



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS
CENTRO DE AGROECOLOGÍA

Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas

Manejo agroecológico de *Macrodactylus nigripes* en cultivo de maíz
(*Zea mays* L.) y su aprovechamiento como suplemento alimenticio de
aves de corral, en Huejotzingo, Puebla.

TESIS

Para obtener el grado de
Maestra en Manejo Sostenible de Agroecosistemas

Presenta

BIÓL. KARLA PAULINA ORTIZ GARCÍA

Dirección de tesis

Dra. Betzabeth Cecilia Pérez Torres

Puebla, Pue.

Septiembre, 2018

ÍNDICE

| | Pag. |
|--|------|
| I. RESUMEN | 1 |
| II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| III. INTRODUCCIÓN | 7 |
| IV. ANTECEDENTES | 10 |
| 4.1 Importancia del maíz | 10 |
| 4.2 Importancia de las plagas en el cultivo de maíz | 10 |
| 4.3 Utilización de extractos vegetales en el manejo de plagas | 11 |
| 4.4 Control biológico de plagas | 12 |
| 4.5 Aprovechamiento de los insectos como fuentes de proteína en la alimentación avícola | 14 |
| V. MARCO TEÓRICO | 17 |
| 5.1 Morfología y clasificación taxonómica del maíz | 17 |
| 5. 1. 1 Clasificación taxonómica del maíz (<i>Zea mays</i> L.) de acuerdo a la OECD | 17 |
| 5. 2 Plagas del maíz | 18 |
| 5. 3 Morfología y clasificación taxonómica de <i>Macrodactylus nigripes</i> | 19 |
| 5. 3. 1 Clasificación taxonómica de <i>Macrodactylus nigripes</i> de acuerdo con Endrodi, 1966 | 20 |
| 5. 3. 2 Biología y hábitos | 20 |
| 5. 3. 3 Métodos de control | 21 |
| VI. JUSTIFICACIÓN | 27 |
| VII. OBJETIVOS | 28 |
| 6. 1 Objetivo general | 28 |
| 6. 2 Objetivos particulares | 28 |
| VIII. HIPÓTESIS | 28 |
| IX. ZONA DE ESTUDIO | 29 |
| 9.1 Localización | 29 |
| 9.2 Hidrografía | 29 |
| 9.3 Clima | 29 |
| X. METODOLOGÍA | 30 |
| 10.1 Zona de estudio | 30 |
| 10.2 Preparación de extractos vegetales | 32 |
| 10.3 Preparación de hongos entomopatógenos | 33 |
| 10.4 Aplicación de los tratamientos | 34 |
| 10.5 Colecta manual | 35 |
| 10.6 Evaluación de <i>Macrodactylus nigripes</i> como alternativa en la alimentación de aves de corral. | 35 |
| 10. 7 Evaluación de toxicidad y proteína verdadera de la harina de <i>Macrodactylus</i> . | 37 |
| 10.8 Análisis estadístico | 37 |
| 10.8.1 Análisis de ANOVA de una vía para los tratamientos aplicados en la parcela de estudio | 37 |
| 10.8.2 Análisis bifactorial para evaluar el efecto de <i>M. nigripes</i> en la dieta de aves de corral <i>Gallus gallus domesticus</i> | 37 |

| | | |
|-------|--|----|
| XI. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 39 |
| | 11.1 Efecto de los tratamientos aplicados en la abundancia de <i>Macrodactylus nigripes</i> | 39 |
| | 11. 2 Producción de maíz por parcelas | 41 |
| | 11. 3 Efecto de <i>Macrodactylus nigripes</i> en la dieta de <i>Gallus gallus domesticus</i> | 44 |
| | 11. 4 Análisis toxicológico de <i>M. nigripes</i> , <i>M. mexicanus</i> y <i>M. ocreatus</i> . | 46 |
| XII. | CONCLUSIÓN | 47 |
| XIII. | LITERATURA CITADA | 48 |

I. RESUMEN

El “frailecillo” *Macrodactylus nigripes* es una plaga de gran importancia económica para el cultivo de maíz en la zona centro del país, cuyo control consiste principalmente en el uso de insecticidas químicos que causan serios daños al ambiente y a la salud de los productores. Con la finalidad de encontrar alternativas agroecológicas para su manejo, se evaluó el efecto de la aplicación de extractos vegetales (*Argemone mexicana* y *Ricinus communis*), hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana* y *Metharrizium anisoplae*) y colecta manual de *M. nigripes*, para su aprovechamiento en la alimentación de aves de corral, sobre las variables de grado de infestación y producción del cultivo. Durante los meses de julio y agosto se evaluó el efecto de la aplicación de los tratamientos a base de extractos vegetales, hongos entomopatógenos y colecta manual sobre las variables evaluadas en una parcela agrícola de maíz ubicada en el municipio de Huejotzingo, Puebla, bajo un diseño de bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

A su vez durante los meses de junio a septiembre se evaluó el efecto de *M. nigripes* en la alimentación de pollas de cuatro a ocho semanas de edad sobre las variables de peso y talla, bajo un diseño en bloques al azar con tres tratamientos y ocho repeticiones. Cada tratamiento consistió en una dieta diferente quedando compuestos de la siguiente manera: testigo = 100% de alimento balanceado, tratamiento 2 = 50% de alimento balanceado + 50% de *M. nigripes*, tratamiento 3 = 30% alimento balanceado + 70% de *M. nigripes*. Además de realizarse un análisis toxicológico de metales pesados para las tres especies más abundantes del género *Macrodactylus* en el estado de Puebla: *M. nigripes*, *M. mexicanus* y *M. ocreatus* con la finalidad de descartar cualquier posible efecto tóxico en su utilización y calcular el porcentaje de proteína verdadera presente en la harina de *M. nigripes* para poder realizar un balance de dieta mediante el método cuadrado de Pearson.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) en la aplicación de extractos vegetales, hongos entomopatógenos y colecta manual indican que existe un efecto

positivo en la aplicación de los tratamientos con respecto al testigo sobre la disminución de infestación de *M. nigripes* y el aumento en la producción. De los cuales *R. communis* fue el tratamiento que presento el mejor efecto en la disminución de *M. nigripes* con un porcentaje del 56% y un aumento en la producción del 36%.

Los resultados del análisis bifactorial para evaluar el efecto de *M. nigripes* en la dieta pollas de 4 a 8 semanas indican que no existe un efecto en aumento de peso y talla de pollas alimentadas con *M. nigripes* con respecto a las que fueron alimentadas solo con alimento balanceado, sin embargo, tampoco se observó ninguna disminución en el peso y talla por lo que se infiere que las dietas que contenían harina de *M. nigripes* cumplían con el mismo aporte nutritivo que la dieta de alimento balanceado, siendo el porcentaje de proteína verdadera para *M. nigripes* del 42.88%. Esto indica que *M. nigripes* si podría considerarse como una alternativa en la alimentación de aves de corral, además de que el análisis toxicológico mostro que no existe la presencia de metales pesados como plomo y mercurio en ninguna de las tres especies colectadas del género *Macroductylus* que pudiera afectar su utilización en la alimentación de las aves.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde sus orígenes la agricultura surgió como una alternativa del ser humano para la domesticación de cultivos que le permitió un aumento en la producción de alimentos y mejoras en su calidad de vida (Moro, 2005). De ahí la importancia de que su objetivo principal se encuentre orientado a lograr mejores rendimientos y una producción de alimentos de mayor calidad (Trumper, 2014).

El mismo autor menciona que, estas características se pueden ver afectadas por una gran diversidad de factores entre los cuales se encuentran el ataque de diversos microorganismos considerados como plagas. Actualmente se sabe que el 40% de las pérdidas en la producción de los cultivos se atribuye al ataque de algún tipo de organismo fitófago. Esto ha motivado la búsqueda y generación de herramientas, estrategias o tecnologías que nos permitan hacer frente a este tipo de adversidades biológicas (Trumper, 2014; Cisneros, 2017).

El control químico a base del uso de plaguicidas es uno de los métodos más empleados en la actualidad para el control de plagas. Los plaguicidas se pueden definir como sustancias o mezcla de sustancias químicas que se usan de manera intensiva para el control de plagas agrícolas o insectos que puedan afectar el almacenamiento, transporte, producción y comercialización de alimentos. A mediados del siglo pasado cuando se comenzaron a utilizar los primeros plaguicidas no eran visibles e imaginables las posibles consecuencias o repercusiones que su uso pudiera causar, sin embargo, las consecuencias ecológicas y de salud por el uso de este tipo de compuestos son una de las principales preocupaciones a nivel mundial en la actualidad (Devine *et al.*, 2008).

Una de las principales problemáticas ambientales relacionadas con el uso de plaguicidas es que tienen como objetivo principal la muerte del insecto, pero no presentan especificidad solo sobre los insectos plaga, si no que de igual manera tienen un efecto letal sobre organismos que no son su objetivo como, recicladores de nutrientes del suelo, polinizadores y depredadores de plagas (García-Gutiérrez *et al.*, 2012). Además de que muchos de estos compuestos tienen la capacidad de persistir por largo tiempo en el ambiente pasando por diversas transformaciones a nivel físico,

químico y biológico, como son fenómenos de adsorción sobre suelos y plantas, volatilización, fotólisis y degradación química, pudiendo llegar a ser arrastrados por las corrientes de aire y agua dando como resultado la contaminación de diversos ambientes (López-Geta *et al.*, 1992).

Tomando en cuenta este último punto se sabe que muchos de estos compuestos son altamente tóxicos no solo para los microorganismos que se encuentran presentes en el agroecosistema sino también para las personas que los manipulan o se encuentran en contacto con ellos ya sea de manera directa o indirecta (López-Geta *et al.*, 1992). De acuerdo con lo reportado por la Organización mundial de la salud, se calcula que anualmente mueren alrededor de 20 000 personas como consecuencia a la exposición de insecticidas de las cuales el 99% de los casos ocurre en países en desarrollo donde no existe una regulación sobre el manejo y uso de estos tóxicos (WHO, 1990).

Tan solo en México se estima que existen alrededor de 900 plaguicidas de los cuales 260 marcas se encuentran registradas, pero 24 están prohibidas y 13 restringidas debido a su alta toxicidad y el riesgo que representan para la salud y el ambiente. A pesar de esto muchas de estas marcas siguen siendo comercializadas y utilizadas para el control de plagas en diversos cultivos (Devine *et al.* 2008; García-Gutiérrez, 2012).

En México el maíz es uno de los cultivos de mayor extensión representando el 30% de la producción agrícola y 6.6% de las tierras cultivables del país. Sin embargo, una de las principales problemáticas que limitan su rendimiento y productividad es el ataque de insectos plaga (USDA-FAS, 2013; SAGARPA, 2013). Debido a esto se estima que anualmente se aplican alrededor de 3 000 toneladas de insecticidas para el control de insectos fitófagos, esto lo convierte en uno de los cultivos con mayor volumen de insecticidas aplicados (Blanco *et al.*, 2014).

Esto genera una problemática importante debido a que al ser uno de los cultivos de mayor extensión y consumo una gran parte del sector poblacional se encuentra en contacto directo e indirecto con los plaguicidas que son aplicados al cultivo repercutiendo en su salud y calidad de vida. Además de representar una fuente

importante de contaminación ambiental (Devine *et al.* 2008; USDA-FAS, 2013; Blanco *et al.*, 2014).

Bajo este escenario la agroecología juega un papel importante pues nos permite entender la naturaleza de los sistemas agrícolas viéndolos no solo como sistemas de producción sino como ecosistemas dentro de los cuales se encuentran factores bióticos (organismos vivos que interactúan con el ambiente) y abióticos (componentes físicos y químicos del ambiente), que al interactuar forman entre sí una compleja red de interacciones que fluctúan bajo un ámbito geográfico establecido a través del tiempo determinando su dinámica y funcionamiento, a los cuales podemos denominar agroecosistemas. Desde este enfoque las plagas son vistas como el resultado a las perturbaciones de las condiciones físicas y biológicas del agroecosistema que regulan sus poblaciones (Altieri y Nicholls, 2000; Gliessman, 2002).

Así pues, el manejo agroecológico de plagas no busca alternativas para la exterminación de los insectos, si no estrategias que permitan regular sus poblaciones a un nivel tal que estas no produzcan daños significativos, utilizando métodos que además de promover el equilibrio ecológico, estén enfocados a las necesidades de los agricultores y puedan ser accesibles y económicamente viables para ellos (Gliessman, 2002; Bahena, 2003). Por lo cual al abordar la problemática del uso de plaguicidas desde el punto de vista agroecológico es de suma importancia, así como buscar y evaluar diferentes alternativas agroecológicas para el control de plagas como son, el uso de extractos vegetales y hongos entomopatógenos que representen una alternativa de manejo eficaz, accesible y económica para los productores.

Por otra parte, el aprovechamiento de insectos plaga como una fuente proteína en la alimentación de aves de corral, es una alternativa de manejo que nos permite reducir la población del insecto y mismo tiempo aprovecharlo como un recurso del agroecosistema. Las aves de corral desempeñan un papel muy importante en la seguridad alimentaria de muchos países en desarrollo, además de ser una de las principales fuentes de ingresos para muchas familias que viven en zonas rurales y de extrema pobreza (Farrell, 2013).

Actualmente el crecimiento constante de la población humana ha provocado que la demanda por ciertos alimentos como la carne y huevos de aves de corral aumente significativamente. Tan solo en el 2016 en México se estima que el consumo de carne de pollo *per capita* fue de 32 kilogramos al año, lo cual representa la suma del consumo anual *per capita* de carne de cerdo y bovino, mientras que en el huevo se registró un consumo *per capita* de 23.5 kilogramos al año (Ravindran, 2013; FIRA, 2016). Este crecimiento en el consumo y producción avícola tiene un gran efecto en la demanda de fuentes de alimento y materia prima con mayores cantidades de proteína que cubran los requerimientos necesarios de aminoácidos en el desarrollo del plumaje, el crecimiento y la producción de huevo (Hossain y Blair, 2007; Ravindran, 2013).

Sin embargo, a pesar de que los sistemas de producción avícola se caracterizan por ser menos costosos en comparación con otros sistemas de producción animal, debido a que no utilizan tantos insumos y mano de obra (Aquino *et al.*, 2003). La alimentación de las aves representa uno de los principales costos de producción, por lo que encontrar, alimentos de bajo precio y que además cumplan con los requerimientos proteicos necesarios en la nutrición de las aves es fundamental para lograr que la industria avícola pueda seguir siendo competitiva y sostenible (Hossain y Blair, 2007).

III. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos agrícolas de mayor importancia en México desde el punto de vista alimenticio, industrial, político, económico y social (Ruíz-Torres *et al.*, 2012).

