

Insecticida biorracional contra el gusano de la raíz del maíz en Durango

Mónica Yazmín Flores-Villegas¹

Luis Alberto Ordaz-Díaz¹

Maribel Madrid-Del Palacio¹

Cipriano García-Gutiérrez²

David Enrique Zazueta-Álvarez¹

Ana María Bailón-Salas^{3§}

¹Universidad Politécnica de Durango. Carretera Durango-México km 9.5 s/n, Dolores Hidalgo, Durango, México. CP. 34300. (monica.flores@unipolidgo.edu.mx; luis.ordaz@unipolidgo.edu.mx; maribel.madrid@unipolidgo.edu.mx; david.zazueta@unipolidgo.edu.mx). ²Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR-Guasave. Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes 250, col. San Joachin, Guasave, Sinaloa, México. CP. 81100. (cgarcia@ipn.mx). ³Universidad Juárez del Estado de Durango-Río Papaloapan. Valle del Sur, Durango, México. CP. 34120.

§Autor para correspondencia: bailon.anna@hotmail.com.

Resumen

La agricultura en México ha sobrepasado el uso racional de insecticidas químicos, impactando con ello la estructura del suelo y el ecosistema agrícola en general. Una alternativa de control de plagas es el uso de plantas tóxicas, las cuales proporcionan sustancias químicas que modifican el comportamiento de los insectos. El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia de un insecticida biorracional generado con *Datura metel* Linneo aplicado sobre poblaciones de adultos del gusano de la raíz del maíz *Diabrotica undecimpunctata* Howardi durante el ciclo primavera-verano 2019, en Durango. Se evaluaron 1 620 individuos a diferentes dosis 10, 20, 50 y 70 mg L⁻¹ cada 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 24 h. Además, se determinaron los valores de DL₅₀ y el intervalo de confianza al 95% para cada tratamiento. Las dosis evaluadas causaron mortalidad del gusano del maíz, la cual varió en función de la dosis y la estructura analizada. La DL₅₀ calculada para la raíz fue de 23.2 mg L⁻¹, para la hoja 34.1 mg L⁻¹ y para el tallo 89.3 mg L⁻¹. Al aumentar la dosis a 70 mg L⁻¹ de raíz fue posible alcanzar una mortalidad de 76%, por lo que se concluye que existe una relación directamente proporcional entre la estructura evaluada y la dosis aplicada a los adultos del gusano del maíz y el tiempo de exposición.

Palabras clave: dosis letal media, extractos vegetales, plaga del maíz, toloache.

Recibido: agosto de 2022

Aceptado: octubre de 2022

Introducción

En México se producen alrededor de 750 cultivos a nivel nacional, donde al maíz se considera básico. Existe una proyección de volumen de producción maíz de 174 millones de toneladas de alimento y en el periodo de 2016 al 2030 aumentará 4.7%, que hace al campo mexicano más susceptible a las plagas (SAGARPA, 2017). La mayoría de los agricultores son considerados dentro de una escala de baja a mediana producción y la mayoría se guían solo por una técnica de control, lo que ha fomentado el uso indiscriminado de plaguicidas, omitiendo las alternativas de control que se ofertan a nivel nacional, como lo es el manejo integrado de plagas (Zepeda-Jazo, 2018).

En el periodo de 2014 al 2017 aumentó el uso de herbicidas de 61.7% a 66.9% y de insecticidas de 45.3% a 54.8% (INEGI, 2017), lo que propicia la pérdida de fertilidad del suelo y la contaminación de ecosistemas agrícolas. Fernández *et al.* (2013), mencionan que la producción del maíz en México se visualiza siempre con una perspectiva política, social y económica entorpeciendo el manejo del cultivo; sin embargo, la producción se ha incrementado conforme avanzan las décadas de 1961 con 1.1 t ha⁻¹ hasta 2012 con 3 t ha⁻¹ (Cadet-Díaz y Gurrero-Escobar, 2018).

El cultivo del maíz es afectado por diversos insectos plaga y enfermedades que perturban directamente al crecimiento (Hernández-Trejo *et al.*, 2018). Las plagas causan daño desde el momento de la siembra ya que existen factores que favorecen la aparición de estas como: condiciones de clima, labores preparatorias del terreno, rotación de cultivos y el control de malas hierbas, entre otros (Fernández *et al.*, 2013).

