

Manejo agroecológico de *Macrodactylus nigripes* (Coleoptera: Melolonthidae) en maíz

Karla Paulina Ortiz García¹
Betzabeth Cecilia Pérez Torres^{2§}
Agustín Aragón-García²
Dionicio Juárez Ramón²
Jesús Francisco López-Olguín²

¹Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas-Universidad Autónoma de Puebla-Edificio Val 1. Carretera a San Baltazar Tétela km 1.7, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México. CP. 72960. (k.pao.ares@hotmail.com). ²Centro de Agroecología-Instituto de Ciencias-Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-Edificio Val 1. Carretera a San Baltazar Tétela km 1.7, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México. CP. 72960. Tel. 222 2295500, ext. 1302. (agustin.aragon@correo.buap.mx; dionicio.juarez@correo.buap.mx; jesus.olguin@correo.buap.mx).

§Autora para correspondencia: betzabeth.perez@correo.buap.mx.

Resumen

Macrodactylus nigripes (Bates) es una plaga que ataca el cultivo del maíz causando pérdidas económicas en la producción. Con la finalidad de encontrar alternativas agroecológicas para su manejo, el objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de *Argemone mexicana* L., *Ricinus communis* L., *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill y *Metharrizium anisoplae* (Metschnikoff) Sorokin, así como colecta de *M. nigripes* con red de golpeo en el cultivo de maíz. El experimento se realizó bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, donde se probaron los cinco métodos de control y fueron comparados con el tratamiento testigo (agua). *R. communis* y *A. mexicana* disminuyeron significativamente la infestación de plantas por *M. nigripes*, aumentando la producción en 36 y 30% respectivamente. Estos resultados demuestran que ambos tratamientos alternados con jabón zote pueden ser una buena alternativa del manejo de esta especie plaga.

Palabras clave: extractos vegetales, hongos entomopatógenos, plagas del follaje.

Recibido: octubre de 2022

Aceptado: enero de 2023

Introducción

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos agrícolas de mayor importancia en México en el ámbito alimenticio, político, económico y social (Ruíz-Torres *et al.*, 2012). Su extensión en México representa 30% de la producción agrícola y 6.6% de las tierras cultivables del país (SAGARPA, 2017). Puebla se encuentra ubicado entre los ocho principales estados productores de maíz, con una superficie de cultivo 525 108 ha, que representan 7% de la superficie cosechada a nivel nacional (López *et al.*, 2020), calculando alrededor de 994 mil ha. Dedicadas a la agricultura, de las cuales 60.1% se utiliza para la siembra de maíz, destinado en su mayor parte para el autoconsumo y en 34% para alimentación de ganado (García y Ramírez, 2012).

Uno de los principales factores que contribuyen a la disminución de los rendimientos en la producción de este cultivo en la región es el ataque de insectos plaga (Lugo-García *et al.*, 2012; Huerta *et al.*, 2014; SAGARPA, 2017). Entre las de mayor importancia económica que provocan pérdidas en la producción es el chapulín *Sphenarium purpurascens*, gusano alfilerillo *Diabrotica* spp., gusano elotero *Helicoverpa zea* (Boddie), gusano soldado *Spodoptera exigua* (Hübner) y gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Aragón *et al.*, 2001; Santos *et al.*, 2003; Lugo-García *et al.*, 2012; Rangel *et al.*, 2014; Tulli *et al.*, 2015) y frailecillos o escarabajos de las rosas *Macrodactylus nigripes* (Bates), destacando como una plaga de importancia para el cultivo de maíz disminuyendo sus rendimientos entre un 20 a 70% (Arce-Pérez y Morón, 2000; Caselín *et al.*, 2003).

Las larvas de estos escarabajos pueden provocar daños al sistema radical de la planta al alimentarse de ellas, mientras que los adultos durante los meses de mayo a septiembre se alimentan del follaje e inflorescencias del maíz impidiendo la formación del grano (Altieri y Trujillo, 1987; Hernández *et al.*, 1993). El control de *M. nigripes* se basa principalmente en el uso de insecticidas químicos como carbamatos y organofosfatos, se estima que cada año se aplican alrededor de 3 000 t de insecticidas que lejos de solucionar el problema lo han incrementado trayendo como consecuencia la eliminación de enemigos naturales, contaminación al ambiente y la resistencia de los insectos a este tipo de compuestos (Wise *et al.*, 2002; Blanco *et al.*, 2014).

Desde el punto de vista agroecológico el manejo de plagas incluye un conjunto de técnicas de tipo cultural o biológicas que puedan minimizar el uso de plaguicidas químicos (Arauz, 1997). El uso de extractos vegetales, hongos entomopatógenos y métodos físicos representan una opción al reemplazo de insecticidas químicos, debido a que no presentan un efecto residual prolongado en el ambiente, son de bajo costo y de fácil uso para los productores (Vázquez *et al.*, 2016).