En el país se han identificado 64 razas de maíz, de las cuales 59 pueden considerarse como nativas representando el 29% (Sánchez *et al.*, 2000) de un total de 220 razas descritas en América Latina (Goodman y Bird, 1977), por lo cual, México se considera como centro de origen y diversificación de maíz (Rocandio *et al.*, 2014). Siendo una de las principales gramíneas cultivadas a nivel nacional, con una extensión de alrededor de ocho millones de hectáreas (Eakin *et al.*, 2014).

La mayor parte de la producción cultivada en el país se destina para el autoconsumo humano, donde destaca su alto valor nutrimental con una composición proteica del 10% (Paredes, 2009; Serratos, 2009), sin embargo, desde el punto de vista industrial se le puede dar un aprovechamiento como forraje y materia prima para la producción de alimentos procesados (Serratos, 2009).

Los escarabajos pertenecientes al género *Macrodactylus* comúnmente conocidos como “frailecillos”, “taches” o “escarabajos de las rosas” son de gran importancia agrícola para diversos cultivos, entre los que destaca el maíz. De las 27 especies presentes en el país, la mayor parte son consideradas como especies plaga, debido a los hábitos rizófagos de sus larvas y a que los adultos se alimentan del follaje, flores y brotes tiernos de las plantas (Arce-Pérez y Morón, 2000).

Los adultos suelen emerger con las primeras lluvias y después se mantienen activos durante los meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, este periodo de emergencia coincide con la floración del cultivo del maíz del cual se alimentan, interfiriendo con su fecundación y por consiguiente con la formación del grano en la mazorca (Hernández-Vázquez *et al.*, 1993).

Su control se basa principalmente en el uso de insecticidas químicos de amplio espectro como carbamatos y organofosfatos, que actúan a través del contacto y la ingestión, causando la caída y muerte rápida de los insectos (Williams, 1979; Wise *et*

al., 2002). Sin embargo, el mal uso y abuso de estos, ha traído consecuencias como la resistencia de los insectos a este tipo de compuestos, eliminación de enemigos naturales y la contaminación del ambiente, que lejos de solucionar el problema lo han incrementado, influyendo en la incidencia de nuevas plagas que han surgido como consecuencia de las nuevas tecnologías utilizadas en la agricultura (Vázquez-Moreno, 2005).

El aprovechamiento de todos los elementos del agroecosistema, para control poblacional de una plaga no solo representa el uso de plantas o enemigos naturales que nos ayuden a disminuir su densidad, sino que también, significa el aprovechamiento de la misma plaga. Actualmente el crecimiento de la avicultura ha obligado a la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas en la alimentación de las aves que sean mucho más económicas en comparación a las que se encuentran actualmente en el mercado y que a su vez cumplan en su mayor parte con todos requerimientos de proteína necesarios para la producción de carne y huevo (Hossain y Blair, 2007; Ravindran, 2013).

Los insectos durante muchos años han sido considerados como una importante fuente de proteína, no solo en la alimentación animal, sino también en la humana. Debido a que su masa corporal se encuentra compuesta entre un 60 % a 70 % de proteína, en la mayor parte de todos sus estados de desarrollo (Arango-Gutiérrez, 2005; Makkar *et al.*, 2014; Bovera *et al.*, 2015). En comparación con otras fuentes de alimento de origen vegetal y animal, presentan altas cantidades de algunos aminoácidos esenciales necesarios en la alimentación de las aves, como lisina y treonina, los cuales cumplen un papel importante en la deposición de carne (DeFoliart, 1988).

Durante años las aves se han alimentado de una gran variedad de insectos de forma natural en los agroecosistemas, por lo que su procesamiento para la alimentación de aves de corral no requiere un procedimiento difícil ni costoso, lo cual permite que se conviertan en una alternativa económica de alimentación en la avicultura (González, 2015 Józefiak *et al.*, 2016).

En base a lo expuesto anteriormente el presente trabajo propone evaluar el efecto de diversas técnicas agroecológicas para el control de esta plaga, como el uso de extractos vegetales, utilización de hongos entomopatógenos y colecta manual de insectos, que representen alternativas ecológicas, saludables y económicamente viables para el productor. Además de evaluar el efecto de *M. nigripes* como una fuente de proteína alternativa en la alimentación de aves de corral que permita el aprovechamiento de esta plaga y represente un menor costo en comparación con otras fuentes de proteína.

IV.ANTECEDENTES

4.1 Importancia del maíz

El cultivo del maíz se considera como uno de los cultivos de mayor importancia económica para el estado de Puebla, que se ubica entre los ocho principales estados productores de maíz, con una demanda de producción de 1.08 millones de ton/año que representan 4.6% de la producción anual nacional (SIAP-SAGARPA, 2017).

García y Ramírez (2012), mencionan que en el estado de Puebla se calculan alrededor de 994 mil ha dedicadas a la agricultura, de las cuales el 60.1% se utilizan para la siembra de maíz.

Entre sus cualidades se encuentra, su amplia variabilidad de formas de consumo que van desde su consumo en forma de grano, tortillas, tamales, bollos, tostadas, pasteles y una gran infinidad de guisados, convirtiéndose en el ingrediente principal de la dieta diaria de los mexicanos (Sánchez, 2014).

4.2 Importancia de las plagas en el cultivo de maíz

López-Olguín *et al.*, (1994) menciona que uno de los factores que en gran parte contribuye a la disminución de los rendimientos de producción del cultivo para la región es el ataque de insectos plaga.

Caselín-Castro *et al.*, (2003), reportan que el ataque de *M. nigripes* a cultivos de maíz, genera pérdidas económicas importantes para los productores, asociadas a la alta densidad y voracidad de la plaga que puede disminuir de 20% a 70% los rendimientos de producción.

La utilización de métodos naturales o ecológicos para el control de plagas juega un papel importante que nos permite la obtención de buenos rendimientos bajo un manejo de agricultura sustentable (Vázquez-Moreno, 2005). Desde el punto vista agroecológico el manejo de plagas incluye un conjunto de técnicas de tipo cultural o biológicas que puedan minimizar uso de plaguicidas químicos (Arauz, 1997).

4.3 Utilización de extractos vegetales en el manejo de plagas

Aunque el uso de plantas como insecticidas naturales en la agricultura es una práctica muy antigua. Actualmente la necesidad de buscar alternativas para el control de plagas, que resulten menos dañinas para el ambiente, ha estimulado y aumentado el interés de investigar sobre la presencia de metabolitos secundarios con propiedades insecticidas en diversas plantas (Pungitore *et al.*, 2005). Tales como alcaloides, esteroides, fenoles, flavonoides, glicósidos, glucosinolatos, quinonas, taninos y terpenoides (Valencia, 1995) en donde la mayoría de ellos actúan como insecticidas de origen vegetal. Estos compuestos pueden causar la muerte inmediata del insecto o alterar su desarrollo, inhibir su alimentación y producir trastornos en el comportamiento, que de manera indirecta afectan la supervivencia del insecto (Camps, 1998).

Brechelt (2004), menciona que el uso de extractos naturales como alternativa de reemplazo para uso de insecticidas químicos, es una alternativa viable para el manejo agroecológico, ya que son de bajo costo, están al alcance del agricultor y debido a su baja toxicidad no presentan un efecto residual prolongado.

Silva *et al.* (2002) menciona que el uso de extractos y plantas pulverizadas obtenidos del mismo agroecosistema, son una opción de gran utilidad para agricultores de escasos recursos.

López-Olguín *et al.*, (2001), mencionan que algunas de las desventajas que presentan el uso de extractos vegetales son su baja toxicidad y residualidad, su preparación laboriosa y su difícil implementación en grandes extensiones de cultivo.

Aragón *et al.*, (2002a), evaluaron el efecto de siete extractos vegetales para el control de plagas del follaje de amaranto en el Municipio de Tehuacán, Puebla, obteniendo como resultado una mayor producción con la utilización del extracto de *Croton ciliatoglanduliferus*.

Upasani *et al.*, (2003), registraron una alta actividad insecticida en extractos acuosos obtenidos a partir *Ricinus communis*, sobre la plaga de *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae), de estos mismos extractos se aislaron varios flavonoides que

mostraron un alto potencial insecticida, ovicida y disuasor de la ovoposición en esta plaga.

Ramos-López *et al.*, (2011), mencionan que las semillas de higuera (*R. communis*), presentan una mayor actividad insecticida en comparación con otras partes de la planta como las hojas.

Arenas (1984) menciona que *Argemone mexicana* presenta una ligera toxicidad sobre algunos insectos plaga como *Periplaneta americana*, *Spodoptera frugiperda* y *Sitophilus oryzae*.

Pérez-Torres *et al.*, (2014) mencionan que el extracto de chicalote alternado con aplicaciones de jabón neutro es una buena alternativa de control de insectos fitófagos en cultivo de amaranto como *Amauromyza abnormalis*, *Atta mexicana*, *Diabrotica balteata*, *Disonycha melanocephala*, *Epicauta* sp., *Epicauta cinerea*, *Herpetogramma bipunctalis*, *Hypolixus truncatulus*, *Lygus lineolaris*, *Macrosiphum* sp., *Melanoplus* sp., *Pholisora catullus*, *Spodoptera exigua* y *Sphenarium purpurascens*, entre otros, permitiendo bajar la infestación e incrementar la producción del cultivo hasta un 53%.

Valdés-Estrada *et al.*, (2016), registraron que el extracto de chicalote presenta un efecto de mortalidad de entre un 43 a 53% en las larvas del picudo negro (*Scyphophorus acupunctatus*).

4. 4 Control biológico de Plagas

El control biológico se basa en la utilización de enemigos naturales, ya sea parásitos, depredadores o patógenos, para regular o suprimir el potencial reproductivo de cierto organismo (González y Rojas, 1966). En la agricultura es una herramienta de gran importancia para la regulación poblacional de ciertas plagas de insectos, ácaros y malas hierbas, de manera que el organismo perjudicial se mantenga en un nivel bajo de daño económico (Huerta-de-la-peña *et al.*, 2009).

Una de las alternativas para el control biológico de amplia aceptación en plagas de insectos fitófagos es el uso de hongos entomopatógenos, dentro de las ventajas que presenta es que es un método que tiende a ser permanente, puede ejercer efectos en

grandes extensiones y no deja residuos tóxicos sobre las plantas, ni contamina el ambiente (De Bach, 1964). Los hongos entomopatógenos poseen características muy especiales que les permiten sobrevivir en forma parasítica sobre los insectos y en forma saprofita sobre el material vegetal en descomposición. La mayor parte de los insectos fitófagos son susceptibles a las enfermedades causadas por estos hongos, lo cual los ha convertido en el principal agente causal de enfermedades y reguladores biológicos de insectos plaga (Alean, 2003, Badii y Abreu, 2006).

Beauveria bassiana y *Metarhizium anisopliae* son dos especies de hongos ampliamente utilizados en el control biológico de insectos fitopatógenos, debido a su gran rango de hospederos y distribución geográfica. Estos hongos ingresan al organismo del insecto por medio de la cutícula y algunas partes sensibles del cuerpo; una vez dentro el hongo se multiplica invadiendo órganos y tejidos causando su degradación progresiva y ciertos síntomas como inmovilidad, pérdida de apetito, coordinación y finalmente la muerte del insecto (Carballo *et al.*, 2004).

Alean (2003), menciona que *B. bassiana* puede atacar a más de 200 especies de insectos, incluyendo a plagas de gran importancia agrícola como, la broca del café, palomilla del repollo y el picudo del plátano.

Ramírez-Salinas y Castro-Ramírez (2006) obtuvieron un porcentaje de control del 43%, para poblaciones de larvas y adultos de diferentes especies rizófagas de escarabajos, mediante la aplicación de *B. bassiana*.

Sandino (2003), menciona que *M. anisopliae* ataca de forma natural a más de 300 especies de insectos pertenecientes a diferentes órdenes, principalmente Coleoptera y Hemiptera.

Hernández y Benz (2004) reportaron a *M. anisopliae* como enemigo natural de *Macrodactylus murinus*, en la Sierra de Manatlán, Jalisco; afectando a todos los estados de desarrollo del insecto, siendo los estados más jóvenes los que presentan mayor susceptibilidad al hongo.

Ayala (2006), reportó que *Metarhizium* presenta un grado de infección del 60.66% sobre *Macrodactylus* sp., mientras que *Beauveria* presenta un grado de infección del 57,93%.

4. 5 Aprovechamiento de los insectos como fuentes de proteína en la alimentación avícola.

Actualmente existen muchas fuentes de proteína vegetal disponibles en la alimentación avícola como son la soya, harina de colza, leguminosas y diferentes subproductos de cereales, no obstante, una de las principales problemáticas de la proteína vegetal es su deficiencia en aminoácidos esenciales en comparación con la proteína animal, principalmente lisina y metionina (Ravindran, 2013; Józefiak *et al.*, 2016;). La lisina y metionina son de importancia significativa durante el crecimiento y finalización de los pollos de engorde o postura, ya que intervienen en la deposición de carne en la pechuga, producción de huevos y crecimiento de las plumas (Acar *et al.*, 1993, Ravindran, 2013).

Fisher y Quisenberry (1971), demostró que además de la lisina y metionina existen otros aminoácidos limitantes en las harinas vegetales como la leucina, treonina e isoleucina que juegan un papel importante en el crecimiento óptimo de pollitos durante las primeras semanas de edad.

Debido a esta deficiencia muchas de las dietas a base de proteína vegetal no logran satisfacer por si solas las necesidades requeridas en la producción de huevo y carne, por lo que deben de ser complementadas con algún tipo de alimento balanceado, aminoácidos cristalinos o algunas fuentes de proteína animal (Ravindran, 2013).

Dentro de las fuentes de proteína animal las principalmente utilizadas en la alimentación de aves de corral son la harina de pescado con un 50 a 60% de proteína bruta y la harina de carne que contiene alrededor del 50% de proteína bruta y esta echa a partir de la trituración de ciertos tejidos de mamíferos, principalmente de huesos y tejidos asociados; como tendones, ligamentos, algunos músculos esqueléticos, tracto gastrointestinal, pulmones e hígado (Ravindran, 2013). Sin embargo, el recurso limitado de estas fuentes de proteína animal y su incremento de precio en los mercados en las últimas décadas han obligado a buscar otras alternativas de proteína animal que sean más accesibles y económicas (Józefiak *et al.*, 2016).

Los insectos se pueden considerar como una importante fuente de alimento, debido a su alto valor nutricional, ya que su masa corporal se encuentra compuesta entre un 60 y 70% por proteínas y las grasas polisaturadas que presentan son en su mayoría de fácil digestión, pudiéndose comparar con el valor nutricional de carnes como la de pollo, res o cerdo (Arango-Gutiérrez, 2005). Dependiendo del estado de vida en el que se encuentren, el contenido de proteína en los insectos va a ser variable, sin embargo, durante la mayor parte de su ciclo de vida presentan considerables cantidades de proteína que pueden ser aprovechables (Makkar *et al.*, 2014; Bovera *et al.*, 2015).