Según Tinsley *et al.* (2012), por cada nodo de raíces lesionado por las larvas del gusano del maíz, se puede esperar una pérdida de rendimiento de aproximadamente 15%, la cual coincide con Subramanian *et al.* (2016), los cuales aseguran que el gusano de la raíz del maíz tiene un impacto devastador en cultivos. Las plagas del maíz se clasifican según el área afectada como plagas del suelo, del follaje, mazorca, grano y poscosecha, causando cada un daño específico en la planta. En la actualidad se reportan alrededor de 70 especies de insectos plaga para el maíz entre ellas el gusano del maíz (*Diabrotica undecimpunctata*) (Deras, 2020).

Existen diferentes métodos de control de las plagas, prevaleciendo, ante todo los insecticidas químicos de amplio espectro y de acción rápida, los cuales incrementan la contaminación de los ecosistemas agrícolas, la pérdida de enemigos naturales e inclusive el deterioro de la salud humana, además de que el uso irracional ocasiona resistencias en los insectos plaga (Hernández-Trejo *et al.*, 2018). Por lo tanto, el uso de insecticidas biorracionales se considera una alternativa viable para el control de las plagas, debido a que disminuyen la población de insectos sin causar problemas al ambiente. Los extractos vegetales son una nueva tendencia para el manejo y control de insectos plaga de varios cultivos (Landivar-Ortíz *et al.*, 2017).

Una de las plantas silvestres tóxicas de México es *Datura metel* Linneo, la cual tiene actividad insecticida, herbicida, antifúngica, antibacteriana, anticancerígena, antiinflamatoria y anti-reumatoide, además de ser rica en compuestos alcaloides (Monira y Munan, 2012). Esta planta presenta varios componentes bioactivos como saponinas, alcaloides, esteroides, taninos, flavonoides y triterpenoides (Dhawan y Gupta, 2017). Los alcaloides pueden llegar a causar la muerte por inanición o por intoxicación (Flores-Villegas *et al.*, 2019). Por lo que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de *D. metel* para el control de los adultos del gusano del maíz *D. undecimpunctata*, en Durango.

Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad Politécnica de Durango. Se recolectaron 1 620 individuos adultos de *D. undecimpunctata*, los cuales se depositaron en cajas plásticas de 30 cm de largo por 10 cm de alto y 20 cm de ancho. Los insectos fueron recolectados en Vicente Guerrero, Durango, localizado en las coordenadas 23° 44' 03'' latitud norte y 103° 59' 12'' longitud oeste. El material vegetal se recolectó en el municipio de Nombre de Dios, Durango (23° 50' 54'' latitud norte, 104° 14' 38'' longitud oeste), consistiendo en 20 plantas de *D. metel*, las cuales fueron secadas durante una semana a temperatura ambiente (25 °C) y a la sombra.

Posteriormente se realizó una separación de hojas, tallo y raíz, enseguida se homogenizaron a un tamaño de malla de 2-3 mm en un molino tipo Thomas-Wiley Miller. Para obtener el extracto por maceración, se colocaron 250 g de materia seca de cada parte de la planta en 500 ml de metanol (relación 2:1) (Flores-Villegas *et al.*, 2019) y se mantuvo a temperatura ambiente con agitación periódica por 24 h. Posteriormente el extracto metanólico recolectado se concentró en un evaporador rotatorio (D 404-2, Prendo) a 40 °C bajo presión reducida.

Para determinar la actividad insecticida de cada estructura de *D. metel*, se realizaron diluciones aplicando el método de máximas y mínimas (Pulido y Cruz, 2013) lo que permitió identificar las dosis (10, 20, 50 y 70 mg L⁻¹), dichas dosis fueron asperjadas sobre 30 adultos de diabroticas en cada caja plástica, constituyendo cada caja una unidad experimental. La aplicación se hizo de manera uniforme utilizando un frasco de aspersion. Además, se contó con un grupo control al cual se le aplicó agua destilada y alcohol al 70%. Las lecturas de mortalidad se realizaron a las 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 24 h después de la aplicación de los extractos. El insecto que colocado sobre un papel de filtro no tenía actividad locomotora propia se consideró muerto, ya sea de forma espontánea o cuando se estimula con un cepillo o una pinza.

