosioides*

### Biorrational alternatives for the management of maize weevil *Sitophilus zeamais* Motchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae)

**ABSTRACT.** Bio-rational products for the management of maize weevil were evaluated in the laboratory: *Metarhizium anisopliae* (commercial formula) and four ethanolic extracts of *Ricinus communis* seed, of *Eucalyptus globulus* and *Chenopodium ambrosioides* leaf and of *Hintonia latiflora* shell to a small of 20 % w / v. The experiment was established under a completely randomized design, with 4 repetitions and 6 treatments, including the witness. All products were significant differences ( $P < 0.0001$ ) from the control for all variables, which means that all treatments had a positive effect on insect management, although it should be noted that *R. communis* was the best to induce a percentage of mortality, damaged grain, loss of grain weight and emergence of 100, 3, 0.75 and 0 %, respectively.

**Keywords:** *Ricinus communis*, *Metarhizium anisopliae*, *Hintonia latiflora*, *Eucalyptus globulus*, *Chenopodium ambrosioides*

### INTRODUCCIÓN

Los pequeños productores en el medio rural realizan agricultura de subsistencia, esto es, la producción representa el alimento para sus familias y animales, otra mínima parte es comercializada para la adquisición de otros productos de primera necesidad (Arias, 1993). El manejo de postcosecha de los granos consiste en prácticas rudimentarias y poco efectivas para la conservación de semillas, por lo que la presencia de insectos durante el almacenamiento del grano, son los responsables de causar pérdidas que ascienden hasta el 20 % de la producción, entre los que destaca el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*, originario de la India, plaga principal del maíz a nivel mundial; en México se tiene el antecedente de que ocasiona el 80 % de incidencia (García-Lara *et al.*, 2003), mientras que Pérez (1993) sostiene que las pérdidas calculadas por este insecto rebasan el 20 %.

## MATERIALES Y MÉTODO

**Recolección e identificación del material vegetal.** Se colectó el material siguiendo el protocolo para plantas vasculares y se identificó mediante el uso de claves taxonómicas de floras regionales y monografías disponibles. Una vez que se corroboró la identidad específica de las plantas, se realizó el procedimiento final de colecta. El material obtenido se sometió a un proceso de deshidratación durante dos semanas a temperatura ambiente ( $\pm 27$  °C).

**Establecimiento de cría.** Se capturaron adultos del gorgojo del maíz en parcelas experimentales de maíz, sin ningún producto químico, en CIIDIR-IPN. Después, se transfirieron a frascos que se colocaron en una incubadora a temperatura de  $30 \pm 2$  °C y humedad relativa de 70-75 %. Se utilizaron individuos adultos de la tercera generación, aproximadamente siete días de haber emergido.

**Elaboración de extractos.** Se trituró, por separado, el material deshidratado de cada estructura de la planta a utilizar; semilla para el extracto de higuierilla (*R. communis*), hoja para el extracto de eucalipto (*E. globulus*) y epazote (*C. ambrosioides*) y, corteza en copalquin (*H. latiflora*). El polvo obtenido se vertió a un vaso de precipitado de 250 mL y además se le adicionaron 80 mL de alcohol al 70 %, para obtener una solución del extracto al 20 % P/V. El producto obtenido se agitó, se dejó reposar 48 h, se filtró, para separar la fase líquida, la cual se colocó por 24 h en el horno de secado (Marca Biossa, H-41) a 40 °C para evaporar el alcohol presente.

**Preparación del hongo entomopatógeno.** De la fórmula comercial de *Metarhizium anisopliae*, se añadió 0.5 g de polvo del producto a una probeta, se le agregó 100 mL de agua destilada y 2 mL de Tween 80. La solución fue puesta en agitación y quedó lista para ser usada.