Cabe mencionar que, aunque la proteína de insectos presenta una baja concentración de ciertos aminoácidos esenciales como metionina y cisteína; suele presentar altas concentraciones de lisina y treonina en comparación con otras fuentes de alimento, en las que estos aminoácidos suelen ser deficientes como en el trigo, arroz y maíz (DeFoliart, 1988). Por ejemplo, en algunas especies de insectos como las larvas de la familia Saturniidae, se han reportado contenidos de lisina superiores a 100 mg / 100 g de CP (Bukkens, 2005).

Otro aspecto interesante de los insectos como fuente de alimento es su alto contenido de péptidos antimicrobianos, aunque no se ha estudiado a fondo el efecto de estos péptidos se puede especular que su inclusión en la dieta de aves de corral podría tener efectos benéficos sobre la salud y el bienestar de las aves (Józefiak *et al.*, 2016).

En los agroecosistemas muchos insectos sirven como una fuente natural del alimento para las aves de corral; donde se puede observar a las gallinas picoteando el suelo en busca de estos, lo cual indica que existe una adaptación evolutiva de los insectos como parte natural de su dieta (González, 2015 Józefiak *et al.*, 2016). A su vez, las aves de corral funcionan como un medio de control en las poblaciones ciertos insectos plaga que atacan a los cultivos, principalmente aquellos que llegan en forma de enjambre como es el caso de plagas de langostas y chapulines (Khusro *et al.*, 2012).

Arango-Gutiérrez (2005), menciona que las larvas de algunas moscas son empleadas comúnmente como una fuente de alimento para aves de corral, debido a su fácil producción, bajo costo y su alto valor proteico.

Sun *et al.* (2013), reportaron que existe una mayor calidad en la carne de aves de corral alimentadas con insectos ya que es baja en colesterol, presenta altas concentraciones de lípidos y fosfolípidos y un alto potencial oxidativo, en comparación con los que son alimentados de manera convencional con harina de soya y maíz.

Harinder *et al.* (2014), indican que diversos estudios en África han demostrado que una dieta basada en larvas de moscas vivas, aumentan la tasa de crecimiento, tamaño del huevo y peso, en pollos de engorda y gallinas ponedoras.

Metcalf y Flint (1965) citan al género *Macroductylus* como venenoso para el ganado y aves de corral, cuando lo consumen en grandes cantidades por la supuesta presencia de cantaridina en su cuerpo. Sin embargo, Aragón y colaboradores (2016), menciona que existe un efecto favorable en el peso y talla de gallinas ponedoras, bajo una dieta de alimento enriquecido a base de adultos de *M. nigripes*.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Morfología y clasificación taxonómica del maíz

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de la Poaceas (Gramíneas), y es la única especie perteneciente a la tribu de las Maydeas que se considera cultivable (Paliwal, 2009). Es una planta anual de elevado porte (60-180 cm de altura), frondosa, con hojas alternas, lanceoladas y acuminadas y un sistema radicular fibroso. Las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta forman la inflorescencia femenina (mazorca), que se encuentra cubierta por hojas. Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares, en hileras paralelas. La parte superior de la planta está compuesta por una espiga central con algunas ramificaciones laterales, donde se producen los granos de polen inflorescencia masculina (Paliwal, 2001; Tapia y Fries, 2007 y Kato, 2009)

Su sistema radicular está compuesto por una parte de raíces adventicias que constituyen cerca del 52% de la planta, y representa el mecanismo principal de adsorción y fijación de la planta, además de una parte nodular que representa el 48% de la masa total del sistema radicular (Paliwal, 2001).

5.1. 1 Clasificación taxonómica del maíz (*Zea mays* L.) de acuerdo con la OECD, 2003.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Maydeae

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays* L.

5. 2 Plagas del Maíz

Desde el punto de vista agrícola un organismo se puede considerar como especie plaga cuando genera una disminución en la calidad o rendimiento de los cultivos de tal manera que los daños sean económicamente inaceptables para el productor (Dent, 1993). El cultivo del maíz es atacado por una gran variedad de plagas, las cuales representan alrededor del 31% de pérdidas en la producción a nivel mundial (Valdez-Torres *et al.*, 2012).

De acuerdo con Cesavem (2016), con base en sus hábitos alimenticios, las plagas de maíz se pueden dividir en tres diferentes grupos:

Plagas del follaje: son aquellos insectos que se alimentan de las hojas o el tallo como, el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el gusano soldado *Spodoptera exigua*, gusano trozador *Agrotis ipsilon*, barrenador del tallo *Diatraea lineolata*, picudos *Geraeus senilis* y *Nicentrites testaceipes*, araña roja *Olygonychus mexicanus* y *Tetranychus* sp. y chapulines *Sphenarium* y *Melanoplus* sp.

Plagas de la mazorca: son aquellos insectos que atacan o dañan la mazorca e inflorescencias como, trips (*Frankliniella williamsi*), gusano elotero (*Helicoverpa zea*) y frailecillo (*Macrodactylus* spp.).

Plagas de la raíz: este grupo está compuesto principalmente de larvas de insectos que se alimentan del sistema radicular de las plantas como, gallina ciega (*Phyllophaga* spp., *Cyclocephala* spp., *Diplotaxis* spp., *Macrodactylus* spp. y *Paranomala* spp), gusano alfilerillo (*Diabrotica virgifera zea*), catarina de maíz (*Colaspis* sp.) y gusano de alambre (*Agriotes* sp.), cuyos daños más visibles son: muerte de las plántulas, ausencia de raíces, plantas raquíticas o amarillentas y acame.

García-Gutiérrez *et al.*, (2012), mencionan que de las plagas anteriormente mencionadas las de mayor importancia y que mayor daño causan son, el gusano cogollero *S. frugiperda*, gusano trozador *A. ipsilon*, gusano elotero *H. zea* y gusano soldado *S. exigua*.

Altieri y Trujillo (1987), citaron a el género *Macrodactylus* sp., como una de las plagas de mayor importancia en el cultivo de maíz para el estado de Tlaxcala, el cual puede causar severos daños al cultivo al alimentarse del follaje o flores recién formadas impidiendo la formación del grano.

5. 3 Morfología y clasificación taxonómica de *Macrodactylus nigripes*

Macrodactylus es el género más representativo de la tribu Macroductylini en Norte y Centroamérica, se distingue de otros géneros hermanos como *Isonichus* y *Ceraspis*, por su cuerpo ahusado, largo y esbelto, de 7.0 a 13 mm de largo por 2.0 a 4.5 mm de anchura humeral, con la presencia de largas y delgadas patas que dan nombre al género (Arce-Pérez, 2008) (Fig. 1).

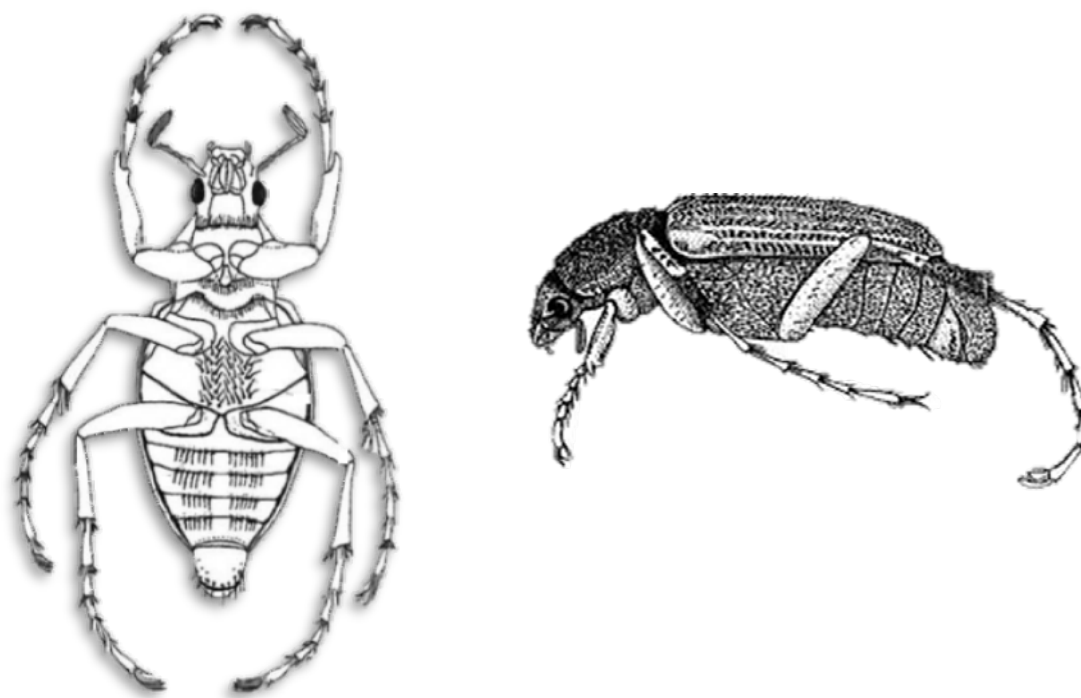


Figura 1. Vista ventral y lateral de *Macrodactylus* (Arce-Pérez, 2008).

Macrodactylus nigripes se caracteriza por presentar un cuerpo mediano, de 9 a 12 mm de longitud por 3 a 4 mm de anchura humeral, con una coloración corporal pardo-rojiza,

intensamente oscura o negra, cubiertos por una densa vestidura gris o amarilla pálido, los élitros, con ligeras estrías cubiertas por la vestidura; el pedúnculo antenal siempre presenta una coloración amarillo-rojiza. Parámetros ovales setosos, totalmente fusionados dorsobasalmente, márgenes exteriores ligeramente angulados, sus ápices lanceolados, con sus puntas ligeramente redondeadas o agudas (Arce-Pérez, 2008).

5. 3. 1 Clasificación taxonómica de *Macroductylus nigripes* de acuerdo con Endrodi, 1966.

Phyllum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Superfamilia: Scarabaeoidea

Familia: Melolonthidae

Subfamilia: Melolonthinae

Tribu: Macroductylini

Género: *Macroductylus*

Especie: *Macroductylus nigripes*

5. 3 .2 Biología y Hábitos

Su ciclo de vida se encuentra compuesto básicamente de un estado de huevo, tres estadios larvales, una prepupa, un estado de pupa y la etapa adulta (Ritcher, 1958; Morón *et al.*, 1997). (Fig. 2). Los adultos suelen emerger durante los meses de mayo, a noviembre, en ambientes húmedos o subhúmedos, situados entre los 1,000 y 2,500 m de altitud. Presentan una actividad diurna principalmente durante las horas más soleadas, en las que suelen posarse de forma agregada sobre sus hospederos para alimentarse y copular (Zarazúa, 2008).

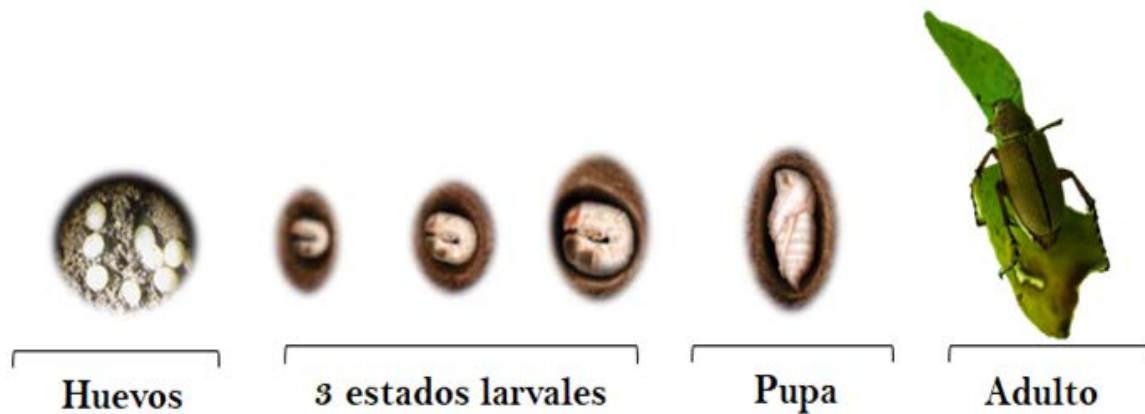


Figura 2. Estados que conforman el ciclo de vida de *M. nigripes*.

Algunos de sus huéspedes conocidos son: *Baccharis conferta* (hierba el carbonero), *Senecio salignus* (jarilla), *Z. mays* (maíz), *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Phaseolus coccineus* (ayocote), *Vicia fava* (haba), *Medicago sativa* (alfalfa), *Malus pumila* (manzano), *Pyrus cumunis* (pera), *Prunus pérsica* (durazno), *Rubus idaeus* (frambuesa), *Rubus adenotrichus* (zarzamora) y *Brassica oleraceae* (brócoli), (Arce-Pérez y Morón, 2000).

5. 3 .3 Métodos de control

Control químico: Consiste en la utilización de compuestos químicos (plaguicidas o pesticidas), con efectos biosidas, cuya finalidad es la destrucción o control de los insectos plaga (Cisneros, 1995).

Control biológico: Consiste en la utilización de enemigos naturales, ya sea parásitos, depredadores o agentes patógenos, que actúan como reguladores biológicos de las poblaciones de insectos plagas influyendo en su reducción o mitigación (Ayala, 2006).

Control cultural: Constituye el conjunto de prácticas de cultivo que pueden ser empleadas para desfavorecer el desarrollo de la plaga como: preparación del suelo, rotación de cultivos, eliminación de malezas y actividades sanitarias (Jiménez, 2009).

Control mecánico: Comprende una de las técnicas más antiguas para el control de plagas. Este método consiste en la remoción o destrucción de insectos plaga, por medio de diversas técnicas mecánicas como: colecta manual, trituración y exclusión de insectos (Jiménez, 2009).

5. 4 Morfología y clasificación taxonómica de *Gallus gallus domesticus*

Las gallinas domesticas tienen su origen del gallo bankiva (*Gallus gallus ssp.*), del cual se formaron cuatro grupos primarios para clasificar las razas y estirpes existentes en la actualidad: asiáticas, mediterráneas, inglesas, americanas y un subgrupo conformado por las razas de combate (Valencia-Llano, 2011).

Estas aves pertenecen al orden de las Galliformes que se caracterizan por ser especies, de tamaño mediano o grande, aspecto macizo, patas robustas aptas para andar y correr, además de presentar fuertes uñas para escarbar. Las alas son cortas y anchas, presentan un pico fuerte ligeramente curvado, con un opérculo que tapa parcialmente los orificios nasales mientras escarban. Frecuentemente tienen crestas y barbillas, y su plumaje está vivamente coloreado, especialmente en los machos (INTA - FAO, 2010).

El tamaño del cuerpo en los machos es aproximadamente el 25 % mayor que el de las hembras, al igual que la cresta, las barbas y las orejas. Los machos por lo general cacarean, dominan a las hembras y son más agresivos con otros machos. Algunas hembras presentan desarrollo de los espolones, cacarean y hasta pueden copular con otras hembras. Las hembras tienen plumas redondeadas en el cuello, espalda, silla y cola y en los machos las plumas del cuello, espalda, la silla y en la cola son agudas. (Guzmán, 2012).