La higuierilla *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) presenta una alta actividad insecticida contra diversos insectos como el pulgón amarillo del sorgo (*Melanophis sacchari* Zehntner), larva de mosquito *Culex*, mosca blanca (*Bermisia tabaco* L.), palomilla bandeada (*Plodia interpunctella* Hubner), picudo del agave (*Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal) y gusano cogollero (*S. frugiperda*) (Collavino *et al.*, 2006; Pacheco, 2009; Corradine *et al.*, 2014; Guevara *et al.*, 2015) debido a la presencia de metabolitos secundarios como la ricina y ricinina (Rauer *et al.* 2012), que se encuentran en altas concentraciones principalmente en las semillas (Pita *et al.*, 2004).

Mientras el chicalote (*Argemone mexicana* L.), presenta alcaloides como la protopina y berberina que están en el follaje, así como flavonoides en flores y semillas (Fernández-Calienes *et al.*, 2016), que son utilizados por sus propiedades insecticidas contra diversos insectos como, barrenillos (*Xyleborus dispar* Fabricius), (*Scolytus rugulosus* Muller) chapulín (*Sphenarium purpurascens* Charp) chinche roja del algodón (*Dysdercus koenigii* Fabricius), gusano oriental de la hoja (*Spodoptera litura* Fabricius) y picudo del maíz (*Sitophilus oryzae* L.) (Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2011; Rodríguez-Flores *et al.*, 2012; Vázquez *et al.*, 2016; Ali *et al.*, 2019; Vetal y Pardeshi, 2019).

En lo que respecta al hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill, puede dañar a más de 200 especies de insectos, incluyendo a plagas de gran importancia agrícola como: la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), palomilla del repollo *Plutella xylostella* L. y el picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* G. (Alean, 2004).

Metarhizium anisopliae (Metschnikoff.), ataca naturalmente a más de 300 especies de insectos pertenecientes a diferentes órdenes, principalmente Coleoptera y Hemiptera. Actualmente existen varios estudios donde se reporta la susceptibilidad de los coleópteros a este tipo de hongos, sobre esto Nájera-Rincón *et al.* (2005), mencionan que el género *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) puede llevar a presentar una mortalidad de 49% bajo el efecto de *B. bassiana* y hasta de 80% con *M. anisopliae*. De igual forma, Almeida *et al.* (2005), reporta que *B. bassiana* a diferentes concentraciones causa una mortalidad de 96.7, 83.4 y 91.1%, respectivamente, sobre huevos, larvas y adultos de *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae).

En base a lo anterior el objetivo fue, evaluar el efecto del uso de extractos vegetales de higuierilla y chicalote, así como los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* contra *M. nigripes* y la colecta manual de frailecillo como alternativas para el manejo agroecológico del cultivo de maíz en el municipio de Huejotzingo, Puebla.

Materiales y métodos

El trabajo experimental se realizó en el ciclo agrícola 2017, en una parcela de temporal ubicada en las coordenadas geográficas 19° 10' 30'' latitud norte y 98° 24' 36'' longitud oeste, con una altitud de 2 272 m. La preparación del suelo para el cultivo de maíz consistió en barbecho, rastra y surcado, se sembró un maíz de blanco híbrido Euros, la distancia entre surcos fue de 70 cm y entre planta de 30 cm, la parcela experimental tuvo una superficie total de 1 625 m².

Los tratamientos que se evaluaron se muestran en el Cuadro 1, alternados con las aplicaciones de jabón de pastilla (zote). El experimento se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, con seis tratamientos: y cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por 24 plantas de maíz y la parcela útil por ocho plantas centrales.

Para evaluar el efecto de *A. mexicana* se utilizó follaje, flor y semilla de la planta, mientras que para *R. communis* se elaboró con el fruto maduro de la planta. Para la obtención de los extractos vegetales se siguió la metodología propuesta por Pérez-Torres *et al.* (2017), que consiste en coleccionar estas plantas durante los meses de marzo, abril y mayo en la misma localidad de la zona de estudio, mismos que se dejaron secar a la sombra sobre papel de estraza durante 30 días, cada tercer día se voltea la planta para evitar la llegada de microorganismos que puedan afectar dañarla,

posteriormente se muele con un molinito eléctrico para grano marca Nixtamatic, hasta obtener un polvo fino. El material fue etiquetado y empacado en bolsas de rafia para guardarse en un lugar fresco y seco hasta el día de su utilización.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados para el manejo de *M. nigripes* en el cultivo de maíz.