Para asegurar que los valores de mortalidad obtenidos se deben exclusivamente al efecto letal del producto evaluado, se utilizó la siguiente fórmula de Abbott (1925), en la cual: mortalidad corregida (%) = $\frac{\text{mortalidad tratamiento (\%)} - \text{mortalidad del control (\%)} \times 100}{100 - \text{mortalidad del control (\%)}}$ 1) y % mortalidad = $\left(x - \frac{y}{x}\right) \times 100$ 2). Donde: y = dosis y x = tratamiento (1 = hoja, 2 = tallo y 3 = raíz).

El estudio estadístico y el cálculo de la DL₅₀ fue realizado con el programa PCS Farm, al cual se ingresan las diferentes dosis y los niveles de respuesta, en este caso mortalidad, para cada una. El programa realiza una regresión lineal dada por la relación probit-log de la dosis según el método gráfico numérico modificado para computadores de Lichfield y Wilcoxon, que entrega la DL₅₀ y el intervalo de confianza al 95% (Cubillos *et al.*, 1999). La determinación de las diferencias entre las DL₅₀ se realizó mediante X² de tendencia (software Epi Info 5.0).

Resultados y discusión

Se encontró que la DL₅₀ del extracto de *D. metel* para *D. undecimpunctata* en estado adulto depende de la parte vegetal de la que se obtuvo el extracto, requiriéndose menor cantidad cuando este proviene de la raíz, seguido por el extracto de hojas y por último el de tallo para el cual se requiere un volumen considerablemente mayor (Cuadro 1).

Cuadro 1. Dosis letal media causada por extractos de diferentes partes vegetales de *Datura metel* aplicada sobre *Diabrotica undecimpunctata*.

Partes vegetales	DL/CL (mg L ⁻¹)	95% Fiducial CI	
		Inferior	Superior
Hoja	34.1	22.4	51.8
Tallo	89.3	40	199.4
Raíz	23.2	14.6	37

Los resultados de concentración-mortalidad descritos en el modelo probit fueron adecuados e indican que la transformación logarítmica es la mejor para describir los valores de mortalidad de *D. undecimpunctata* por la concentración de *D. metel* a diferentes dosis y tiempos, lo que coincide con lo descrito por Bhusal *et al.* (2020), donde mencionan que el análisis probit es el que mejor representa los porcentajes de mortalidad. La Figura 1 muestra las líneas de regresión ajustadas que muestran la linealidad de los datos con respecto a las concentraciones de cada parte analizada (hoja, tallo y raíz) de *D. metel*.