En general machos y hembras poseen una piel con una epidermis fina pero impermeable que ayudada del revestimiento de plumas impide que la evaporación del agua del medio interno sea importante y evita la pérdida excesiva de calor permitiendo de esta manera que puedan regular su temperatura. Presentan un sistema óseo compuesto de huesos ligeros y resistentes con espacios vacíos en su interior (huesos neumáticos), que les permiten tener un cuerpo más ligero con capacidad para volar.

Algunos grupos de huesos de su esqueleto se han pegado para facilitar su desplazamiento por el aire durante el vuelo (SOCPA, 2007; INTA -FAO, 2010).

5. 4. 1 Clasificación taxonómica de *Gallus gallus domesticus* de acuerdo con Linneo, 1758.

Phyllum: Chordata

Clase: Aves

Orden: Galliformes

Familia: Phasianidae

Género: *Gallus*

Especie: *Gallus gallus*

Subespecie: *Gallus gallus domesticus*

5. 5 Características del sistema digestivo

En el sistema digestivo de las aves, los labios y dientes fueron reemplazados por un pico y un estomago muscular denominado molleja. El pico actúa como un órgano táctil pero su principal función es prensil, es decir sirve para agarrar o coleccionar alimentos, está formado por material óseo y es revestido por una vaina córnea. La molleja cumple la función de los dientes, en esta se depositan “piedritas” que comen las aves y cuya función es triturar los alimentos. La lengua sirve para la prensión, selección y deglución de los alimentos (SOCPA, 2007).

El buche se encarga de almacenar alimento para el remojo, humectación, maceración y regulación gástrica, presenta un pH ácido aproximadamente de 5, la duración del bolo alimenticio en el buche va a depender del tamaño de las partículas, la cantidad consumida y la cantidad de material presente en la molleja. El estómago se encuentra compuesto por dos cavidades: el estómago glandular o proventrículo, que contiene glándulas bien desarrolladas que segregan sustancias digestivas (ácido clorhídrico y pepsina); y el estómago muscular o molleja, que es el más grande y su forma es redondeada con lados aplanados (Cuca *et al.*, 1996; SPAF-MAGA, 2018).

El intestino delgado se encuentra compuesto por tres secciones, duodeno, yeyuno e íleon. De estas la primera sección se conecta con el páncreas, la reacción del contenido del duodeno es casi siempre ácida, por lo que posiblemente el jugo gástrico ejerce aquí la mayor parte de su acción (SPAF-MAGA, 2018).

El intestino grueso, a su vez, se encarga de absorber el agua y las sales del producto de la digestión y de la porción de orina que va en movimiento retrógrado en el conducto alimentario. Este se subdivide en tres porciones: dos ciegos (que se originan en la unión del intestino delgado y el recto extendiéndose hacia el hígado y están relacionados con la digestión de celulosa), colon-recto (realiza la absorción de agua y proteínas de los alimentos) y cloaca (encargada de secretar orina de los riñones, sustancias del conducto reproductivo y el producto de la digestión). Las glándulas anexas del aparato digestivo son: las glándulas salivales, el hígado y el páncreas (SPAF-MAGA,2018).

5. 6 Alimentación

El alimento es la materia prima de la cual depende que las aves de corral presenten un buen crecimiento, producción de carne, huevo y nuevas crías. Para que esta alimentación sea balanceada debe contener ciertos nutrientes de acuerdo con el tamaño y edad de las aves como: aminoácidos, energía, vitaminas, minerales y agua (Guzmán, 2012; Montoya *et al.*, 2007). Los alimentos que las aves consumen están formados principalmente por granos suplementados o complementados con fuentes de proteína de origen animal, marino y vegetal (Cuca, 1996).

5. 5. 1 Aminoácidos y proteínas

Los aminoácidos que conforman las proteínas en la alimentación de las aves se dividen principalmente en dos clases: proteína de origen animal y proteína de origen vegetal. Siendo considerada superior la de origen animal debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales (Cuca, 1996; Ravindran, 2013). Las proteínas en la alimentación de las aves permiten la formación de los músculos, tejidos del cuerpo, piel, sangre, plumas y huevos (CENTA-FAO, 1998).

Dentro de las principales fuentes de proteína de origen animal en la alimentación de aves de corral podemos encontrar la harina de pescado y harina de carne como materias primas disponibles en el mercado que presentan entre un 50% a 60% de proteína. En cuanto a los sistemas tradicionales de traspatio también podemos encontrar el aprovechamiento de insectos como larvas, gusanos y lombrices cuyos valores van desde el 50% al 90% de proteína (CENTA-FAO, 1998).

5. 5. 2 Energía

La energía que obtienen las aves en su dieta proviene de las grasas y carbohidratos de los alimentos que consumen los cuales son transformados por el animal en calor corporal trabajo y huevos, las dietas que contienen un bajo contenido de energía influyen en la producción de animales débiles y de crecimiento retardado (VSF, 2004). Dentro de las principales fuentes de carbohidratos utilizadas en la dieta de las aves se encuentra en el maíz, sorgo y algunos tubérculos como la yuca (Cuca, 1996).

5. 5. 3 Vitaminas

Las vitaminas son sustancias químicas que se encuentran en pequeñas cantidades en la dieta de las aves, pero son gran importancia. Sirven para que los alimentos sean bien aprovechados y el cuerpo funcione de la mejor forma, las deficiencias de vitaminas en la alimentación de las aves pueden producir trastornos graves y en algunos casos la muerte (VSF, 2004).

5. 5. 4 Minerales

Los minerales al igual que las vitaminas ayudan y complementan los otros nutrientes para que el cuerpo los aproveche. Existen minerales que son necesarios en cantidades relativamente grandes como son, el calcio, fósforo y sodio. El calcio y el fósforo son necesarios para el crecimiento y desarrollo normal del esqueleto, cuando existe deficiencia de estos minerales se produce un crecimiento retardado y raquitismo en pollos jóvenes. El calcio también es de gran importancia en la etapa de producción de huevo debido a que el 80% del cascarón está compuesto de calcio. Por otra parte, existen otros minerales cuyo requerimiento es mínimo, pero de gran importancia en la

dieta como son, el hierro, zinc, cobre, manganeso, yodo, cobalto, molibdeno y selenio (CENTA-FAO, 1998, Ravindran, 2013).

5. 5. 5 Agua

Este elemento cumple la función de permitir la digestión de los alimentos, la absorción de los nutrientes y el transporte de éstos a la sangre. Para que las aves puedan desarrollarse y producir normalmente deben tener una dieta con una cantidad de nutrientes que responda a las necesidades nutricionales (VSF, 2004).

VI. JUSTIFICACIÓN

Desde el origen de las más antiguas civilizaciones de América el cultivo del maíz ha sido uno de los componentes principales en la dieta alimenticia, en este sentido el maíz representa un factor de sobrevivencia importante para los campesinos e indígenas que habitan en la mayoría de los países del continente americano (Serratos, 2009).

Considerando que el género *Macroductylus* es una plaga importante para el follaje del cultivo, que puede afectar considerablemente los rendimientos de producción y generar costos adicionales por la aplicación de plaguicidas químicos, que a su vez representan un peligro para la salud e influyen en la pérdida de nutrientes, fertilidad de los suelos y contaminación de ambiente.

Ante ello es importante buscar alternativas de control para el manejo del género *Macroductylus*, que sean menos nocivas para el ambiente y cuyo objetivo principal no sea la eliminación de los insectos, sino una disminución en su densidad poblacional, y que además representen una alternativa económica y de fácil acceso y aplicación para el productor.

El considerar a estos insectos no solo como una plaga sino como una fuente de aprovechamiento en la alimentación de aves de corral resulta una alternativa económica no solo en el control poblacional de *M. nigripes* sino también en la alimentación y cría de las aves. La alimentación es uno de los factores de mayor importancia y costo en la avicultura, debido a que se requieren materias primas con alto contenido de proteína que puedan satisfacer las necesidades de las aves en cada etapa de su desarrollo, sin embargo, la mayor parte de estas materias primas tienen un alto precio en el mercado y no cumplen muchas veces por sí solas con todos los requerimientos necesarios para la nutrición de las aves. Por lo anteriormente mencionado es de gran importancia evaluar el efecto de *M. nigripes* en la dieta de aves de corral, pues se sabe que los insectos son una alta fuente de proteínas, vitaminas y minerales, además de representar una alternativa económica, como fuente de ingresos y de fácil acceso para el productor.

VII. OBJETIVOS

7. 1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de tres métodos alternativos para el manejo agroecológico de *Macrodactylus nigripes* en cultivo de maíz, y comprobar el efecto nutricional de esta especie en la alimentación de aves de corral (*Gallus gallus domesticus* L.) en la zona agrícola de Huejotzingo, Puebla.

7. 2 Objetivos particulares

- Evaluar el efecto de los extractos vegetales de *Argemone mexicana* y *Ricinus communis* sobre la población de *Macrodactylus*.
- Evaluar el efecto de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metharrizium anisoplae* sobre la población de *Macrodactylus*.
- Evaluar el efecto de la colecta manual sobre la población de *Macrodactylus*.
- Identificar cuál de los tratamientos aplicados presenta un mejor efecto en la disminución de la plaga de *Macrodactylus* en la zona agrícola del municipio de Huejotzingo.
- Evaluar el posible efecto nutricional de *Macrodactylus nigripes* en la alimentación de aves de corral (*Gallus gallus domesticus* L.).
- Realizar el análisis toxicológico de *M. nigripes*, *M. mexicanus* y *M. ocreatus* para descartar el efecto tóxico que pudieran presentar este género sobre la alimentación de aves de corral.

VIII. HIPÓTESIS

De la aplicación de los tratamientos a base de extractos naturales, hongos entomopatógenos y colecta manual, se espera que cuando menos uno de ellos resulte una alternativa para la reducción poblacional de *Macrodactylus nigripes*.

IX. ZONA DE ESTUDIO

9. 1 Localización

El presente trabajo se realizó en el municipio de Huejotzingo, que se localiza en la parte centro oeste del estado de Puebla, sus coordenadas geográficas son 19° 13' - 19° 06' de latitud norte y 98° 20'- 98° 39' de longitud oeste, con una altitud entre los 2180 y 5100 msnm. Colinda al norte con los municipios de San Salvador el Verde, San Felipe Teotlalcingo y Chautzingo; al sur con los municipios Domingo Arenas, San Nicolás de los Ranchos y Calpan; al este con los municipios de Tlatenango y Juan C. Bonilla; al oeste con el municipio de San Salvador el Verde y el Estado de México; al noroeste con el municipio de San Martín Texmelucan (INEGI, 2010). El trabajo experimental se desarrolló en una parcela de temporal ubicada con las siguientes coordenadas geográficas 19°10'30'' N y 98°24'36''O y una elevación de 2272msnm, que fue seleccionada en base a su representatividad con respecto a las demás parcelas de la zona de estudio, en donde se desarrollaron las labores agrícolas de preparación del suelo para el cultivo de maíz, las cuales consisten en barbecho, rastra y surcado.

9. 2 Hidrografía

El municipio de Huejotzingo pertenece a la parte occidental de la cuenca alta del Atoyac, una de las cuencas más importantes del estado, que tiene su nacimiento cerca del límite de los estados de México y Puebla. Sus ríos más importantes son: San Diego, Cuaxupila, Pipinahuac, Alseseca, Achipitzil, Tolimpa, Losa Cipreses, Actiopa y Xopanac, que en su recorrido dan lugar a barrancas y cañadas como La Manga, Xeniqui, Ocoxaltepec, Xacatiotlalpa, Hueyatitla, Tepetla, Coxocoaco, Apitzato y Hueacaclán (INAFED, 2010).

9. 3 Clima

En el municipio se pueden identificar tres tipos de clima: clima templado subhúmedo con lluvias en verano, el cual predomina sobre todo en la zona del Valle. Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, el cual se presenta en las faldas inferiores de la sierra, al poniente. Clima frío, que se identifica en las partes más altas del Volcán Iztaccíhuatl (INAFED, 2010).

X. METODOLOGÍA

10. 1 Zona de estudio

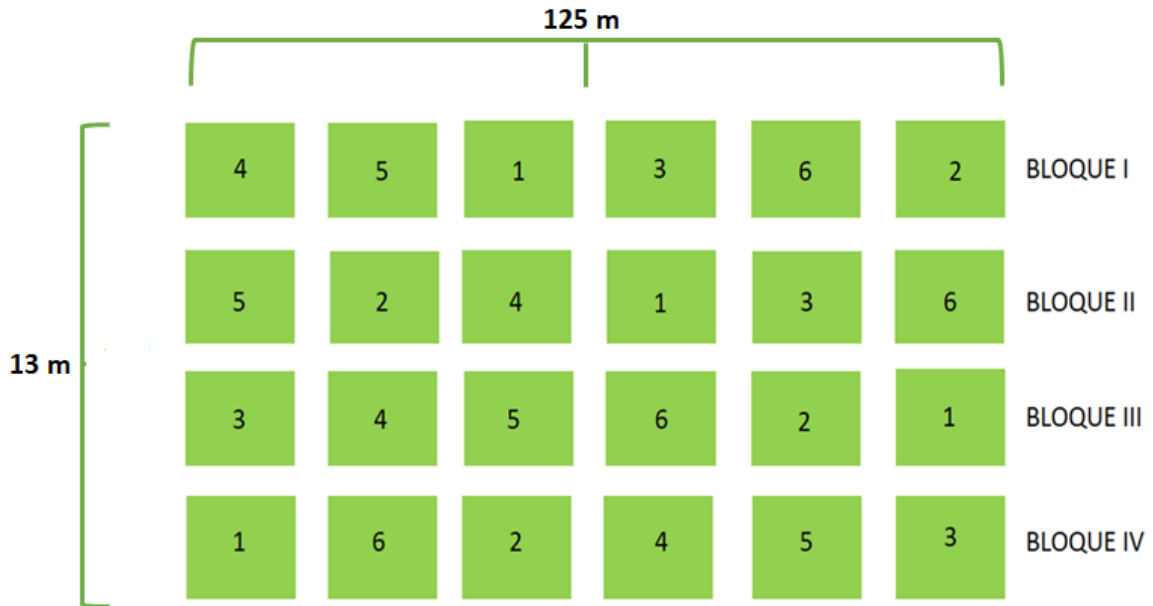
El presente trabajo se realizó en la zona agrícola del municipio de Huejotzingo donde se seleccionó una parcela de cultivo de maíz de 125 m de largo por 13 m de ancho, con una superficie total de 1625 m² (Fig.3).



Figura 3. Ubicación de la parcela de estudio en el municipio de Huejotzingo, Puebla. Mapa elaborado con base en imágenes satelitales disponibles en el programa Google Earth con las coordenadas obtenidas con GPS en el sitio de muestreo.