**Diseño experimental.** El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cuatro replicas. Los tratamientos se aplicaron a cada unidad experimental mediante la aspersion de 2 mL (cuatro aspersiones) del biorracional, con ayuda de un atomizador, a 100 g de semillas de maíz, previamente esterilizadas, que se mezclaron para homogenizar la aplicación del producto. Los granos tratados de cada repetición se trasladaron a un frasco de plástico, se le agregó 10 parejas de picudos sexadas con anterioridad, luego fue sellado con tapa rosca y perforado 12 veces con una aguja de disección de  $\approx 1$  mm de diámetro. Por último, las unidades experimentales (es decir, cada frasco) se almacenaron en un sitio oscuro a  $27 \pm 2$  °C.

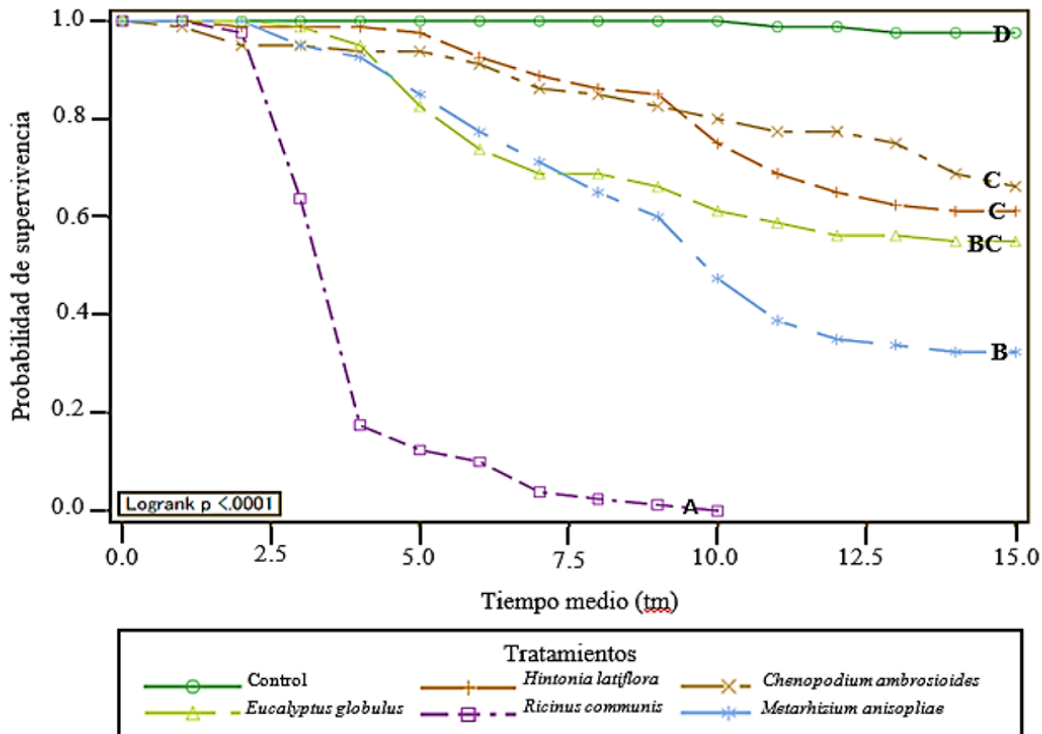
**Variables.** La efectividad de los tratamientos se determinó mediante la evaluación de la mortalidad de insectos en los primeros 15 días (cada 24 h), grano dañado (al día 15) contando el grano picado, la pérdida de peso del grano, y la emergencia, 55 días posteriores al término del bioensayo.