Número	Tratamiento	Concentración (%)	Parte de la planta utilizada
1	<i>R. communis</i>	3	Semilla
2	<i>A. mexicana</i>	3	Follaje, flor y semilla
3	<i>B. bassiana</i>	1.1 ¹⁰	-
4	<i>M. anisopliae</i>	1.1 ¹⁰	-
5	Colecta con red de golpeo		-
6	Testigo (agua)		-

La preparación de los extractos vegetales se realizó un día antes de cada aplicación pesando 30 g de material vegetal por litro de agua, durante todo el experimento, se dejó reposar por 24 h con la finalidad de extraer los compuestos hidrosolubles de la planta, posteriormente se filtraron con una malla fina (tela tricot) para separar los sólidos de los líquidos, el concentrado obtenido se diluyó en 16 L de agua y se aplicó con una mochila aspersora, estas aplicaciones fueron alternadas con jabón de pastilla, previamente rallado y disuelto en agua, 24 h antes de su utilización, a dosis de 100 g por 16 L de agua durante todo el experimento. Las aplicaciones se realizaron semanalmente, de forma que una semana se aplicó el extracto acuoso de la planta y la otra el jabón, realizando un total de seis aplicaciones (tres del extracto y tres de jabón).

Los hongos entomopatógenos *B. bassiana* y *M. anisopliae* utilizados se consiguieron por separado de manera comercial (Organic Vel), la concentración fue de 1×10^{10} esporas por gramo del producto y una viabilidad de seis meses. Se diluyeron 30 g de cada producto en 16 L de agua. Las aplicaciones se realizaron cada 15 días con un total de cuatro aplicaciones. Todas las aplicaciones se realizaron con una mochila aspersora de 16 L de capacidad, durante toda la fenología del cultivo hasta su floración y en la fase inicial de la aparición de *M. nigripes*. Con respecto al tratamiento donde fue colectado los insectos, esta fue realizada cada semana, las colectas de los organismos se llevaron a cabo mediante una red de golpeo de 30 cm de diámetro, que se pasó alrededor de las plantas de maíz.

Las variables evaluadas fueron, número de plantas infestadas, que se cuantificó cada semana antes de la aplicación de cada tratamiento, dando un total de seis evaluaciones, para ello se consideraron las ocho plantas de la parcela útil como 100% y se contabilizó el número de plantas donde se encontró la presencia de *M. nigripes* y la producción para cada tratamiento antes mencionados al finalizar el ciclo de cultivo, una vez realizada la cosecha se limpió la semilla y se pesó en una balanza granataria (Ohaus mecánica tripe brazo 2 610 g), obteniendo el peso en kilogramos por parcela útil de cada tratamiento; para después extrapolar a $t \text{ ha}^{-1}$.

Para el análisis de los datos, se les realizó un análisis de varianza (Anova) de una vía y la prueba de medias de Tukey, con una significancia de $p \leq 0.05$ para ver si existía diferencias significativas entre los tratamientos, previo a esto se realizó la prueba de normalidad, para los cálculos y pruebas estadísticas se utilizó el programa estadístico R Commander.

Resultados y discusión

Infestación de insectos en la planta del maíz

De acuerdo con el análisis de varianza sobre el número de plantas infestadas, indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$) y la comparación de medias refiere que al aplicar el extracto de *R. communis*, *A. mexicana* y los dos hongos entomopatógenos alternado con jabón disminuye el porcentaje de plantas infestadas de *M. nigripes* con relación al tratamiento testigo, donde hubo una mayor infestación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentajes plantas infestadas e infestación de *M. nigripes* en cultivo de maíz para cada tratamiento.

Tratamientos alternados con jabón	Plantas infestadas (%) \pm error estándar	Disminución de infestación (%)
<i>R. communis</i>	16.5 \pm 0.57 a*	56
<i>A. mexicana</i>	20.9 \pm 0.4 a b	44.3
<i>B. bassiana</i>	20.9 \pm 0.5 a b	44.3
<i>M. anisopliae</i>	24 \pm 0.21 a b	36
Colecta con red de golpeo	28.4 \pm 0.27 bc	24.2
Testigo (agua)	37.5 \pm 0.69 c	-

*= medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Estos resultados concuerdan con el trabajo realizado por Pérez-Torres (2012), quien indica que al aplicar el extracto acuoso de higuera (*R. communis*) alternado con jabón de pastilla (zote) a la misma concentración que el que se usó en este trabajo, reduce el porcentaje de infestación en 6.9%, protegiendo al cultivo de los insectos que se alimentan del follaje del amaranto (*Epicauta cinerea* Förster, *Herpetogramma bipunctalis* (Fabricius), *Macrosiphum* spp. L, *Pholisora. catullus* (Fabricius), *S. purpurascens* y *S. exigua*) en el municipio de Atzitzihuacán.

De la misma forma Aragón *et al.* (2014), confirman que cuando el cultivo de jamaica es tratado con extractos vegetales alternado con jabón es eficiente, al reducir significativamente las infestaciones de insectos plaga a comparación con el testigo, siendo una buena alternativa para los productores de Chiautla de Tapia, Puebla.

Sobre esto, Pérez-Torres *et al.* (2014), comentan que, aunque se aplica el extracto de higuera solo (sin la aplicación de jabón), las infestaciones de insectos plaga del follaje en el cultivo de amaranto, disminuye en 27.2% con respecto al testigo, protegiendo al cultivo de los daños por insectos. Ramírez (2018) expresa que esta forma de actuar se debe a que esta planta presenta una mayor actividad insecticida contra nematos asociados a *Gardenia* (Ellis).