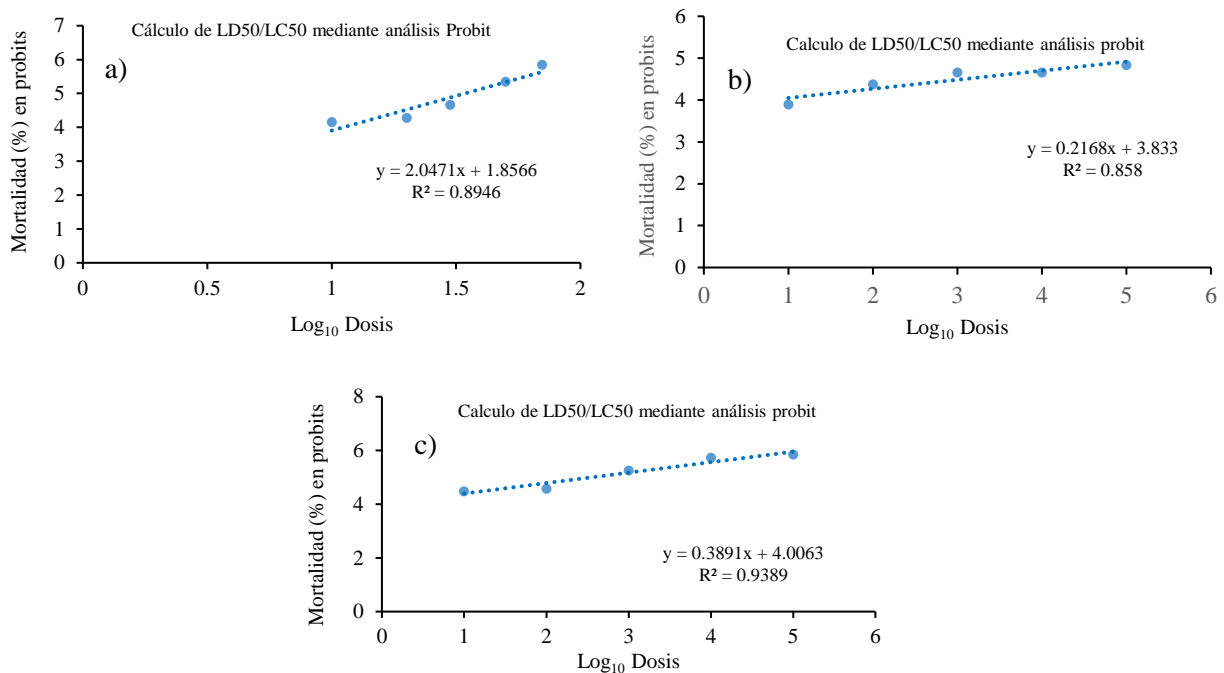


Figura 1. Transformación log-probit prevista de adultos de gusano del maíz muertos (*Diabrotica undecimpunctata*) a diferentes dosis de extracto de *Datura metel* para la hoja (a), el tallo (b) y la raíz.

Los resultados obtenidos de hoja, tallo y raíz a diferentes dosis presentaron diferentes efectos y alta mortalidad en los adultos de las diabroticas, similar a lo reportado por Flores-Villegas *et al.* (2020), donde mencionan que puede ocurrir una mortalidad de 86% al utilizar la raíz de *D. metel*. La toxicidad observada por *D. undecimpunctata* se debe principalmente a que los alcaloides presentes en la planta actúan localmente o a distancia y disuaden principalmente al insecto de volar, posarse en ella, alimentarse u ovipositar (Bustos *et al.*, 2017). Cabe señalar que, en la actualidad los

bioplaguicidas han presentado un incremento en su participación global en el manejo de insectos y ácaros plaga (Del Puerto *et al.*, 2014). Para el control del gusano del maíz *D. undecimpunctata* se han aplicado principalmente bacterias y hongos como *Bacillus thuringiensis* Berliner y *Beauveria bassiana* Bals (Lemus-Soriano, 2017).

En el análisis estadístico se observaron diferencias estadísticas significativas entre los extractos de hoja, tallo y raíz (Cuadro 2). El mayor porcentaje de mortalidad se encontró con extractos obtenidos a partir de la raíz coincidiendo con la DL₅₀ calculada. Los insecticidas orgánicos generados a partir de plantas tóxicas reducen las poblaciones del gusano del maíz *D. undecimpunctata* (Nzinga *et al.*, 2016) a poblaciones por debajo de su umbral económico, lo que permite minimizar el uso de plaguicidas sintéticos, además de que la mayoría de los insecticidas orgánicos que se han aplicado en campo normalmente no son fitotóxicos debido a que en el proceso de aplicación se eliminan las sustancias con esos efectos (Bustillo, 2008).

Cuadro 2. Prueba de diferencia significativa entre tratamientos (extractos de tres estructuras de *Datura metel* sobre *Diabrotica undecimpunctata*).

No.	Tratamiento	(%) mortalidad media	1	2
2	Tallo	35.83	****	
1	Hoja	42.7	****	
3	Raíz	56.6		****

Al aplicarse los extractos crudos sobre los insectos adultos de *D. undecimpunctata* se comenzó a observar los efectos tóxicos en ellos de manera inmediata después de la aplicación, sin embargo, para el extracto de tallo los efectos se presentaron después de las 4 h de su aplicación. Además, se observó un efecto disuasivo en el gusano de la raíz, lo que significa un deterioro en la alimentación primaria del insecto, lo que provoca que aumente la mortalidad (Esparza-Díaz *et al.*, 2010). Por otro lado, en el modelo lineal generalizado se observó un comportamiento de la mortalidad con un coeficiente de ajuste de 0.89 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de suma de cuadrados (% de mortalidad de *Diabrotica undecimpunctata*).