**Análisis estadístico.** El análisis de supervivencia para la variable mortalidad fue mediante el procedimiento LIFETEST del software estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, 2016). Las variables grano dañado y pérdida de peso del grano se sometieron a un análisis de varianza con el procedimiento MIXED, el cual sigue un método de estimación por máxima verosimilitud restringida (REML). La comparación de medias utilizada fue la diferencia de mínimos cuadrados (valores menores a 0.05 son significativos). La variable emergencia se analizó cualitativamente porque las respuestas a los tratamientos fueron valores extremos de 0 y 100 %.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de la mortalidad inducida por los tratamientos al término de los 15 días, siendo, en *R. communis* de 100 %, *M. anisopliae* 67.5 %, *E. globulus* 45 %, *H. latiflora* 38.75 %, *C. ambrosioides* 32.5 %, mientras que en el control fue de 2.5 %. Las curvas de supervivencia de los biorracionales difieren significativamente del control ( $P < 0.0001$ ); el extracto de higuierilla es el más prometedor al culminar con 0 % de supervivencia (Figura 1), le siguen los tratamientos a base

del hongo entomopatógeno y eucalipto, aunque este último, es estadísticamente igual ( $P > 0.05$ ) al efecto que provocó *Hintonia latiflora* y *Chenopodium ambrosioides*, mientras que el control mostró 97.5 % de individuos vivos.



**Figura 1.** Funciones de supervivencia de *Sitophilus zeamais* Motschulsky en respuesta a la aplicación de productos biorracionales.

El porcentaje de grano dañado (PGD) fluctuó entre el 3 y 10 %, siendo el extracto de *Ricinus communis* y *Hintonia latiflora* los que indujeron el menor daño con 3 % y 3.25 %, respectivamente, en contraste con el control que alcanzó el valor mayor (10 %). Los efectos de los tratamientos son altamente significativos ( $P < 0.0001$ ), mientras que la comparación de medias de mínimos cuadrados indica que los biorracionales mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con respecto al control (Cuadro 1). El porcentaje de pérdida de peso del grano (PPG) osciló entre el 0.75 y 5.54 % para los tratamientos, siendo *Ricinus communis* y el control, los tratamientos que indujeron la menor y la mayor pérdida, de manera respectiva.

El porcentaje de emergencia (PE) en los tratamientos fue contrastante, ya que en el control se observó un 100 %, mientras que en los restantes, *Chenopodium ambrosioides*, *Metarhizium anisopliae*, *Eucalyptus globulus*, *Ricinus communis* y *Hintonia latiflora*, se registró el 0 % al término del experimento.

Los resultados establecen que *M. anisopliae* manifestó una mortalidad del 67.5 %, lo que coincide con los estudios realizados por Archuleta *et al.* (2012), en donde dos cepas de este hongo ocasionaron la muerte del picudo del maíz entre un 53-80 %. Aunado a lo anterior el efecto de la aplicación de este producto logró disminuir a la mitad el porcentaje de grano dañado y su pérdida de peso, lo que nos permite inferir que los insectos conforme son infectados comieron menores cantidades

de grano, lo que repercutió de manera positiva en la inhibición total de la emergencia del insecto (100 %). Kassa *et al.* (2002) reportó altos porcentajes de mortalidad inducidos por *M. anisopliae* que fluctúan entre el 92-100 % sobre *S. zeamais*, aunque cabe señalar, que en ellos, el producto se aplicó mediante una técnica distinta: la inmersión, lo que permite un contacto directo del hongo con el insecto y a su vez supone una mayor posibilidad de infección, caso contrario a la metodología seguida en el presente trabajo, en el cual los granos, fueron los que se inocularon y posteriormente se expusieron a los insectos, para reflejar lo que sucede en campo.

**Cuadro 1.** Medias de grano dañado y pérdida de peso del grano (%) inducidas por la acción de *Sitophilus zeamais* Motschulsky sobre granos tratados con productos biorracionales.