La presencia de compuestos tóxicos como alcaloides, fenoles, ricina, ricinina y terpenoides, presentes en las semillas de esta planta (Oliveira *et al.*, 2002; Upasani *et al.*, 2003; Demant *et al.*, 2012), tienen la capacidad de provocar tres diferentes tipos de reacciones en los insectos: a) efecto insecticida que ocasiona la mortalidad del insecto (Rodríguez-Palma *et al.*, 2017); b) inhibidor de alimentación (Abdalla *et al.* 2009); y c) efecto insectistático que inhibe el desarrollo normal del insecto (Ramos-López *et al.*, 2010). Estas características pudieron influir en que el tratamiento de *R. communis* presentara la menor infestación de *M. nigripes* en las plantas de maíz.

Con respecto al tratamiento de *A. mexicana* ocasionó una diferencia significativa de 20.9% al igual que el tratamiento donde se aplicó *B. bassiana*. Estos datos concuerdan con Rojas (2021), quien señala que el extracto de chicalote a la misma concentración alternado con jabón zote, reduce el número de insectos en las plantas de maíz durante todo su fenología a diferencia del tratamiento testigo donde solo se le aplica agua, mientras que investigaciones realizadas por Pérez-Torres (2012), confirman que cuando se realiza un paquete tecnológico a base de extractos vegetales y jabón zote en diferentes cultivos hay una disminución en el número de infestación de insectos plaga, presentando un mejor desarrollo y protección al cultivo.

La toxicidad ejercida por *A. mexicana* en los insectos se debe a la presencia de alcaloides isoquinoleínicos como: protopina, berbería y sanguinarina, que provocan el aletargamiento y muerte del insecto a las pocas horas de ser ingeridos (Castillo y Lino, 2003). También se reporta la presencia de dehidrosanguinarina, coptisina, alocriptopina y dihidrocelerina que además de ser tóxica actúa como repelente contra diversos insectos (hormiga, barrenillo, conchuela de frijol, gorgojo del maíz, palomilla del maíz, plagas del algodón y de la caña de azúcar) incluyendo larvas de *S. frugiperda* (Sharma *et al.*, 2010).

Como también es confirmado por Salvadores *et al.* (2007), comentando que el extracto de *A. mexicana* presenta propiedades anti alimentarias y tóxicas sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera:Curculionidae). Aunque todas las partes de la planta son consideradas tóxicas, la concentración de estos alcaloides varía de acuerdo con las partes de la planta utilizadas concretándose la mayor parte en las semillas (Puig, 2005; Vázquez-Flota *et al.*, 2018), en este trabajo se utilizó la parte aérea de la planta para la preparación del extracto, lo cual pudo influir en que no presentara un efecto similar o mejor al de *R. communis* en la disminución de infestación de *M. nigripes*.

Son pocos los trabajos que reportan la susceptibilidad de los coleópteros en estado adulto a la aplicación de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, en este trabajo se observó que *M. anisopliae* presentó una disminución en el porcentaje de infestación de 36%, mientras que *B. bassiana* de 44.3% donde tuvo mejor efecto con la aplicación de este último, estos resultados corroboran que no solo los estadios larvales se ven afectados por la aplicación de estos hongos, sino también los adultos como lo reportan Almeida *et al.* (2005), para la especie *Anthonomus grandis* Boheman.

Aragón *et al.* (2021), realizaron pruebas a nivel laboratorio de *B. bassiana* para el control de *S. zeamais* a una concentración de 1.1⁹ encontrando que el número de individuos no fue tan efectivo como cuando se realizan una combina *B. bassiana* + cal, donde disminuyendo el número de individuos y los daños bajaron en 3.3% a los 81 días.

Producción de maíz

Los resultados de las medias de producción para cada tratamiento presentados en el Cuadro 3, muestra que la mayor producción de maíz se obtuvo en las plantas que fueron tratadas con el extracto de *R. communis* alternados con extracto de jabón, al presentar la mayor producción promedio de 9.1 t ha⁻¹ respectivamente, obteniendo un incremento de producción de 36%. Seguida de *A. mexicana* y el hongo entomopatógeno (*M. anisopliae*) con un 8.7 y 8.4 t ha⁻¹, representando un incremento de 30 y 25.3% respectivamente, mientras que, la menor producción se obtuvo en las plantas que fueron sometidas al tratamiento testigo con un promedio de 6.7 t ha⁻¹.

Cuadro 3. Porcentaje e incremento de la producción de maíz bajo diferentes tratamientos.