Variable dependiente	Regresión múltiple R	Regresión múltiple R ²	R ² ajustada	SS Modelo	df	P
(%) mortalidad	0.95105	0.90514	0.89219	2163.2	4	0
Variable dependiente	MS modelo	SS modelo	df residual	MS residual	F	P
(%) mortalidad	5409.424	2284.217	31	73.68443	73.41339	0

La prueba univariada (Cuadro 4) con un nivel de significancia $\alpha= 0.05$, muestra que la dosis y el tipo de tratamiento (dosis 10, 20, 50 y 70 mg L⁻¹) presentan diferencias significativas ($p < 0.05$); es decir, son factores importantes para el incremento de la mortalidad de *D. undecimpunctata*.

Cuadro 4. Prueba univariada de importancia para el porcentaje de mortalidad de *Diabrotica undecimpunctata* utilizando diferentes dosificaciones del extracto de *Datura metel*.

Efecto	SS	Grados de libertad	MS	F	P
Intercepción	1114.827	1	1114.827	15.12975	0.000496
Tratamiento	1157.407	2	1157.407	15.070763	0.000405
Tratamiento^2	1543.21	2	1543.21	20.9435	0.000072
Dosis	3876.579	3	3876.579	52.61056	0
Dosis^2	677.765	3	677.765	9.19821	0.004865
Error	2284.217	6	73.684		

En el Cuadro 5, se muestra las diferencias estadísticas entre las diferentes dosis aplicadas 10, 20, 50 y 70 mg L⁻¹ de *D. metel* sobre los adultos de *D. undecimpunctata*. Además, el modelo muestra que al aumentar la dosis a 70 mg L⁻¹ de raíz fue posible alcanzar una mortalidad de 76%. Según Yaranga (2015), el efecto biotóxico de *D. metel* probablemente esté relacionada con la actividad sinérgica de los alcaloides, triterpenos, algunos tipos de fenoles y taninos y a la complejidad de los productos trazas.

Cuadro 5. Prueba de diferencia mínima significativa para las diferentes dosis aplicadas de *Datura metel* sobre adultos de *Diabrotica undecimpunctata*.

Núm.	Dosis (mg L ⁻¹)	(%) mortalidad media	1	2	3	4
1	0	10			****	
2	10	30	****			
3	20	33.88	****			
5	50	69.44				****
6	70	76.66		****		

La ecuación 1, expresa el comportamiento de la mortalidad de *D. undecimpunctata* utilizando diferentes dosis y tratamientos: %mortalidad= 48.5478-51.2582x+1.4055y+13.8889x²+0.0882xy -0.009y² 1). Donde: y= dosis y x= tratamiento (1= hoja, 2= tallo y 3= raíz). En la Figura 2 hay incremento de la mortalidad de *D. undecimpunctata* utilizando diferentes dosis y tratamientos. Se empleó la raíz y dosis superiores a 50 mg L⁻¹ es posible incrementar la mortalidad hasta 76%.

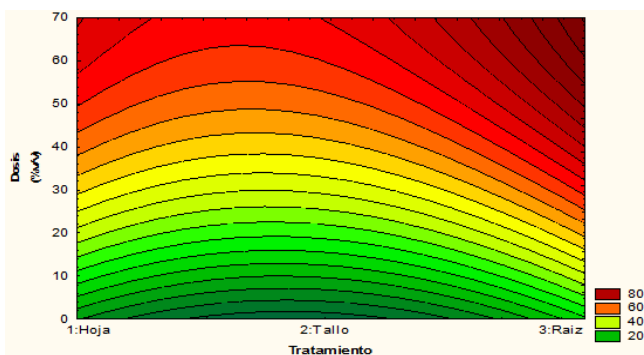


Figura 2. Gráfico de contorno para la mortalidad de *Diabrotica undecimpunctata* utilizando extractos de *Datura metel* en hoja, tallo y raíz con diferentes dosis.

El modelo fue validado, tomando en consideración los supuestos de normalidad de residuales, homogeneidad de varianza y la independencia de los predichos contra residuales. La Figura 2 de residuales vs predichos (Figura 3a) presenta un comportamiento aleatorio. La prueba de homogeneidad de varianza (Figura 3b) muestra que los residuales tienen una distribución normal, prueba de Kolmogorof-Smirnof, Lilliefors y Shapiro-Wilk $p > 0.5$.