Tratamientos	Grano dañado (%)	Pérdida de peso del grano (%)
Control	10.0 C	5.54 E
<i>Metarhizium anisopliae</i>	4.25 AB	2.13 C
<i>Ricinus communis</i>	3.0 A	0.75 A
<i>Eucalyptus globulus</i>	4.75 B	1.31 AB
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	4.75 B	3.66 D
<i>Hintonia latiflora</i>	3.25 A	1.84 BC

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales

La mortalidad inducida por *R. communis* en el experimento coincide con los resultados obtenidos por Mendoza *et al.* (2016) quienes lograron un control del 100 % sobre *S. zeamais* en condiciones de laboratorio con la aplicación de los metabolitos secundarios obtenidos a partir de su semilla, aunque en un periodo menor de tiempo (92 h), posiblemente por el diferente método de obtención del extracto. Sobre esto Wale y Assegie (2015) sostienen que la aplicación de 2 mL de aceite de *R. communis* indujo una mortalidad del 85 %, una hora después de la aplicación. Aunque cabe mencionar que, a pesar del buen resultado, el uso de este producto es más recomendado cuando la finalidad del grano es el consumo humano o animal, debido a que provoca una considerable disminución del porcentaje de germinación que fluctúa entre el 16 y el 49 %, así como también una reducción considerable el vigor según las concentraciones utilizadas en el trabajo citado previamente, por lo tanto no es la mejor opción para la protección de grano almacenado para semilla. Así también, se ha evaluado el efecto insecticida de *R. communis* mediante polvos molidos a base de semillas y hojas de esta planta y se han obtenido resultados favorables. Moo (2011) obtuvo una mortalidad del 90 % con la aplicación del polvo de esta especie a dosis de 1 g por cada 300 g de maíz a los 28 días de la aplicación. Lo anterior, significa que esta opción puede ser más viable para su uso por pequeños productores, ya que su preparación requiere de menos equipo y por lo tanto de menos capital. Mientras que los resultados para *C. ambrosioides* obtenidos son similares a los encontrados por Aros *et al.* (2019) quienes encontraron que los extractos etanólicos a base de esta especie no superaron el 30 % de mortalidad en adultos de picudo del maíz.

En lo que respecta a este mismo trabajo se encontró que la dosis más alta probada de este extracto (4 %) alcanzó un 41.3 % de reducción en la emergencia de la F1, situación que contrasta con los resultados que se reportan en este trabajo, en el cual se obtuvieron resultados del 100 %, aunque cabe aclarar que se utilizó una concentración del extracto al 20 %. Según investigaciones de Chu *et al.* (2011),

la acción insecticida del aceite de *C. ambrosioides* mostrada en el presente estudio y otros, se debe principalmente a la acción de 5 compuestos que esta planta posee, estos son (2- carene, p-cymene, isoascaridole,  $\alpha$ -terpinene y (Z)-ascaridole), siendo este último el más efectivo para el control de *S. zeamais*. En cuanto al extracto de copalquín (*H. latiflora*), según Mata *et al.* (2009), la corteza de este arbusto posee alto valor debido a la presencia de sus principios activos. Esta fracción de la planta contiene aceite fijo, caucho, resinas, materia colorante, taninos, compuestos amargos, alcaloides, cucurbitacinas, flavonoides, fenilcumarinas y glucocurbitacinas (Camacho, 1990; Cristians *et al.*, 2009). Mientras que Harborne (1993) y Gross (2008) mencionan que los metabolitos secundarios de esta planta constituyen la defensa química para *H. latiflora*, reportándose efectos alelopáticos, fungicidas y sabores desagradables para herbívoros. Por tal motivo se probó el extracto de cáscara de esta especie en el presente estudio, obteniéndose la mortalidad del 38.75 % de los individuos de *S. zeamais*, reportándose así por primera vez su actividad insecticida contra plagas agrícolas. Así también se destacó, que aun cuando la mortalidad no fue muy alta, el producto se resaltó en la disminución del porcentaje de grano dañado y pérdida de peso del mismo, de 3.25 % y 1.84 % respectivamente, lo que supone un efecto antialimentario inducido por las sustancias contenidas en el extracto. Además de inhibir en su totalidad la emergencia de *S. zeamais* debido a la acción de las mismas.