Tratamientos alternados con jabón	Producción (t ha ⁻¹ ± error estándar)	Incremento de producción con respecto al testigo (%)
<i>R. communis</i>	9.1 ± 0.24 a*	36
<i>A. mexicana</i>	8.7 ± 0.2 a b	30
<i>M. anisopliae</i>	8.4 ± 0.62 a b	25.3
<i>B. bassiana</i>	8.2 ± 0.29 a b	22.3
Colecta con red de golpeo	8 ± 0.08 b c	19.4
Testigo	6.7 ± 0.07 c	-

* = medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Estos resultados son similares con lo reportado por Pérez-Torres *et al.* (2009), quienes reportaron que la producción del testigo es superada por los tratamientos a los cuales se les aplica este tipo de bioinsecticidas alternado con jabón de barra, debido a que protegen al cultivo de los insectos que dañan el follaje de las plantas; así mismo, Pérez-Torres *et al.* (2011), indican que la utilización de extracto acuoso de *R. communis* y la aplicación de jabón presenta mayor efectividad para repeler y proteger al cultivo de amaranto contra los insectos del follaje, presentando una producción de 1 105.3 kg ha⁻¹, incrementando su producción hasta 61%.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Perales *et al.* (2015) al evaluar el efecto del extracto de higuierilla sobre mosquita blanca encontraron que el extracto de hojas de esta planta aplicado en forma bioactiva reduce la infestación en 49% e incrementa cinco veces el rendimiento de jitomate (*Solanum lycopersicum*). Mientras que De la Torre (2017), indica que la producción de semilla de amaranto se vio favorecido con el efecto de una mezcla de dos extractos vegetales *R. communis* y *Capsicum frutescens* reduciendo las plagas y protegiendo al cultivo.

La efectividad de *A. mexicana* contrasta con lo señalado por Rojas (2021), quien probó dos formas de elaboración de extracto de chicalote (acuoso y aceitoso), presentando la mayor producción de maíz con el extracto a base de aceite seguida del extracto acuoso con 12 371.5 y 11 107.2 kg ha⁻¹, además de realizar las aplicaciones alternadas con jabón de pastilla. Aragón y Tapia (2009), sustentan que las aplicaciones de *R. communis* y *A. mexicana* en las plantas de amaranto, existe una mejor protección en el cultivo de amaranto de los daños por insectos plaga en el follaje y por ende se obtiene una mayor producción de semilla con 1 951 y 1 251 kg ha⁻¹.

Relacionando la infestación con la producción se observa que hay una relación inversa, ya que mientras mayor es la infestación menor es la producción y esto probablemente se deba a que tanto los extractos vegetales, como los hongos entomopatógenos protegen a las plantas de maíz del daño que le ocasiona *M. nigripes*; de la misma forma, Upasani *et al.* (2003) comentan que la semilla de *R. communis* presenta actividad insecticida contra algunos coleópteros, confirmándose en este trabajo la actividad insecticida de esta planta sobre este insecto.

Además, el efecto del jabón sobre los insectos es la descomposición, destrucción o disrupción de la permeabilidad de la cutícula y la membrana celular, esto hace que sea más vulnerable a factores externos como el calor y a patógenos, causando desecación y muerte de estos (Vincent *et al.*, 2003). En insectos inmaduros e imágos de cuerpo blando el jabón actúa por contacto, disuelve la cutícula

del organismo para ser expuesto al sol o cambios climáticos y este tiende a deshidratarse y muere, de ahí que la aplicación de jabón alternada con el extracto vegetal favorece la mortalidad, por lo tanto, la infestación y por ende un incremento en la producción.

Conclusiones

La aplicación de los extractos vegetales de *R. communis* y *A. mexicana* alternado con la aplicación de jabón es una alternativa viable para el manejo de *M. nigripes* que ocasiona daños al cultivo de maíz en el municipio de Huejotzingo, Puebla ya que son elaboradas de plantas silvestres que se encuentran dentro de la zona de estudio, es un recurso renovable, son biodegradable presentando la particularidad de descomponerse de forma rápida después de ser aplicado, existe una baja disminución de riesgo residual en alimentos y provocan un impacto mínimo sobre enemigos.

Agradecimientos

Los autores(as) agradecen al CONACYT y a la Vicerrectoría de Investigación de Estudios de Posgrado, por el apoyo económico, por medio de una beca otorgada al primer autor para realizar los estudios de la maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y para la realización del presente trabajo.