Para la realización del experimento se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por 24 plantas de maíz y ocho en la parcela útil, con una separación de 30 cm entre cada planta y de 70 cm entre cada surco. Para evitar el efecto de orilla durante el experimento cada tratamiento tuvo una distancia de 1.5 m entre si y 3 m de distancia en cada uno de los lados de la parcela, (Fig. 4).

Figura 4. Diagrama de la parcela de estudio donde se realizó el experimento para el control de *Macroductylus nigripes* en el municipio de Huejotzingo, Puebla.



Los tratamientos evaluados y su frecuencia de aplicación se muestran en el Cuadro 1. Se realizaron un total de ocho aplicaciones durante los meses de julio a agosto del 2017 y semanalmente se evaluó la variable de número de plantas infestadas por *Macroductylus* después de cada aplicación.

Cuadro 1. Tratamientos que se utilizaron para el control de *Macroductylus nigripes* en el cultivo de maíz, en el municipio de Huejotzingo.

| Tratamiento | Contenido | Frecuencia de aplicación |
|-------------|--|--------------------------|
| 1 | Testigo (Agua) | Semanal |
| 2 | <i>Beauveria bassiana</i> | Mensual |
| 3 | <i>Metarhizium anisopliae</i> | Mensual |
| 4 | Colecta Manual | Semanal |
| 5 | <i>Ricinus communis</i> alternado con Jabón | Semanal |
| 6 | <i>Argemone mexicana</i> alternado con Jabón | Semanal |

10. 2 Preparación de extractos vegetales

Para la obtención del material vegetal se utilizaron dos plantas presentes en el municipio de Huejotzingo, el chicalote (*A. mexicana*) e higuera (*R. communis*). En el caso de *A. mexicana* se utilizó el extracto botánico Entobiomex® (Polvo), hecho a base de diversas partes de la planta (follaje, flor, semillas) elaborado en el Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. En el caso de la higuera (*R. communis*) se colectó semillas maduras, en los alrededores de la zona de estudio mismas que se dejaron secar a la sombra durante 30 días volteándose regularmente para evitar la aparición de hongos, para posteriormente pulverizarse; el polvo obtenido fue etiquetado y empaquetado en bolsas de rafia para guardarse en un lugar fresco y seco hasta el día de su aplicación.



Figura 5. (A) Producto Entobiomex® y (B) planta de *Ricinus communis*, utilizados para la preparación de los extractos vegetales.

La preparación de los extractos se realizó un día antes de cada aplicación, para esto el material pulverizado se disolvió en agua durante 24 horas con la finalidad de extraer los compuestos hidrosolubles de la planta. La dosis utilizada fue al 3 %, es decir 30 g de material vegetal por litro de agua, posteriormente se filtraron con una malla de tela (manta) para separar los sólidos de los líquidos y se aplicaron con una mochila aspersora de 16 L. Estas aplicaciones fueron alternadas con jabón de pastilla (zote), previamente rallado y disuelto en agua, a una dosis de 100 g por 15 litros de agua, de forma que una semana se aplicaron los extractos vegetales y en la otra se aplicó el

jabón, realizando un total de seis aplicaciones tres de extracto vegetal y tres de jabón Pérez-Torres *et al.* (2014) (Fig. 6).



Fig. 6. Preparación de jabón en barra (zote), aplicado alternamente con los extractos vegetales.

10. 3 Preparación de hongos entomopatógenos

Los hongos entomopatógenos utilizados para este experimento *B. bassiana* y *M. anisopliae* (Fig.7) se consiguieron de manera comercial (Organic Vel), en Insumos Orgánicos de Puebla, el producto contenía una concentración de 1×10^{10} esporas por gramo del producto y una viabilidad de seis meses. Para la preparación de la suspensión de conidios de *B. bassiana* y *M. anisopliae* que se aplicó en los tratamientos se utilizó la dosis indicada en la etiqueta del producto (2 g de producto por litro de agua). Cada uno de los hongos se disolvió en agua y se dejó reposar durante un periodo de 12 horas antes de cada aplicación, posteriormente la suspensión se coló con una malla de manta con la finalidad de separar los conidios de los granos de arroz y se aplicó sobre el follaje de las plantas con una mochila aspersor de 16 L. Estas aplicaciones se realizaron cada 15 días, en cuatro ocasiones.

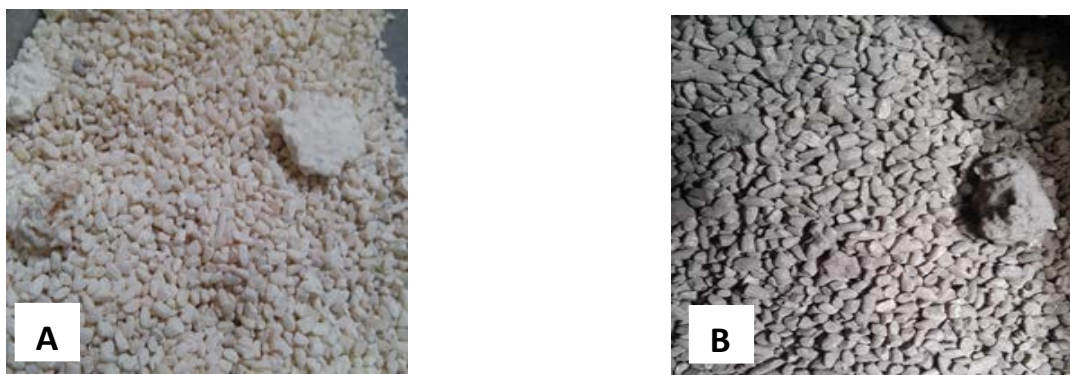


Figura 7. Hongos entomopatógenos aplicados en la parcela de maíz durante el experimento: (A) *B. bassiana* y (B) *M. anisopliae*, mezclados antes de la aplicación

10. 4 Aplicación de los tratamientos

Para la aplicación de los tratamientos se utilizó una mochila aspersor de 15 Litros de capacidad, la cual era perfectamente enjuagada con agua, antes de la aplicación de cada extracto, con la finalidad de eliminar cualquier tipo de residuo. Las aplicaciones se realizaron después de la toma de datos de interés, en la mañana de 8:00 a 9:00 hrs, cuando las condiciones ambientales eran más óptimas para la aplicación, momento en que la evaporación es muy baja (Fig. 8).



Figura 8. Aplicación de extractos vegetales y hongos entomopatógenos al cultivo.

Las variables evaluadas fueron el número de plantas infestadas que se cuantificó semanalmente antes de la aplicación de cada tratamiento, dando un total de seis evaluaciones, para ello se consideraron las 8 plantas de la parcela útil como el 100% y se contabilizó el número de plantas en las que se encontró la presencia de *M. nigripes* en cada uno de los tratamientos. Para la variable de producción 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 2610 g) obteniendo el peso en kilogramos por parcela útil para cada tratamiento; después, la producción se extrapoló a $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

10. 5 Colecta manual

La colecta de los insectos se realizó de forma manual semanalmente durante los meses de junio a septiembre. Los insectos colectados se tomaban del follaje de las plantas de maíz, en las unidades experimentales correspondientes y se colocaban en recipientes de plástico de 500 ml, para posteriormente ser preparados y utilizados en la alimentación de las aves de corral.

10. 6 Evaluación de *Macroductylus nigripes* como alternativa en la alimentación de aves de corral.

La realización de este experimento se llevó a cabo, entre los meses junio a septiembre del 2017, para ello se utilizaron 24 gallinas ponedoras de cuatro semanas de edad (pollas), que fueron separadas bajo un diseño en bloques al azar, se probaron tres tratamientos con ocho repeticiones (los tratamientos se presentan en la tabla 2), considerando una polla como unidad experimental, por lo que se colocaron las ocho pollas por tratamiento, en jaulas de 1 m de ancho x 1 m de largo y 150 cm de alto, cada una de las pollas fue marcada con un anillo de distinto color, el cual se colocó en una de sus patas para facilitar su identificación.

Las pollas fueron alimentadas dos veces por semana con escarabajos de *M. nigripes* y alimento comercial de crecimiento, marca “Tepexpan”, el cual presenta el siguiente análisis nutricional Proteína cruda, mínimo 21 %, Grasa cruda, mínimo 3.50 %, Fibra cruda, mínimo 4.00 %, Cenizas, máximo 6.00 %, Humedad máximo 12.00 % E.L.N., por

diferencia 53.50 %. El ensayo de alimentación se llevó a cabo durante un periodo de 8 semanas, de esta forma se evaluó el efecto de la dieta en la etapa de crecimiento. Durante el experimento la dosis alimenticia fue aumentando de acuerdo con el crecimiento de las pollas, como se muestra en el Cuadro 2. Las variables evaluadas fueron peso y talla, registradas semanalmente. La medición del peso se realizó con ayuda de una balanza analítica donde se colocó a la gallina para tomar el peso, mientras que para la talla se utilizó una cinta métrica con la cual se midió el contorno del dorso y remeras (Fig. 9).

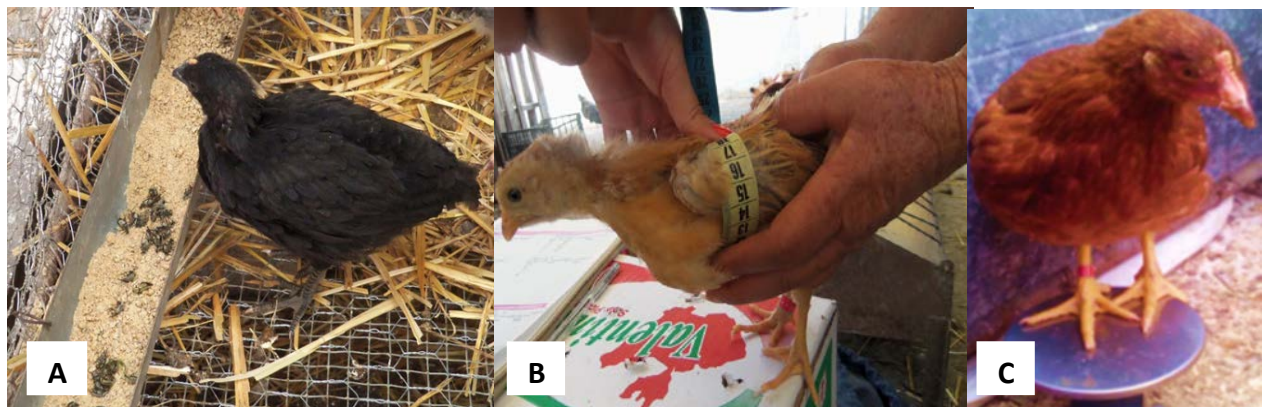


Figura 9. Alimentación de las pollas con *M. nigripes* y alimento comercial (A); toma de las variables evaluadas; (B) talla y (C) peso en pollas de cuatro semanas.

Cuadro 2. Tratamientos utilizados para evaluar a *Macroductylus nigripes* como una posible alternativa de suplemento alimenticio combinados con alimento comercial.

| Tratamientos | Contenido (4-5 semanas) | Contenido (6-8 semanas) |
|--------------|---|--|
| 1 | Testigo (50g de alimento comercial) | Testigo (150g de alimento comercial) |
| 2 | 25g de alimento comercial + 25g de <i>M. nigripes</i> | 75g de alimento comercial + 75g de <i>M. nigripes</i> |
| 3 | 15g de alimento comercial + 35g de <i>M. nigripes</i> | 25g de alimento comercial + 125g de <i>M. nigripes</i> |

10. 7 Evaluación de toxicidad y proteína verdadera de la harina de *Macroductylus*.

Para el análisis toxicológico, con la finalidad de descartar un efecto toxico en las tres especies más comunes de *Macroductylus* en el estado de Puebla, se colectaron ejemplares en campo de las especies, *M. nigripes*, *M. mexicanus* y *M. ocreatus*, y se sacrificaron en medio congelado durante 30 minutos y fueron secados a la sombra, sobre papel de estraza, en cajas de cartón completamente selladas durante un periodo de 20 días, para posteriormente convertirlos en harina. De cada harina (especie), se tomarón 100 g de muestra para enviarse al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) donde se realizaron los análisis toxicológicos para determinar la posible presencia de metales pesados (plomo y mercurio) y contenido de proteína verdadera, de la harina de cada especie.

10. 8 Análisis estadístico

10. 8 .1 Análisis de ANOVA de una vía para los tratamientos aplicados en la parcela de estudio.

Para el análisis de los datos de campo, se les realizó una prueba de normalidad aplicando un análisis de bondad de ajuste con la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*, posteriormente con la finalidad de evaluar el efecto de los tratamientos aplicados sobre la abundancia de *Macroductylus* se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguido de una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), mediante el programa estadístico R Commander.

10. 8 .2 Análisis bifactorial para evaluar el efecto de *M. nigripes* en la dieta de aves de corral.

Para el análisis de datos de crecimiento y desarrollo de las pollas, se utilizó un análisis bifactorial ($\alpha \leq 0.05$), con la finalidad de evaluar si existe un efecto significativo en las variables de peso y talla de *G. domesticus* a lo largo del tiempo que duro el experimento con respecto al tipo de alimentación. Antes de realizar el análisis bifactorial los datos obtenidos de este experimento fueron sometidos a una prueba de normalidad con el análisis de bondad de ajuste *Kolmogorov-Smirnov*.

Con los resultados obtenidos del análisis de proteína verdadera, mediante el método cuadrado de Pearson, se realizó el cálculo de la proporción ideal necesaria en la dieta de aves de cuatro semanas de edad. Este método nos ayuda a realizar el balance de los ingredientes en una dieta, de acuerdo a la cantidad de proteína que contiene cada uno de los ingredientes, a manera que no existan deficiencias, ni excedentes de proteína.

XI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

11.1 Efecto de los tratamientos aplicados en la abundancia de *Macrodactylus nigripes*

De los datos obtenidos, el resultado de la ANOVA sugiere que existen diferencias significativas en el número de plantas infestadas con *Macrodactylus* debido al efecto de los tratamientos ($F_{5,18}=9.67$, $p > 0.00012$). La prueba de Tukey indica que el promedio de plantas infestadas por *Macrodactylus* fue el mismo para los tratamientos a base de *Metarhizium*, *Beauveria* y *A. mexicana*, pero menor con respecto al testigo. El tratamiento a base de higuierilla fue el que presentó el menor promedio de plantas infestadas con respecto al testigo (Cuadro. 3). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Guevara y colaboradores (2015), quienes mencionan que el extracto a base de *R. communis* presenta una mayor actividad insecticida contra diversos insectos en comparación con otros extractos, además de confirmar la actividad insecticida e insectistática del extracto como se ha reportado anteriormente (De Oliveira *et al.*, 2002; Upasani *et al.*, 2003) la presencia de ricina y ricinina en la planta de *R. communis* (Demant *et al.*, 2012), es probablemente quien ocasionó la baja infestación de *M. nigripes* en la planta de maíz, siendo el efecto de este tratamiento estadísticamente diferente al resto de los tratamientos.