Otro aspecto que es importante señalar es el efecto repelente que mostró, que aun cuando no fue evaluado, la gran parte del tiempo, cuando se realizaban las evaluaciones de mortalidad se observaban a los insectos alejados del grano. Debido a las nulas investigaciones que se han realizado para evaluar las propiedades insecticidas de este producto, es importante que en lo sucesivo sea este biorracional evaluado en diferentes dosis, o bien como polvo molido, solo o en mezcla con carbonato de calcio para el control de plagas de almacenamiento, debido a que Silva *et al.* (2003) han determinado que mediante la adición de esa sustancia se potencializa el efecto deseado. El extracto de eucalipto (*E. globulus*) ha sido ampliamente probado, en lo referente a la mortalidad apenas y alcanzó el 32.5 %, aunque cabe destacar que fue el segundo mejor tratamiento en cuanto a la reducción de la pérdida de peso del grano, lo que lo convierte en uno de los más prometedores. Para el extracto de eucalipto también se han realizado pruebas con la finalidad de observar si disminuye el porcentaje de germinación, González *et al.* (2016) evaluaron la aplicación del producto al 4 y 8 % y determinaron que no influye su uso en el deterioro de la semilla dejando intacto su poder germinativo, lo que lo convierte en una mejor opción que *R. communis* para el control de la plaga si el grano será utilizado para semilla. Por su parte Mossi *et al.* (2011) concluyeron que el aceite obtenido a partir de *E. globulus* posee un alto potencial como repelente, lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio, que si bien no evaluó este parámetro, este se manifestó en un menor porcentaje de grano dañado y de pérdida de peso del mismo. Aun cuando este producto no logró una mortalidad sobresaliente en el trabajo citado ni en el presente, puede utilizarse esa propiedad.

## CONCLUSIONES

El tratamiento más efectivo es el extracto de semilla *Ricinus communis*, que indujo el mayor porcentaje de mortalidad (100 %), menor porcentaje de grano dañado (3 %) y pérdida de peso (0.75 %), así como el 0 % de emergencia. Este criterio es válido cuando la finalidad del grano almacenado sea el consumo humano o pecuario. El tratamiento de cáscara de *Hintonia latiflora* no fue el más efectivo de todos, pero si constituye una herramienta novedosa para el manejo de esta plaga.