Literatura citada

- Abdalla, M. E.; Khitma, E. and Faysal S. A. 2009. Larvicidal, adult emergence inhibition and oviposition deterrent effects of foliage extract from *Ricinus communis* L. against *Anopheles arabiensis* and *Culex quinquefasciatus* in Sudan. Trop. Biomed. 26(2):130-139.
- Alean, C. I. 2004. Patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de *Aleurotrachelus Socialis* (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Rev. Colomb. Entomol. 30(1):29-36.
- Ali, H.; Nesa, M.; Rekha, S. B. and Islam, N. 2019. Dose mortality and repellent potentials of *Argemone mexicana* L. extracts against *Sitophilus oryzae* L. and *Callosobruchus chinensis* L. J. Entomol. Zool. Studies. 7(2):388-393.
- Almeida, J. C.; Albuquerque, A. C. and Luna, A. E. A. L. 2005. Viabilidade de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. reisolado de ovos, larvas e adultos de *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) artificialmente infectado. Arquivos do Instituto Biológico. 77(4):473-480. doi.org/10.1590/1808-1657v72p4732005
- Altieri, M. A. and Trujillo J. 1987. The agroecology of corn production in Tlaxcala, México. Human Ecol. 15(2):189-220.
- Aragón, G. A. y Tapia, R. A. M. 2009. Amaranto orgánico. Métodos alternativos para el control de plagas y enfermedades. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Alternativas y proceso de participación social AC. Puebla, México. 63 p.
- Aragón, G. A.; Castillo, V. H.; Pérez, T. B. C.; Cuate, M. V. A.; Hernández, L. R. and Aragón, S. M. 2021. Evaluation of quicklime and *Beauveria bassiana* for the management of maize weevil (*Sitophilus zeamais*) under laboratory and field conditions. J. Agric. Crop Res. 9(6):159-164. Doi: 10.33495/jacr.v9i6.21.135.
- Aragón, G. A.; Morón, M. A.; Tapia, R. A. M. y Rojas, G. R. 2001. Fauna de coleóptera Melolonthidae en el rancho "La Joya", Atlixco, Puebla, México. Acta Zool. Mex. 83:143-164.

- Arauz, L. F. 1997. Hacia un uso racional de los plaguicidas sintéticos una perspectiva agroecológica. *Agron. Costarric.* 21(1):19-23.
- Arce-Pérez, R. y Morón, M. A. 2000. Taxonomía y distribución de las especies de *Macroductylus Latreille* (Coleoptera: melolonthidae) en México y Estados Unidos de América. *Acta Zool. Mex.* 79:123-239. Doi.org/10.21829/azm.2000.79791913.
- Blanco, A. C.; Pellegaud, J. G.; Nava, C. U.; Lugo, B. D.; Vega, A. P.; Coello, J.; Terán, V. A. P. y Vargas, C. J. 2014. Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of integrated pest managed programs. *J. Integrated Pest Managment.* 5(4):1-9. Doi.org/10.1603/IPM14006
- Carrillo-Rodríguez, J. C.; Hernández-Cruz, B.; Chávez-Servia, J. L.; Vera-Guzmán, A. M. y Perales-Segovia, C. 2011. Efecto de extractos vegetales sobre la mortalidad de *Tetranychus urticae* koch (Acari: tetranychidae), en laboratorio. *J. Interam. Soc. Trop. Hortic.* 53:154-157.
- Caselín, C. S.; Carrillo, S. J. L.; Llanderal, C. C. and Bravo, M. H. C. 2003. Incidence of *Macroductylus nigripes* bates (Coleoptera: Melolonthidae) in corn and broad beans in Tlaxcala, México. *Agrociencia.* 37(3):291-297.
- Castillo, V. J. y Lino, E. 2003. Efecto de extractos vegetales, goma natural y aceite vegetal sobre el control de cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Nuctidae) en la libertad, Perú. *Rev. Peruana Entomol.* 43(1):107-112.
- Collavino, M.; Pelicano, A. y Giménez, R. A. 2006 Actividad insecticida de *Ricinus communis* L. sobre *Plodia interpunctella* hbn. (Lepidoptera: Phycitinae). *Rev. Fac. Cienc. Agrar.* 37(1):13-18.
- Corradine, M. D. T.; Beltrán, S. I. M.; Corredor, P. Y. y Moreno, A. D. C. 2014. Eficiencia del extracto *Ricinus communis* para el control del mosquito *Culex*. *Rev. Científ.* 19(2):86-92. doi.org/10.14483/23448350.6496.
- De la Torre, A. J. 2017. Efecto de extractos vegetales sobre larvas de lepidópteros en cultivo de amaranto en Amilcingo, Temoac, Morelos. Tesis de Maestría. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 83 p.
- Demant, R. C. A.; Auld, D. R. y Demant, A. R. 2012. Development of bioassay to quantify the ricin toxin content of castor bean (*Ricinus communis* L.) seeds. *Acta Sci. Agron.* 34(4):397-402. Doi: 10.4025/actasciagronomy.v34i4.11284.
- Fernández-Calienes, V. A.; Mendiola, M. J.; Scull, L. R.; Morier, D. L.; Linares, D. R.; Mendoza, L. D. and Cuellar, C. A. 2016. Actividad antiplasmodial de lactonas de *Parthenium hysterophorus* L. y alcaloides de *Argemone mexicana* L. en cuba. *Rev. Cubana de Medicina Tropical.* 68(2):136-147.
- García, S. J. A. y Ramírez, J. R. 2012. Demanda de semilla mejorada de maíz en México: identificación de usos y zonas de producción con mayor potencial de crecimiento. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Texcoco, Estado de México. 156 p.
- Guevara, L.; Andrio, E.; Cervantes, F.; Rodríguez, D.; Robles, R.; Mondragón, W. and Pérez, D. 2015. Efecto bioinsecticida de extracto etanolico de higuierilla (*Ricinus communis* L.) y lantana (*Lantana camara* L.) sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn) en tomate. *Rev. Cienc. Natur. Agropec.* 2(3):428-434.
- Hernández, V. S.; Benz, B. F. y Arredondo, H. C. B. 1993. Densidad estacional de *Macroductylus murinus* (Scarabaeidae), en San Miguel, Sierra de Manantlán, Jalisco. *Agrociencia.* 4(2):187-195.