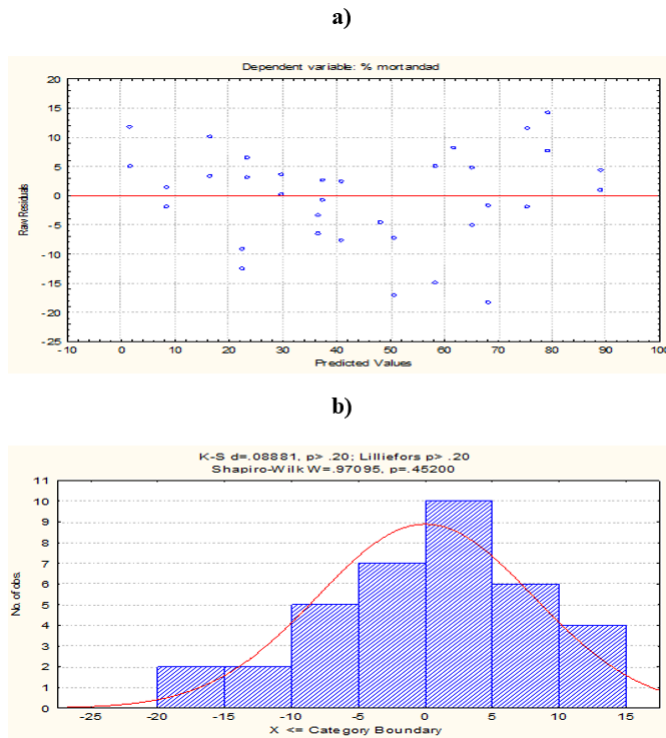


Figura 3. a) prueba de homogeneidad de varianza y gráfico de predichos; y b) prueba de normalidad. La independencia de los valores residuales y los predichos del modelo, fue verificada por medio de la correlación de estos (Cuadro 6), concluyendo que son independientes con $p < 0.05$.

Cuadro 6. Prueba de correlación entre los valores predichos y residuales del modelo.

Variable	Predichos (pH)	Residuales (pH)
Predichos (pH)	1	0
Residuales (pH)	0	1

Conclusiones

Todos los tratamientos redujeron significativamente la población de adultos del gusano del maíz. Los efectos de las estructuras evaluadas mostraron una alta tasa de mortalidad de hasta 76%. Además, que existe una relación directamente proporcional entre la estructura evaluada y la dosis aplicada a los adultos del gusano del maíz *D. undecimpunctata* y el tiempo de exposición. El extracto que requiere mayor dosis de aplicación es el procedente del tallo y el que menos requiere dosificación es el extracto de la raíz. La producción de insecticidas biorracionales ofrece la posibilidad de disminuir el deterioro de los ecosistemas y beneficiar a la entomofauna del entorno.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Politécnica de Durango por el financiamiento del proyecto.

Literatura citada

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal Econ. Entomological*. 18(2):265-267.
- Bhusal, T. T.; Pokhrel, M. X. and Thapa R. B. 2020. Probit and logit analysis: multiple observations over time at various concentrations of biopesticide *Metarhizium anisopliae* strain. *Journal of Agriculture and Forestry University*. 4(1):43-51.
- Bustillo, P. A. E. 2008. Los insecticidas en el control químico de plagas. Editor A. E. Bustillo P. En: Los insectos y su manejo en la caficultura colombiana. FNC-Cenicafé, Chinchiná (Colombia). (Ed) Blancolor Ltda., Manizales, Capítulo 11. 184-200 pp.
- Bustos, G.; Silva, G.; Fisher, S.; Figueroa, I.; Urbina, A. y Rodríguez, J. C. 2017. Repelencia de mezclas de aceites esenciales de boldo, laurel chileno, y tepa contra el gorgojo del maíz. *Southwestern Entomologist*. 42(2):551-562. Doi:10.3958/059.042.0224.
- Cadet, D. S. y Guerrero, E. S. 2018. Factores que determinan los rendimientos de la producción de maíz en México: evidencia del censo agropecuario 2007. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 15(3):311-337.
- Cubillos, A.; Gädicke, P.; von Baer, D. y Ahumada, F. 1999. Determinación de la dosis letal media (DL₅₀) de alcaloides del lupino en pollas de reposición blancas y marón. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 31(2):249-256.
- Dhawan, D. and Gupta J. 2017. Comparison of different solvents for phytochemical extraction potential from *Datura metel* plant leaves. *International Journal of Biological Chemistry*. 11(1):17-22. Doi:10.3923/ijbc.2017.17.22.
- Del Puerto, R. A. M.; Suárez, T. S. y Palacio, E. D. E. 2014. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Rev. Cubana de Higiene y Epidemiología*. 52(3):372-387.
- Deras, F. H. 2020. Guía técnica: El cultivo del maíz. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura. El salvador. 42 p.
- Esparza, D. G.; López, C. J.; Villanueva, J. J. A.; Osorio, A. F.; Otero, C. G. y Camacho, D. E. 2010. Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agrociencia*. 44(7):821-833.
- Fernández, S. R.; Morales, Ch. L. A. y Gálvez, M. A. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Rev. Fitotec. Mexic*. 36(3):275-283.
- Flores, V. M. Y.; González, L. R. F.; Prieto, R. J. A.; Pompa, G. M.; Ordaz, D. L. A. y Domínguez, C. P. A. 2020. Evaluación del extracto metanólico de *Datura metel* como insecticida biorracional para el control de *Neodiprion autumnalis* S. (Hymenoptera: Diprionidae). *Quebracho*. 28(1-2):34-42.
- Flores, V. M. Y.; González, L. R. F.; Prieto, R. J. A.; Pompa, G. M.; Ordaz, D. L. A. y Domínguez, C. P. A. 2019. Eficiencia del extracto vegetal de *Datura stramonium* L. como insecticida para el control de la mosca sierra. *Madera y Bosques*. 25(1):1-11. Doi: 10.21289/myb.2019.2511642.