## AGRADECIMIENTOS

La presente investigación fue realizada por el esfuerzo conjunto de los profesores de posgrado de la Facultad de agricultura del Valle del Fuerte (FAVF). Así como también a la activa participación del Dr. Eusebio Nava del CIIDIR-IPN en la fase experimental. Por último, gracias al técnico Paulino Valdez que nos proporcionó la fórmula comercial del hongo utilizado en el trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Archuleta, T.A., García, G.C., Ruelas, R.D., Gaxiola, C.L.A. y López, M.A. 2012. Aislamiento de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* con medio selectivo y pruebas de toxicidad contra el gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais*. *SME Entomología Mexicana*, Control biológico. 266-269. Recuperado de <http://www.entomologia.socmexent.org>
- Aros, J., Silva-Aguayo, G., Fischer, S., Figueroa, I., Rodríguez-Maciél, J. C., Lagunes-Tejeda, A. y Aguilar-Marcelino, L. 2019. Actividad insecticida del aceite esencial del paico *Chenopodium ambrosioides* L. sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, (ahead), 0-0. Recuperado de <http://agro-ciencia.cl/web>
- Arias, C. 1993. Poscosecha de Granos a Nivel Rural. Manual de Manejo. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para Latinoamérica y el Caribe. En: <http://www.fao.org/3/x5027s/x5027S00.htm>; fecha de consulta: 6-XII-2020.
- Camacho, C.M.R. 1990. Nuevos metabolitos secundarios de *Hintonia latiflora* (Sessé & Moc. ex DC.) Bullock, y aislamiento de compuestos bioactivos del *Teloxys graveolens* (Willd.) W.A. Weber. Tesis de Maestría en Ciencias Químicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 205 pp.
- Chu, S. S., Feng Hu, J., and Liu, Z. L. 2011. Composition of essential oil of Chinese *Chenopodium ambrosioides* and insecticidal activity against maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Pest Management Science*, 67(6), 714-718. <https://doi.org/10.1002/ps.2112>
- Cristians S., Guerrero-Analco J.A., Pérez-Vásquez A., Palacios-Espinosa F., Ciangherotti C., Bye R. and Mata R. 2009. Hypoglycemic activity of extracts and compounds from the leaves of *Hintonia standleyana* and *H. latiflora*: Potential alternatives to the use of the stem bark of these species. *Journal of Natural Products* 72: 408-413.
- García-Lara, S.; Burt, A. J.; Serratos J. A.; Díaz-Pontones, D. M.; Arnason, J. T. y Bergvinson, D. 2003. Defensas naturales en el grano de maíz al ataque de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae): mecanismos y bases de la resistencia. *Rev. Educ. Bioquímica*. 22:138-145.
- González, R., Silva, G., Urbina, A., y Gerding, M. 2016. Aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill Y *Eucalyptus nitens* H. Deane y Maiden (Myrtaceae) para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 32(3), 204-216. Recuperado de <http://agro-ciencia.cl/web>
- Gross, G.G. 2008. From lignin to tannins: Forty years of enzyme studies on the biosynthesis of phenolic compounds. *Phytochemistry* 69:3018-3031. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.04.031>
- Harborne J.B. 1993. *The Flavonoids: Advances in Research Since 1986*. Chapman & Hall, Londres, U.K. 1994. 676 pp. ISBN 0-412-48070-0 DOI: <https://doi.org/10.1002/pca.2800060109>
- Kassa, A., Zimmermann, G., Stephan, D., y Vidal, S. 2002. Susceptibility of *Sitophilus zeamais* (Motsch.)(Coleoptera: Curculionidae) and *Prostephanus truncatus* (Horn)(Coleoptera: Bostrichidae) to entomopathogenic fungi from Ethiopia. *Biocontrol Science and Technology*, 12(6), 727-736. <https://doi.org/10.1080/0958315021000039905>

- Mata R., Navarrete A., Cristians S., Hersch P. y Bye R. 2009. *Plantas Medicinales de México. Monografía Científica. Pruebas de Control de Calidad (Identificación y Composición), Eficacia y Seguridad. Copalchi-Hintonia latiflora (Sessé et Mociño ex DC.) Bullock (Rubiaceae)*. Sentido Giratorio Ediciones, México, D.F.
- Mendoza, E. M., Rodríguez Perez, G., Guevara Acevedo, L. P., Andrio Enríquez, E., Rangel Lucio, J. A., Rivera Reyes, J. G., y Cervantes Ortiz, F. 2016. Bioinsecticidas para el control de plagas de almacén y su relación con la calidad fisiológica de la semilla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7), 1599-1611. Recuperado de <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/>
- Moo, M. 2011. Evaluación de diferentes polvos vegetales para el control del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 58 p.
- Mossi, A. J., Astolfi, V., Kubiak, G., Lerin, L., Zanella, C., Toniazzo, G. and Restello, R. 2011. Insecticidal and repellency activity of essential oil of *Eucalyptus* sp. against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(2), 273-277. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com>
- Pérez, J. M. 1993. Uso de polvos minerales y vegetales para el control de insectos de almacén. En insectos de granos almacenados, biología, daños, detección y combate. pp: 18-22.
- Silva, G., Lagunes, A., y Rodríguez, J. 2003. Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezcla con carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia e Investigación Agraria*, 30(3), 153-160. Recuperado de <https://rcia.uc.cl/index.php/ijanr>
- Wale, M., y Assegie, H. 2015. Efficacy of castor bean oil (*Ricinus communis* L.) against maize weevils (*Sitophilus zeamais* Mots.) in northwestern Ethiopia. *Journal of Stored Products Research*, 63, 38-41. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.05.006>