- Huerta, J. A. F.; Espinoza, A.; Téllez, J. A. P.; Maqueda G. A. P. y Arana, C. A. 2014. Control biológico del chapulín en México. *BioTecnología*. 18(1):28-49.
- López, A. P.; Ortiz, T. E.; Gil, M. A.; Guerrero, J. D.; Taboada, G. O. R.; López, S. H. y Hernández, G. A. 2020. Patrón varietal y rendimiento de grano de maíces locales del Valle de Tehuacán, Puebla. *Rev. Fitotec. Mex.* 43(4-A):525-532. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.4-A.525>.
- Lugo-García, G. A.; Ortega-Arenas, L. D.; Aragón-García, A.; González-Hernández, H.; Reyes-Olivas, A. y Morón, M. A. 2012. Especies de gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociadas al cultivo de maíz en Ahome, Sinaloa, México. *Agrociencia*. 46(3):307-320.
- Nájera-Rincón, M. B.; García-Martínez, M.; Crocker, R. L.; Hernández-Vázquez, V. y Rodríguez-del Bosque, L. A. 2005. Virulencia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, nativos del occidente de México, contra larvas de tercer estadio de *Phyllophaga crinita* (Coleoptera: Melolonthidae) bajo condiciones de laboratorio. *Fitosanidad*. 9(1):33-36.
- Oliveira, R. R. F.; Oliveira, F. P. y Fonseca, A. M. 2002. As folhas de palma christi-*Ricinus communis* L. Euphorbiaceae jussieu. Revisão de conhecimentos. *Rev. Lecta, Bragança Paulista*. 20(2):183-194.
- Pacheco, C. S. 2009. Efecto del extracto hidroetanólico de higuierilla *Ricinus communis* L. sobre el adulto del picudo del agave *Scypophorus acupunctatus* Gyllenhal. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. 75 p.
- Perales, S. C.; Bocanegra, G. J.; Carrillo, R. J. C.; Chávez, S. J. L.; Silos, E. S.; Aguilar, O. L. y Tafoya, R. F. 2015. Efecto de extractos vegetales en mosquita blanca bajo dos esquemas de aplicación. *Rev. Mex. Agroecos.* 2(1):1-7.
- Pérez-Torres, B. C. 2012. Diagnóstico y control de plagas del cultivo de amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. Bajo una agricultura orgánica en las faldas del volcán Popocatepetl. Tesis de Doctorado. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 130 p.
- Pérez-Torres, B. C.; Aragón G. A.; Pérez, R. A.; Hernández, L. R. y López-Olguín, J. F. 2011. Evaluación de extractos vegetales y jabón de pastilla para el control de plagas del amaranto en las faldas del Popocatepetl, Puebla. *In*: Bernal, M. H. y Ramírez, V. B. Ed. Investigación interdisciplinaria para el desarrollo rural en Puebla y Tlaxcala. Colegio de Posgraduados-Campus Puebla. México. 166-182 pp.
- Pérez-Torres, B. C.; Aragón, G. A.; Bautista, M. N.; Tapia, R. A. M. y López-Olguín, J. F. 2009. Entomofauna asociada al cultivo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en el municipio de Chiantla de Tapia, Puebla. *Acta Zool. Mex.* 25(2):239-247.
- Pérez-Torres, B. C.; Aragón, G. A.; Cuate, M. V.; López-Olguín, J. F.; Aragón, S. M. y Lugo, G. A. 2017. Efecto de la aplicación en campo de mezclas de extractos vegetales sobre la presencia y daños de insectos plaga del cultivo de *Amaranthus hypochondriacus* L. *Rev. Fac. Agron.* 34(4):477-496.
- Pérez-Torres, B. C.; Aragón-García, A.; Román-Fernández, L. R.; Castillo-Hernández, D.; Diménez-García, D. y Romero-Arenas, O. 2014. Efecto de los extractos acuosos sobre las plagas del follaje en el cultivo de amaranto en el municipio de Tochimilco, Puebla. *Entomol. Mex.* 13(1):251-256.
- Pita, R.; Anadón, A. y Martínez, L. M. R. 2004. Ricina: una fitotoxina de uso potencial como arma. *Rev. Toxicol.* 21(2):51-63.
- Puig, H. J. F. 2005. Mis temas de investigación. *Focus* 4(1):51-59.
- Ramírez, H. R. S. 2018. Evaluación de los extractos vegetales en el control de nematodos fitoparasitos asociados al cultivo de gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis). Tesis de Maestría. Universidad Veracruzana. 80 p.