De igual manera con la aplicación del extracto a base de *A. mexicana* se pudo observar una disminución en la infestación de *M. nigripes*, esto se debe muy probablemente a la presencia de protopina y berberina fitotoxinas presentes en la planta de chicalote (Fernández-Calienes *et al.*, 2016) que son aprovechadas por sus propiedades insecticidas contra diversos insectos fitófagos (Carrillo-Rodríguez *et al.*, 2011; Rodríguez-Flores *et al.*, 2012).

Cuadro 3. Porcentajes de infestación y grado de disminución en la infestación de *M. nigripes* en cultivo de maíz, por tratamiento aplicado con respecto al testigo.

| Tratamientos | % de infestación Medias \pm Error estándar | | Disminución de infestación (%) |
|----------------------|--|----|-----------------------------------|
| Testigo | 37.5 \pm 0.69 | a* | ----- |
| C. Manual | 28.4 \pm 0.27 | Ab | 24.2 |
| <i>M. anisopliae</i> | 24.0 \pm 0.21 | Bc | 36.0 |
| <i>B. bassiana</i> | 20.9 \pm 0.50 | Bc | 44.2 |
| <i>A. mexicana</i> | 20.9 \pm 0.40 | Bc | 44.2 |
| <i>R. communis</i> | 16.5 \pm 0.57 | C | 56.0 |

*Medias con la misma letra son iguales (Tukey 0.05).

En cuanto a los hongos entomopatógenos se pudo observar que la disminución en el porcentaje de infestación para *M. anisopliae* fue del 36 %, mientras que la de *B. bassiana* fue del 44.2 %, mucho menor a la reportada por Ayala (2006), donde menciona que el porcentaje de infección para *M. anisopliae* es 60.66 % y para *B. bassiana* 57.93 %. Sin embargo, se debe de tomar en cuenta que la efectividad de los hongos entomopatógenos muchas veces depende de su interacción con los factores bióticos y abióticos presentes en el lugar donde se aplican como son: la temperatura, humedad, pH, luz y sustratos (Berlanga-Padilla y Hernández-Velázquez, 2003). Además de ciertas características en el manejo del producto como son su formulación y aplicación apropiada, así como la elevada virulencia del aislamiento (Baeteman, 1997).

Se ha reportado que *B. bassiana* es un hongo entomopatógeno que tolera y se desarrolla en un amplio rango de temperaturas que van desde los 15° C a los 30° C y una humedad relativa del 90 %, mientras que *M. anisopliae* presenta un mejor desarrollo en un rango de los 25 °C a 30 °C con una humedad relativa del 100 %

(Baeteman, 1997; Agrios, 1999; Castillo, 2006). Esta podría ser una de las razones por la que se obtuvo un mejor efecto de *B. bassiana* en comparación de *M. anisopliae* en la disminución de infestación de *M. nigripes*. El promedio de temperatura media anual en el municipio de Huejotzingo va de los 11 °C a 25 °C con una humedad relativa del 89 % (AccuWeather, 2018). Aunque estos parámetros coinciden con los requeridos para el desarrollo de los hongos entomopatógenos, puede ser que la disminución en la temperatura este influyendo en su eficiencia debido a que existe una inhibición en la esporulación de los hongos a temperaturas por debajo de los 15 °C (Sosa-Gómez y Alves 2000).

11. 2 Producción de maíz por parcelas

En cuanto a los resultados que se obtuvieron después de la cosecha de maíz, la ANOVA sugiere que existen diferencias significativas en los rendimientos del cultivo debida al efecto de los tratamientos. De acuerdo con la prueba de Tukey todos los tratamientos presentaron diferencias significativas entre los rendimientos de los tratamientos con respecto al testigo, principalmente aquellos en los que se aplicaron hongos entomopatógenos o extractos vegetales (Cuadro. 4). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Pérez-Torres *et al.* (2009); Vázquez *et al.* (2016), mencionan que la producción del testigo es superada por los tratamientos a los cuales se les aplica este tipo de bioinsecticidas debido a que protegen al cultivo del ataque de insectos que dañan el follaje de las plantas.

Cuadro 4. Rendimientos de maíz, en ton/ha y su porcentaje de incremento por cada tratamiento aplicado para el control de *M. nigripes* respecto al testigo.

| Tratamientos | Rendimiento (ton/ha) ± Error estándar | | % de incremento de rendimiento |
|--------------|---------------------------------------|----|--------------------------------|
| Testigo | 6.7 ± 0.07 | a* | ----- |
| C. Manual | 8.0 ± 0.08 | Ab | 19.4% |

| | | | |
|----------------------|------------|-----|-------|
| <i>B. bassiana</i> | 8.2 ± 0.29 | Abc | 22.3% |
| <i>M. anisopliae</i> | 8.4 ± 0.62 | Bc | 25.3% |
| <i>A. mexicana</i> | 8.7 ± 0.20 | Bc | 29.8% |
| <i>R. communis</i> | 9.1 ± 0.24 | C | 36% |

*Medias con la misma letra son iguales (Tukey 0.05).

A su vez en los resultados de la tabla 4, se puede observar que el tratamiento a base de *R. communis* fue el que presento una mayor producción aumentando el 36% con respecto al testigo. Este resultado concuerda con lo reportado por Pérez-Torres (2011), quien menciona que la utilización de extracto acuoso de *R. communis* es el que presenta mayor efectividad para repeler insectos del follaje llegando a aumentar la productividad del cultivo hasta un 60 %.

A su vez, la colecta manual fue el tratamiento que presento el menor aumento en la producción con solo el 19.4 % respecto al testigo. Relacionando la infestación con la producción podemos observar 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*, así mismo Upasani y colaboradores (2003) reporta 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.

Los datos obtenidos en este trabajo concuerdan con lo reportado por Salvadores y colaboradores (2007), quienes mencionaron que el extracto de *A. mexicana* presentó propiedades anti-alimentarias y tóxicas sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae).

Con la aplicación de los extractos vegetales además de cuidar el ambiente y no dañar la salud de los productores y consumidores, los recursos naturales que posee el municipio de Huejotzingo Puebla, proveen a los campesinos de otras opciones para el control de plagas insectiles que dañan el cultivo de maíz, con lo que tienen amplias posibilidades de mejorar su economía al hacer uso de los vegetales a través de sus extractos, como en el caso de *R. communis* y *A. mexicana*.

Fritz y Simins (1992), mencionan que cuando los insectos se alimentan de las plantas esto tiene consecuencias importantes, como puede ser la sustracción de tejidos vegetales, pérdida del follaje, disminución del esfuerzo reproductivo, entre otros efectos; además, un daño a la planta puede causar su muerte, disminuir el crecimiento o afectar negativamente la producción. Esto concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, ya que las plantas de maíz de las parcelas en el testigo presentaron el mayor número de plantas infestadas y por lo tanto, la menor producción en el cultivo.

Aragón *et al.*, (2002b), comentan que las aplicaciones de extractos vegetales reducen significativamente las plantas dañadas por insectos en el cultivo de amaranto al disminuir la infestación de los insectos, esto concuerda con lo encontrado en este trabajo, ya que se observa que en las plantas de maíz tratadas a base de *R. communis* presentan menor infestación de insectos, lo que se transforma en un incremento importante de la producción siendo este del 36 % respecto al testigo.

Vázquez *et al.*, (2016), reportaron que el efecto del uso de extractos vegetales, alternado con aplicaciones de jabón y hongo entomopatógeno, son efectivos en el control del chapulín *Sphenarium purpurascens* e incrementan la producción de semilla de amaranto. Esta información concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación, ya que los mejores tratamientos aplicados a las plantas de maíz a base de *R. communis*, *A. mexicana* ambos alternado con jabón y *M. anisopliae*, fueron los más efectivos presentando diferencias significativas con respecto al testigo para disminuir los daños por *M. nigripes* e incrementaron la producción de maíz.

11. 3 Efecto de *Macroductylus nigripes* en la dieta de *Gallus gallus domesticus*

Los datos obtenidos del análisis bifactorial muestran que no existen diferencias significativas entre los pesos de las pollas alimentadas con escarabajos de la especie *M. nigripes* y alimento comercial ($F_{2,14}=0.11$, $p=0.89$), ni en el promedio de tallas ($F_{2,14}=2.79$, $p=0.06$). Pero si existe una diferencia significativa en cuanto a la variable de tiempo con respecto al peso y la talla. Esto sugiere que, aunque no existe un aumento entre los pesos y tallas de las pollas alimentadas con escarabajos en comparación con las del testigo, tampoco existe un efecto negativo, ya que el peso y la talla se mantuvieron en el mismo promedio que el de la dieta a base de alimento comercial durante el tiempo que duro el experimento como se muestra en las figuras 9 y 10.

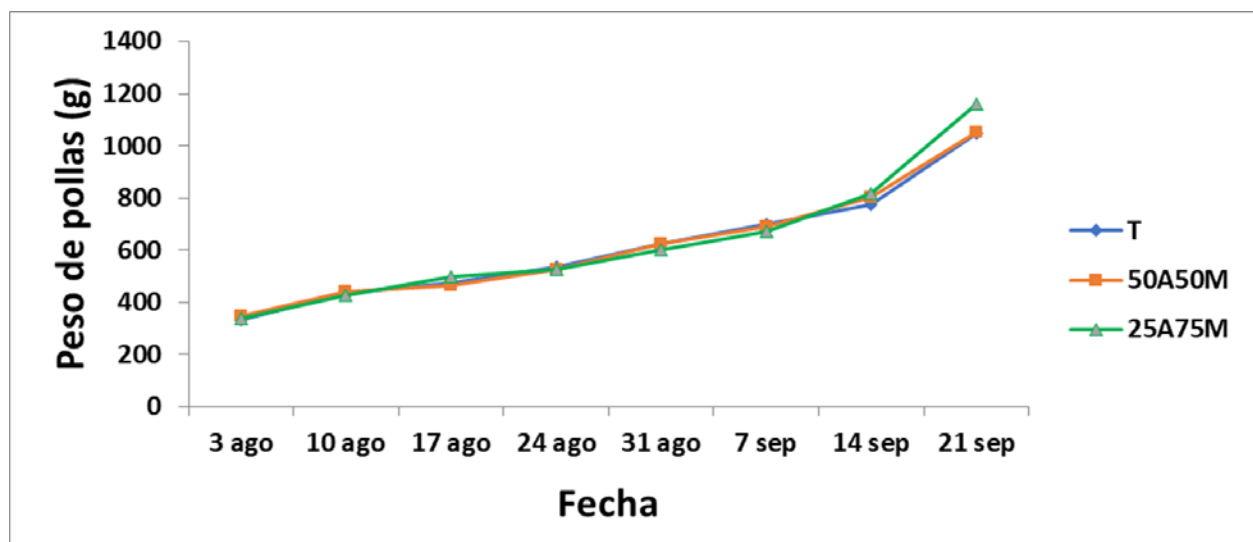


Figura. 9 Peso de pollas alimentadas con escarabajos del género *Macroductylus* y alimento comercial durante ocho semanas (**T**= Testigo, **50A50M**= 50 g de alimento+50 g de *Macroductylus*, **25A75M**=25 g de alimento+75 g de *Macroductylus*).

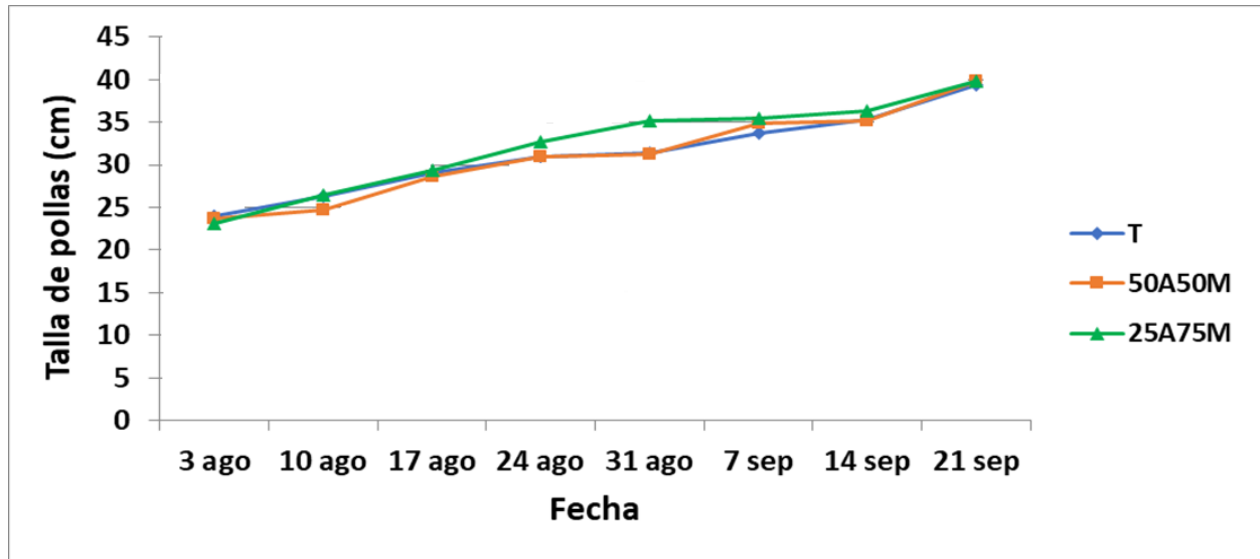


Figura. 10 Talla de pollas alimentadas con escarabajos del género *Macroductylus* y alimento comercial durante ocho semanas (**T**= Testigo, **50A50M**= 50 g de alimento+50 g de *Macroductylus*, **25A75M**=25 g de alimento+75 g de *Macroductylus*).

Estos resultados demuestran que el valor nutritivo presente en la harina de *M. nigripes* es comparable con el del alimento comercial, permitiendo obtener los mismos resultados en ganancia de peso y talla durante las primeras 4 semanas de desarrollo en las pollas, lo cual representa una alternativa de alimentación mucho más económica para los productores en comparación con el alimento comercial.

Por otra parte, los resultados del análisis de proteína verdadera indicaron que *M. nigripes* presenta un porcentaje del 42.88%, lo cual confirma que la harina de este escarabajo presenta un alto valor proteico equivalente con otras materias primas utilizadas en la alimentación de aves de corral como son la harina de soya (47%), harina de carne (60%) y harina de pescado (50 a 60%) (FEDNA, 2018). Esto representa una gran ventaja en la reducción del costo de la alimentación debido a que la mayor parte de estas fuentes de proteína tiene un alto precio en el mercado (Józefiak *et al.*, 2016). Además de que por su alto valor proteico es posible que la harina de *M. nigripes* cumpla por si sola con los requerimientos de alimentación en el desarrollo de las aves, como es el caso de la harina de pescado que por su proporción ideal de proteína cubre

las deficiencias de aminoácidos necesarios en la dieta de las aves (FEDNA, 2018). Sin embargo, habría que realizar un análisis de perfil de aminoácidos para corroborarlo.