- Hernández, T. A.; Osorio, H. E.; López, S. J. A.; Ríos, V. C.; Varela, F. S. E. y Rodríguez, H. R. 2018. Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad*. 11(1):9-14.
- INEGI. 2017. Encuesta Nacional Agropecuaria. México. 41 p. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/ena2017-pres.pdf>.
- Landivar, O. T.; Colina, N. E.; Castro, A. C.; Santana, A. D.; García, V. G.; Mora, C. O.; Uvidia, V. M. y Goyez, C. M. 2017. Evaluación de extractos vegetales y bioinsecticidas sobre poblaciones de *Spodoptera frugiperda* y *Elasmopalpus lignosellus* en maíz. *European Scientific Journal*. 13(21):238-250.
- Lemus, S. B. A.; Alonso, B. M. B.; Oseguera, A. M. A. y Pérez, A. D. A. 2017. Efectividad biológica de grandevo® (*Chromobacterium subtsugae*) sobre *Tetranychus urticae* Koch (Prostigmata: Tetranychidae) y *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) en zarzamora. *Entomología Mexicana*. 4(10):310-314.
- Monira, M. K. and Munan, M. S. 2012. Review on *Datura metel*: a potential medicinal plant. *Comunicación gráfica de la industria-Catalunya*. 1(4)123-132.
- Nzinga, M.; Suris, M. y Miranda, I. 2016. Daños producidos por *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) en dos variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la provincia Namibe, Angola. *Protección vegetal*. 31(1):35-41.
- Pulido, S. N. J. y Cruz C. A. 2013. Eficacia de los extractos hidroalcohólicos de dos plantas sobre garrapatas adultas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Rev. Ciencia Tecnología Agropecuaria*. 14(1):91-97.
- SAGARPA. 2017. Plan Agrícola Nacional 2017-2030. México. 63 p.
- Subramanian, T.; Webb, M.; Bhagavathy, G.; Rozek, A.; Paraselli, B. R. y Chauhan, K. R. 2016. Síntesis de feromonas del gusano de la raíz del maíz del sur de S-Citronellol y su evaluación de campo. *Rev. Quím. Agríc. Med. Ambien*. 5(4)223-230. <http://dx.doi.org/10.4236/jacen.2016.54023>.
- Tinsley, N. A.; Estes, R. E. y Gray, M. E. 2012. Validación de un modelo de componente de error anidado para estimar el daño causado por las larvas del gusano de la raíz del maíz. *Rev. de Entomología Aplicada*. 137(3):161-169. Doi: 10.1111/j.1439-0418.2012.01736.x.
- Yaranga, X. L. 2015. Efecto biotóxico del extracto hidroalcohólico de las hojas y semillas de *Datura stramonium* “chamico” sobre larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus*. Tesis licenciatura. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. Facultad de ciencias biológicas. 42-84 pp.
- Zepeda, J. I. 2018. Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 15(1):99-108.