- Ramos-López, M. A.; Pérez-Ortega, G. S.; Rodríguez-Hernández, C.; Guevara-Fefer, P. and Zavala-Sánchez, M. A. 2010. Activity of *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae) Afr. J. Biotechnol. 9(9):1359-1365. Doi:10.5897/AJB10.1621.
- Rangel, N. J. C.; Vázquez, R. M. F. y Rincón, C. M. C. 2014. Caracterización biológica y molecular de cepas exóticas de baculovirus SfNPV, con actividad bioinsecticida hacia una población mexicana del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Interciencia. 39(5):320-326.
- Rauer, D. C. A.; Auld, D. and Rodrigues, D. M. A. 2012. Development of bioassay to quantify the ricin toxin content of castor bean (*Ricinus communis* L.) seeds. Acta Sci. Agron. 34(4):397-402.
- Rodríguez-Flores, E.; Aldana, L. L. L.; Valdés, E. M. E.; Salinas, S. D. O. y Gutiérrez, O. M. 2012. Actividad de fitoextractos en *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: noctuidae). Entomol. Mex. 11(1):158-162.
- Rodríguez-Palma, E.; Aragón-García, A.; Aragón-Sánchez, M.; Pérez-Torres, B. C. y López-Olguín, J. F. 2017. Efectos del extracto vegetal de higuera (*Ricinus communis* L. 1753). Sobre las larvas del depredador natural *Chrysoperla Carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae). Entomol. Mex. 4:73-78.
- Rojas, R. A. 2021. Diagnóstico y efecto de extractos vegetales sobre insectos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays*) en Cuautinchán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 50 p.
- Ruíz-Torres, N. A.; Rincón-Sánchez, F.; Bautista-Morales, V. M.; Martínez-Reyna, J. M.; Burciaga-Dávila H. C. y Olvera-Esquivel, M. 2012. Calidad fisiológica de semilla en dos poblaciones de maíz criollo mejorado. Agraria. 9(2):43-48.
- SAGARPA. 2017. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <https://www.gob.mx/agricultura>.
- Salvadores, U. Y.; Silva, G. A.; Tapia, V. M. y Hepp, G. R. 2007. Polvos de especias aromáticas para el control de gorgojo del maíz, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, en trigo almacenado. Agric. Téc. 67(2):147-154. Doi.org/10.4067/S0365-28072007000200004.
- Santos, L. M.; Redaelli, R. L.; Diefenbach, G. L. and Efrom, C. F. 2003. Larval and pupal stages of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: noctuidae) and sweet and field corn genotypes. Braz. J. Biol. 63(4):627-633.
- Sharma, S.; Chandra, M. S. and Kohili, D. V. 2010. Pharmacological screening effect of ethanolic and methanolic extract of fruits of medicinally leaves. Digest J. Nanomat. Bio. 5(1):229-232.
- Tulli, M. C.; Vincini, A. M.; Pascucci, J. I.; Carmona, D. M. y Baquero, V. G. 2015. Bioecología de *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de maíz dulce con diferente manejo de hábitat. Entomotropica. 31(3):23-35.
- Upasani, S. M.; Kotkar, H. M.; Mendki, P. S. and Maheshwari, V. L. 2003. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. Pest Manag. Sci. 59(12):1349-1354. Doi: 10.1002/ps.767.
- Vázquez, J. M. A.; Aragón, G. A.; Bibbins, M. M. D.; Hernández, C. D.; Nava, G. S. B. y Pérez, T. B. C. 2016. Control de *Sphenarium purpurascens* con *Beauveria bassiana* y extractos vegetales en amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7(2):235-247.

- Vázquez-Flota, F.; Rubio-Piña, J.; Xool-Tamayo, J.; Vergara-Olivares, M.; Tamaño-Ordoñez, Y.; Monforte-González, M.; Guízar-González, C. y Mirón-López, G. 2018. Distribución tisular de transcritos involucrados en la biosíntesis de alcaloides bencilisoquinólicos en plantas maduras de *Argemone mexicana* L. (Papaveraceae). *Rev. Fitot. Mex.* 41(1):13-21. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.13-21>.
- Vetal, D. S. and Pardeshi, A. B. 2019. Larvicidal potential of *Argemone mexicana* L. Plant extracts against *Spodoptera litura* Fab. *The Pharma Innov. J.* 8(6):698-702.
- Vincent, C.; Hallman, G.; Panneton, B. and Fleurat, L. F. 2003. Management of agricultural insects with physical control methods. *Annual Rev. Entomol.* 48:261-81. Doi: 10.1146/annurev.ento.48.091801.112639.
- Wise, J. C.; Gut, L. J.; Isaacs, R.; Schilder, A. M. C.; Zandstra, C.; Hanson, E. and Shane, B. 2002. Fruit management guide. East Lansing, Michigan, USA: MSU. Extension Publication. E-54.