De acuerdo con los resultados obtenidos del método cuadrado de Pearson, en una proporción de 150 g (cantidad de dieta con la que se alimentó a las aves), el balance ideal de cada uno de los ingredientes que cubre las necesidades de proteína necesaria en pollas de cuatro semanas, utilizando como ingredientes *M. nigripes* (42.88 % proteína) y alimento balanceado (21 % proteína) fue el siguiente: 8.6 % de *M. nigripes* + 91.3 % de alimento.

Al comparar este resultado con las dietas que se utilizó para alimentar a las aves: 25 % de *M. nigripes* + 75 % de alimento y 50 % de *M. nigripes* + 50 % de alimento, podemos observar que existe un excedente de *M. nigripes* en las dietas en comparación a la cantidad que se obtuvo mediante el método de Pearson. Estos resultados nos indican que existe un exceso de proteína en las dietas que se utilizaron, lo cual pudo haber influido en que no se observara un aumento en el peso y talla de las pollas. Debido a que los excedentes proteicos pueden producir efectos negativos en el desarrollo y productividad de las aves, pues aumentan el estrés calórico y la excreción excesiva de nitrógeno dando como resultado un mayor gasto energético, lo cual puede provocar una disminución en el peso y talla de las aves (Macari *et al.*, 2004; Bohórquez, 2014). A su vez, la proteína que está destinada para ser utilizada en la deposición de tejido no puede ser aprovechada por las aves y es desviada para la excreción de nitrógeno (Gómez *et al.*, 2011).

11. 4 Análisis toxicológico de *M. nigripes*, *M. mexicanus* y *M. ocreatus*.

En el análisis toxicológico no se pudo realizar una prueba que nos permitirá detectar como tal la presencia de cantaridina en *M. nigripes*, sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos en la viabilidad de las aves, inferimos que no existe la presencia de esta sustancia en la cutícula o hemolinfa de los insectos contrario a lo citado por Metcalf y Flint (1965). Debido a que se sobrepasó la dosis letal para pollas de cuatro

semanas (25 a 45 insectos) reportada en otras especies toxicas como *M. subspinosus* sin que se presentara mortalidad en ninguna de las aves a lo largo del experimento (Lamson, 1916).

Con la finalidad de descartar cualquier otra posible sustancia toxica que pudiera encontrarse en estos insectos y estar afectado su desarrollo a largo plazo se realizó un análisis toxicológico de metales pesados (plomo y mercurio) en tres de las especies más comunes de este género, presentes en el estado de Puebla: *M. nigripes*, *M. mexicanus* y *M. ocreatus*. Se sabe que algunos insectos y plantas pueden acumular metales pesados que se encuentran el ambiente y transferirlos a pequeños vertebrados como aves y mamíferos pequeños que se alimentan de estos, afectando su desarrollo y llegándoles a causar la muerte (Eckert & Randall, 1990; McDowell, 1992; Walker *et al.*, 2007). Sin embargo, el resultado de los análisis toxicológicos mostro que no existe la presencia de plomo y mercurio en ninguna de las tres especies que fueron colectadas.

XI. CONCLUSIÓN

El uso de estos bioinsecticidas representa una alternativa viable al reemplazo de insecticidas químicos que nos permite disminuir la infestación y el daño de *M. nigripes* sin provocar ningún efecto toxico para el ambiente ni para la salud de los productores, además de representar una alternativa económica y de fácil acceso que permite el aprovechamiento de recursos que se encuentran presentes en el agroecosistema. Así mismo se descarta la posibilidad de que *M. nigripes* presente toxicidad sobre las aves, descartando lo publicado por Metcalf y Flint en 1965. Y por lo tanto se puede considerar como alternativa en la alimentación de aves de corral, debido a su alto valor proteico del 42.88 %.

LITERATURA CITADA

- Acar, N.; Moran, E. T.; Mulvaney, D. R. 1993. Breast muscle development of commercial broilers from hatching to twelve weeks of age. *Poultry Science*. 72: 317-325.
- AccuWeather, 2018. Clima Huejotzingo, México. Disponible: <https://www.accuweather.com/es/mx/huejotzingo/234846/month/234846?view=table>. Fecha de consulta:18/julio/2018.
- Agrios, G. N. 1999. *Fitopatología*. Editorial Limusa. México. 838 p.
- Alean, C. I. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus Socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura en Microbiología Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas. Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá, D. C. Colombia. 116 p.
- Altieri, M. A. and Trujillo, J. 1987. The agroecology of corn production in Tlaxcala, México. *Human Ecology*. 15: 189-220.
- Altieri, M. y Nicholls, I. C. 2000. *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Serie textos básicos para la formación ambiental. ONU-PNUMA. México, D.F. 235 p.
- Aquino R. E.; Arroyo, L. A.; Torres, H. G.; Riestra, D. D.; Gallardo, L. F. y López, Y. B. 2003. El guajolote Criollo (*Meleagris gallopavo* L.) y la ganadería familiar en la zona centro del estado de Veracruz. *Téc Pecu Méx*. 41 (2):165-173.
- Aragón, G. A.; López-Olguín, J. F.; Tapia, A. M. R.; Cilia, V. G. L. y Pérez-Torres, B. C. 2002a. Extractos vegetales una alternativa para el control de plagas del amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. *Memorias del VII Simposio Nacional sobre Sustancias Vegetales y Minerales en el Control de Plagas*. Colegio de Posgraduados. S. L. P., México. pp 52-62.
- Aragón G. A., J. F. López-Olguín, A. M. Tapia R., N. Bonilla y B. C. Pérez-Torres. 2002b. Extractos vegetales una alternativa para el control de plagas del amaranto *Amaranthus hypochondriacus* L. En: Aragón, G. A., J. F. López-

- Olgúin y M. A. Tornero C. (Eds.). Métodos para la generación de Tecnología Agrícola de Punta. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Pue. México. pp. 125-137.
- Aragón, G. A.; Ortiz-García, K. P.; Pérez-Torres B. C.; Morón, M. A.; Pino-Moreno, J. M. y Juárez, D. R. 2016. Efecto del Frailecillo *Macrodactylus nigripes* Bates 1887 (Coleoptera:Melolonthidae) en la alimentación de pollas criollas de corral. En: Diversidad, Ecología y Manejo de Plagas Edafícolas. Lugo G. G. A., Aragón G. A. y Reyes O. A. (Eds.). 2016. La Universidad Autónoma de Sinaloa y La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. pp. 135-143.
- Arango-Gutiérrez, G. P. 2005. Los insectos: Una materia prima alimenticia promisorá contra la hambruna. Lasallista de Investigación. 2(1): 33-37.
- Arauz, L. F. 1997. Hacia un uso racional de los plaguicidas sintéticos una perspectiva agroecológica. Agronomía Costarricense. 21 (1): 19-23.
- Arce-Pérez, R. 2008. Taxonomía y biogeografía de las especies centroamericanas de *Macrodactylus dejean*, 1821 (Coleoptera: Melolonthidae). Tesis de Grado. Universidad Autónoma de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Academia de Biología. 264 p.
- Arce-Pérez, R. y Morón, M. A. 2000. Taxonomía y distribución de las especies de *Macrodactylus Latreille* (Coleoptera:Melolonthidae) en México y Estados Unidos de América. Acta Zoológica Mexicana (n.s) 79:123-239.
- Arenas, L. C. 1984. Extractos acuosos y polvos vegetales con propiedades insecticidas: Una alternativa por explorar. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 157 p.
- Ayala, C. O. M. 2006 Determinación de agresividad de hongos entomopatógenos para *Macrodactylus* sp. (Catzó del Maíz) Chillanes- Bolívar. Tesis de Grado. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. 127 p.
- Badii, M. H.; Abreu. J. L. 2006. Biological control a sustainable way of pest control. International Journal of Good Conscience. 1(1): 82-89.
- Baeteman, R. 1997. The development of a mycoinsecticide for the control of locust and grasshoppers. Outlook on Agriculture. 26:13-18.

- Bahena J. F., 2003 Control biológico de las plagas del maíz en México: el caso del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Impactos del libre comercio, plaguicidas y transgénicos en la agricultura de América Latina. RAPAM. Texcoco, México. pp 241-255.
- Berlanga-Padilla, A. y Hernández-Velázquez, V. 2003. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento y la virulencia de *Metarhizium anisopliae*, M. a. var. *Acridum* y *Beauveria bassiana* en *Shistocerca piceifrons*. Centro Nacional de Control Biológico. SAGARPA-SENACICA- DGSV. Tecomán-México. (n.s) 63:51-55.
- Blanco, A. C.; Pellegaud, J. G.; Nava-Camberos, U.; Lugo-Barrera, D.; Vega-Aquino, P.; Coello, J.; Terán-Vargas, A. P. y Vargas-Camplis, J. 2014. Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs. Journal Integrated Pest Managamet. 5(4): 1-9.
- Bohórquez, A. V. D. 2014. Perspectiva de la producción avícola en Colombia. (Especialización en alta gerencia). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia, 82 p.
- Bovera F.; Loponte R.; Marono S.; Piccolo G.; Parisi G.; Iaconisi V.; Gaco L. y Nizza A. 2015. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. Journal of Animal Science. 94 (2): 639–647.
- Brechelt, A. 2004. Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. República Dominicana. 35p.
- Bukkens, S. G. F. 2005. Insects in the human diet: nutritional aspects. In M.G. Paoletti, (ed.). Ecological implications of minilivestock: role of rodents, frogs, snails and insects for sustainable development, Enfield, New Hampshire, USA. Science Publishers. pp. 545-577.
- Camps, F. 1988. Relaciones planta-insecto. Insecticidas de origen vegetal. En: Insecticidas Biorracionales. Belles, X., coord., Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, España. pp 70-86.
- Carballo, M.; Hidalgo, E. y Rodríguez, A. 2004. Control biológico de insectos mediante hongos entomopatógenos. En: Control biológico de plagas agrícolas. Carballo,

- M. y Guaharay, F. (Eds.). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. pp. 33-58.
- 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. *Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*. 53: 154-157.
- Caselín-Castro, S. J.; Carrillo, L. S.; Llanderal, C. y Bravo, M. H. C. 2003. Incidencia de *Macrodactylus nigripes* bates (Coleoptera: melolonthidae) en maíz y haba en Tlaxcala, México *Agrociencia*. Colegio de Postgraduados Texcoco, México. 37(3): 291-297.
- Castillo, Z. S. 2006. Uso de *Metarhizium anisopliae* para el control biológico del salivazo (*Aeneolamia* spp. y *Prosapia* spp.) en pastizales de *Brachiaria decumbens* en El Petén, Guatemala. Tesis de Posgrado. CATIE. 42 p.
- CENTA-FAO. (1998). Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Agricultura sostenible en zonas de ladera, Cómo mejorar la crianza doméstica de aves, El Salvador. 58 p.
- CESAVEM. 2016. Comité Estatal de Sanidad Vegatal. Campaña manejo fitosanitario de maíz. Consulta: <http://www.cesavem.org/fitosanitariodelmaiz.html>
- Cisneros, F. H. 2017. Generalidades sobre plagas y sus efectos en la producción agrícola. *AgriFoodGateway*. 304 p.
- Cisneros, F. V. 1995. Control de plagas agrícolas. 2da. Edición. AGCIS. La Molina. Lima, Perú. 304 p.
- Cuca, M. E., Ávila, E. G. y M. 1996. Alimentación de las aves. Universidad Autónoma de Chapingo (Ed.). Montecillo, Estado de México. 154 p.
- De Bach, P. 1964. Control Biologico de Insectos Plaga y Malas Hierbas. Editorial Continental, S. A. México D. F. 949 p.

- De Oliveira, R. R. F.; De Oliveira, F. y Fonseca, M. A. 2002. As folhas de palma christi-
Ricinus communis L. Euphorbiaceae Jussieu. Revisão de conhecimentos.
Revista Lecta, Bragança Paulista. 20: 183-194.
- DeFoliart G. R. 1988. The human use of insects as food and as animal feed. Food
Insects Newsletter 1-4, Bull. Entomological Society of America., pp. 22-35.
- Demant, R. C. A.; Auld, D.; Rodrigues, A.; Demant, M. 2012. Development of bioassay
to quantify the ricin toxin content of castor bean (*Ricinus communis* L.) seeds.
Acta Scientiarum. Agronomy. 34 (4):397-402.
- Dent, D., 1993. Integrated Pest Management. CAB International. Wallingford. 399 p.
- Devine, G. J.; Eza, D.; Ogosuku, E. y Furlong, M. J. 2008. Uso de insecticidas: Contexto
y consecuencias ecológicas. Springer Science. Lima, Perú. 24(3): 281-306 pp.
- Eakin H.; Perales H.; Appendini K. and Sweeney S. 2014. Selling maize in Mexico: the
persistence of peasant farming in an era of global markets. Economic
Development and Cultural Change. 45: 133-155
- Eckert R. & Randall D. 1990. Fisiología animal, mecanismos y adaptaciones.
Interamericana Mc GrawHill. Madrid. 928 p.
- Endrodi, S. 1966. Monographie der Dinastinae (Coleoptera, Lamellicornia). Ent. Abh.
Mus. Tierk. Dresden B. D. 33: 1-457.
- Farrell, D. 2013. Función de las aves de corral en la nutrición humana. pp.1-10. En:
Revisión del desarrollo avícola. Organización de las Naciones Unidas para la
Alimentación y la Agricultura FAO, Queensland, Australia.
- FEDNA, 2018. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Harina de
pescado. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-pescado-59921, Fecha de consulta:13/Agosto/2018
- Fernández-Calienes, V. A.; Mendiola, M. J.; Scull, L. R.; Morier, D. L.; Linares, D. R.;
Mendoza, L. D. y Cuellar, C. A. 2016. Actividad antiplasmodial de lactonas de
Parthenium hysterophorus L. y alcaloides de *Argemone mexicana* L. en Cuba.
Revista Cubana de Medicina Tropical. 68 (2): 136-147.

- FIRA. 2016. Panorama Agroalimentario: Avicultura de carne. Dirección de Investigación y Evaluación Económica Sectorial. 25 p.
- Fisher, H. y J. H. Quisenberry. 1971. Net protein utilization and amino deficiencies of glandless cottonseed meal. *Poultry Science* (50) 1197-1200.
- Fritz, S. A. y Simins, E. L. 1992. Plant resistance to herbivores and pathogens: Ecology, Evolution and Genetics. The University of Chicago Press. Chicago, E. U. A. United States of America. 590 p.
- 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.
- García-Gutiérrez, C.; González-Maldonado, M. B. y Cortez-Mondaca, E. 2012. Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*. 3: 57-70.
- Gliessman, S. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Impresiones LITOLAT, Turrialba, Costa Rica. 359 pp.
- Gómez, R. S., López, C. C., Cortés, C. A. & Ávila, G. E. 2011. Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. *Veterinaria México*, 42(4), 299-309.
- González, J. D. 2015. Insectos como alimento y manejo de residuos. *CEGESTI*. 280:1-2.
- González, R. H. y Rojas, S. P. 1966. Estudio analítico del control biológico de plagas agrícolas en Chile. *Agricultura Técnica*. 26(4):133-147.
- Goodman, M. and McK, R. Bird. 1977. The races of maize IV: Tentative grouping of 219 Latin American races. *Economic Botany*. 31:204-221.
- Guevara, L.; Andrio, E.; Cervantes, F.; Rodríguez, D.; Robles, R.; Mondragón, W. y Pérez, D. 2015. Efecto bioinsecticida de extracto etanólico de higuera (*Ricinus communis* L.) y lantana (*Lantana camara* L.) sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn) en tomate. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*. 2(3): 428-434.

- Guzmán, Z. U. B. 2012. Sistema alternativo para la producción de gallinas criollas, en la comunidad de San Miguel Choatalum del municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango (2007 – 2010). Tesis de licenciatura. Universidad Rafael Landívar Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas Campus de Quetzaltenango. 81 p.
- Harinder P. S. M.; Gilles, T.; Valérie, H.; Philippe, A. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*.197: 1–33.
- Hernández, S. y Benz, B. 2004. Enemigos naturales de *Macrodactylus murinus* Bates (Coleoptera; Scarabaeidae) en San Miguel, Sierra de Manatlán, Jalisco, México. *Avances de Investigación Agropecuaria*. 8: (1): 1-6.
- Hernández-Vázquez, S. y Benz, B. 1993. Densidad estacional de *Macrodactylus murinus* (Scarabaeidae), en San Miguel, Sierra de Manantlan, Jalisco. *Agrociencias*. 4:187-195.
- Hossain S. M. y Blair R. 2007. Chitin utilisation by broilers and its effect on body composition and blood metabolites. *Brit. Poultry Sci.*, 48: 33–38
- Huerta-de-la-Peña, A.; Viñuela, S. E. y Medina, V. M. 2009. Tendencias actuales para el manejo de insectos plaga en la agricultura. En: *Cultivos sanos: Manejo de plagas y enfermedades con bajo impacto ambiental*. Huerta-de-la-Peña, A. y Díaz-Ruiz, R. (Eds.). Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. 182 p.
- INAFED. 2010. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal; Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. 121p
- INEGI. 2010. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática, Anuario Estadístico del Estado de Puebla, pp 2-5.
- INTA -FAO, 2010. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Manejo eficiente de gallinas de patio. 35 p.
- Jiménez, M. E. 2009. Métodos de control de plagas. Universidad Nacional Agraria. Facultad de agronomía. 139 p.
- Józefiak, D.; Józefiak, A.; Kierończyk, B.; Rawski, M.; Świątkiewicz, S.; Długosz, J. y Engberg, R. M. 2016. Insects – a natural nutrient source for poultry – a review. *Annals Animal Science.*, 16 (2), 297–313.

- Kato, T. A.; Mapes, C.; Mera, L. M.; Serratos, J. A. y Bye, R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 p.
- Khusro, M.; Andrew, N. R. y Nicholas, A. 2012. Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production systems in Australia. *World Poultry Science. J.* 68:435-446.
- Lamson, H. G. 1916. The Poisonous Effects of the Rose Chafer upon Chickens. *Science, New Series.* 43:138-139.
- López-Geta, J.A.; Martínez-Navarrete, C.; Moreno-Merino, L. y Navarrete-Martínez, P. 1992. Las aguas subterráneas y los plaguicidas. Instituto Geológico y minero de España. 149 p
- López-Olguín, J.; Aragón, G. A. y Lagunes, A. 1994. Ensayos en laboratorio con extractos acuosos vegetales contra *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de la Academia Regional de Investigadores en Flora y Fauna de la Región Centro Sur de la República Mexicana (ARIFF)* 1: 11-19.
- López-Olguín, J. F.; Aragón G. A. y Tapia R. A. M. 2001. Manejo Integrado de Plagas: Contribución para una agricultura sostenible. Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencias. Aragón, G. A., J. F. López-Olguín y A. Saldaña M. (Eds.). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. pp. 131-135.
- Macari, M.; Furlan, R. L. y Maiorka, A. 2004. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: Mendes, A. A.; Naas, I.A.; Macari, M. *Produção de frangos de corte.* Campinas: Facta. pp. 137-156.
- Makkar H. P. S.; Tran, G.; Heuzé, V.; Ankers, P. 2014. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science. Tech.,* 197: 1–33.
- McDowell L. 1992. *Minerals in Animal and Human Nutrition.* Academic Press, Inc. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, California. 660 p.
- Metcalf, L. C. y W. P. Flint. 1965. *Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y su control.* Ed. CECOSA, México. p. 1280.

- Montoya, F., Ochoa, G., Garibay, S., y Weidmann, G. (2007). 2do. Encuentro latinoamericano y del Caribe de productoras y productores experimentadores y de investigadores en agricultura orgánica. Antigua Guatemala, Guatemala. Memorias de resúmenes.
- Moro, V. M. 2005. La agricultura campesina. Nos comen: Contra el desmantelamiento del mundo rural en Asturias. Editorial Cambalache, Oviedo, España. Pp.13-23.
- Morón, M. A.; Ratcliffe, B, C. y Deloya, C. 1997. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera Lamellicornia. Vol. I. Familia Melolonthidae. CONABIO y SME. México. 280 p.
- OECD. 2003. Consensus Document on the Biology of *Zea mays* subsp. Mays (Maize). OECD Environment, Health and Safety Publications. Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology. No. 27. Paris. 46 p.
- Paliwal, R. L. 2001. Morfología del maíz tropical. En: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée J. P. (Eds.). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 13-19.
- Paliwal, R. L. 2009. Introducción al maíz su importancia. Depósito de documentos de la FAO. Disponible: <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm>
- Paredes, L. O. 2009. La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz. Revista de Cultura Científica. Facultad de Ciencias Universidad Autónoma de México. 60-70.
- Pérez-Torres, B. C., Aragón, A. G.; Román-Fernández, L. R.; Hernández. H. D.; Jiménez-García, D. y Romero-Arenas, O. 2014. Efecto de los extractos acuosos sobre las plagas del follaje en el cultivo de Amarantho en el municipio de Tochimilco, Puebla Entomología Mexicana. (1) 251-256.
- Pérez-torres, B. C.; Aragón, A. G.; Pérez, R. A.; Hernández, L. R. y López, J. F. O. 2011. Evaluación de extractos vegetales y jabón de pastilla para el control de plagas del amaranto en las faldas del Popocatepetl, Puebla. En: Bernal, M. H. y Ramírez, V. B. (Eds.). Investigación Interdisciplinaria para el Desarrollo Rural en

- Puebla y Tlaxcala. Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. Puebla, Puebla, México. pp. 166-182.
- Pérez-torres, B. C.; Aragón, G. A.; Bautista, M. N.; Tapia, R. A. M. y López, O. J. F. 2009. Entomofauna asociada al cultivo de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en el municipio de Chiautla de Tapia, Puebla. *Acta Zoológica Mexicana*. 25 (2): 239-247.
- Pungitore, C. R.; García, M.; Gianello, J. C.; Sosa, M. E. y Tonn, C. E. 2005. Insecticidal and antifeedant effects of *Junellia aspera* (Verbenaceae) triterpenes and derivatives on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of stored products research*. 41:434-443.
- Ramírez-Salinas, C. y Castro-Ramírez, A. E. 2006. Ciclo de vida de dos especies rizófagas de “gallina ciega” (Coleóptera: Melolonthidae) en los Altos de Chiapas. pp. 37-48. En: *Diversidad, Importancia y Manejo de Escarabajos Edafícolas*. Castro-Ramírez, A. C., M. A. Morón y A. Aragón (Eds.). Publicación especial de El Colegio de la Frontera Sur, La Fundación PRODUCE Chiapas, A. C. y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Ramos-López, M. A.; Rodríguez C. H.; Pérez S. G.; Zavala, M. A. S. y García L. S. 2011. Efecto de extracto de Higuierilla *Ricinus communis* en el desarrollo larval del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*. En: *Alternativas ecológicas contra plagas*. C. Rodríguez H., J. F López-Olguín, A. Aragón G (Editores). Colegio de postgraduados y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. pp. 65-72
- Ravindran, V. 2013. Disponibilidad de piensos y nutrición de aves de corral en países en desarrollo. 61-84. En *Revisión de desarrollo avícola*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, Palmerston North, Nueva Zelandia.
- Ritcher, P. O. 1958. Biology of Scarabaeidae. In: *Annual. Review Of Entomology*. 3: 331-334.
- Rocandio, R. M.; Santacruz, V. A.; Córdova, T. L.; López, S. H.; Castillo, G. F.; Lobato, O. R.; García Z. J. J. y Ortega P. J. 2014. Caracterización Morfológica y

Agronómica de Siete Razas de Maíz de los Valles Altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana. 37: 351 – 36

Rodríguez-flores, E.; Aldana-Llanos, L.; Valdés-Estrada, M. E.; Salinas-Sánchez, D. O. y Gutiérrez-Ochoa, M. 2012. Actividad de fitoextractos en *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera:Noctuidae). Entomología Mexicana. 11(1): 158-162.

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. Secretariat of agriculture, livestock, rural development, fisheries and food. 2013. Producción agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

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. Agricultura Técnica. 67(2):147-154.

Sánchez, G. J. J.; Goodman M. M. y Stuber, C. M. 2000. Isozymatic and Morphological diversity in the races of maize of Mexico. Economic Botany, 54:1 43-59

Sánchez, O. I. 2014. Maíz I (*Zea mays*). Master en Biología vegetal. Universidad Complutense de Madrid. Reduca (Biología) Serie Botánica. 7 (2): 151-171.

Sandino D., V. M. 2003. Manejo integrado de la salivita de la caña de azúcar. Nicaragua. FUNICA/UNA/CATIE, 26p.

Serratos, H. J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Universidad Autónoma de México. 31 p.

SIAP-SAGARPA, 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera – Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-laproduccion-agricola-por-cultivo/>. Fecha de consulta:22/Mayo/2017.

Silva, R. V.; Navickiene, H. M. D.; Kato, M. J.; Bolzani, V. S.; Méda, C.I.; Young, M. C. M. y Furlán, M. 2002. Antifungal amides from *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. Phytochem. 59: 521-527.

- SOCPA. (2007). Sociedad Cubana de Productores Avícolas. Manual de avicultura. Segunda edición, mayo 2007. Cuba.
- Sosa-Gómez, D. R. y Alves, S. B. 2000. Temperature and relative humidity requirements for conidiogenesis of *Bauveria bassiana* (Deuteromycetes: Moniliaceae). Anais da Sociedade Entomologica do Brasil. 29(3):515-521.
- SPAF-MAGA, 2018. Secretaria de Producción Agropecuaria Familiar-Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentos. Nutrición de aves de corral. Gobierno de la Provincia de Cordoba. Disponible: <http://magya.cba.gov.ar/upload/CMG-Nutricion.pdf>
- Sun, T., R. J. Long. y Z. Y. 2013. The effect of diet containing grasshoppers and Access to free-range on carcass and meat physicochemical and sensory characteristics in broilers. British Poultry Science. 54:130-137.
- Tapia, M. E. y Fries, A. M. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Lima. 206 p.
- Trumper, E. V. 2014. Resistencia de insectos a cultivos transgénicos con propiedades insecticidas. Teoría, estado del arte y desafíos para la República Argentina. AGRISCIENTIA. 31 (2): 109-126 pp.
- Upasani S. M.; Hemlata, M. K.; Prashant, S. M. & Maheshwari V. L. 2003. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L foliage flavonoids. Pest Management Science. 59: 1349-1354
- USDA-FAS. U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. 2013. World agricultural production, Circular Series WAP 3–13, March 2013. U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. <http://usda01.library.cornell.edu/usda/fas/worldagproduction/2010s/2013/worldag-production-04-10-2013.pdf>. Accessed in July 2013.
- Valdés-Estrada, M.; Aldana-Llanos, L.; Salinas-Sánchez, D. O.; Figueroa-Brito, R.; Hernández-Reyes, M. C. y Valladares-Cisneros, M. G. 2016. Toxicity of plant extracts to *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Curculionidae). Florida Entomologist (2): 226-230.

- Valdez-Torres, J. B.; Soto-Landeros, F.; Osuna-Enciso, T. y Báez-Sañudo, M. A. 2012. Modelos de predicción fenológica para el maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). *Agrociencia*. México. 46 (4). ISSN 1405-3195.
- Valencia, O. C. 1995. *Fundamentos de fitoquímica*. 1ª ed. Edit. Trillas, México, D. F. 235 p.
- Valencia-Llano, N.F., 2011.- *La gallina criolla colombiana*. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Valle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 61p
- Vázquez, J. M. A.; Aragón, G. A.; Bibbins, M. M. D.; Hernandez, C. D.; Nava, G. S. B.; Pérez-Torres, B. C. 2016. Control de *Sphenarium purpurascens* con *Beauveria bassiana* y extractos vegetales en amaranto (*Amaranthus hypocondriacus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(2):235-247.
- Vázquez-Moreno, L.L. 2005 *La lucha contra las plagas agrícolas en Cuba. De las aplicaciones de plaguicidas químicos por calendario al manejo agroecológico de plagas*. *Fitosanidad*.10 (3):221-242.
- VSF. 2004. *Veterinarios sin Fronteras. Etnoveterinaria en Guatemala y sus Orígenes*. Primera edición, febrero 2004, Guatemala, C.A. 220 p
- Walker L.; Simpson V.; Rockett L.; Wienburg C. & Shore R. 2007. Heavy metal contamination in bats in Britain. *Environmental Pollution*. 148: 483-490.
- WHO, 1990. *World Health Organization. Public Health impact of pesticides used in agriculture*. Geneva: WHO.
- Williams, R. N., 1979: Laboratory and field evaluation of insecticides to protect grape clusters from adult rosechafer. *Journal of Economic Entomology*. 72, 583–586
- Wise, J. C.; Gut, L. J.; Isaacs, R.; Schilder, A. M.; Zandstra, C.; Hanson, E. y Shane, B. 2002 *Fruit Management Guide*. East Lansing, Michigan, USA: MSU Extension Publication E-154.
- Zarazúa, C. M. 2008. Hábitos y comportamiento reproductivo de dos especies de Coleoptera: Melolonthidae, asociados al cultivo de amaranto en el Valle de Tehuacán, Puebla. Tesis profesional. Universidad de las Américas Puebla,

Escuela de Ingeniería y Ciencias, Departamento de Ciencias Químico-Biológicas.
77p.