



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**CONTROL DE GALLINA CIEGA *Phyllophaga* spp.
(COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) CON INFUSIONES
BOTÁNICAS EN AMARANTO BAJO INVERNADERO**

TESIS PROFESIONAL POR ETAPAS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**B I Ó L O G O
P R E S E N T A:**

Hugo Ocampo Vilchis

DIRECTORA: M. en C. MARÍA IDALIA CUEVAS SALGADO

CUERNAVACA, MORELOS 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Mor., 28 de enero de 2020

DRA. DULCE MARÍA ÁRIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
DE LA U.A.E.M.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **C. HUGO OCAMPO VILCHIS**, con el título del trabajo: **CONTROL DE GALLINA CIEGA *Phyllophaga* spp. (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) CON INFUSIONES BOTÁNICAS EN AMARANTO BAJO INVERNADERO**, quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: SI () NO ()

ATENTAMENTE

DR. ROGELIO OLIVER GUADARRAMA

Cuernavaca, Mor., 28 de enero de 2020

DRA. DULCE MARÍA ÁRIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
DE LA U.A.E.M.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **C. HUGO OCAMPO VILCHIS**, con el título del trabajo: **CONTROL DE GALLINA CIEGA *Phyllophaga* spp. (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) CON INFUSIONES BOTÁNICAS EN AMARANTO BAJO INVERNADERO**, quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: SI () NO ()

ATENTAMENTE



DR. ISAAC TELLO SALGADO

Cuernavaca, Mor., 28 de enero de 2020

DRA. DULCE MARÍA ÁRIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
DE LA U.A.E.M.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **C. HUGO OCAMPO VILCHIS**, con el título del trabajo: **CONTROL DE GALLINA CIEGA *Phyllophaga* spp. (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) CON INFUSIONES BOTÁNICAS EN AMARANTO BAJO INVERNADERO**, quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: SI () NO ()

ATENTAMENTE



M. EN C. MARÍA IDALIA CUEVAS SALGADO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Mor., 28 de enero de 2020

DRA. DULCE MARÍA ÁRIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
DE LA U.A.E.M.
P R E S E N T E.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **C. HUGO OCAMPO VILCHIS**, con el título del trabajo: **CONTROL DE GALLINA CIEGA *Phyllophaga* spp. (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) CON INFUSIONES BOTÁNICAS EN AMARANTO BAJO INVERNADERO**, quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: SI () NO ()

ATENTAMENTE

M. EN C. MARÍA EUGENIA BAHENA GALINDO

Cuernavaca, Mor., 28 de enero de 2020

DRA. DULCE MARÍA ÁRIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
DE LA U.A.E.M.
PRESENTE.

Por este conducto comunico a Usted, que he revisado el documento que presenta el Pasante de Biólogo: **C. HUGO OCAMPO VILCHIS**, con el título del trabajo: **CONTROL DE GALLINA CIEGA *Phyllophaga* spp. (COLEOPTERA: MELOLONTHIDAE) CON INFUSIONES BOTÁNICAS EN AMARANTO BAJO INVERNADERO**, quien optó por la Modalidad de Titulación: **Trabajo de Desarrollo Profesional por Etapas**, como lo marca el Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

En calidad de miembro de la comisión revisora, expreso la siguiente decisión:

VOTO A FAVOR: SI () NO ()

ATENTAMENTE



M. EN C. FRANCISCO JAVIER SOTELO RIVERA

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Hugo y Nuria, mi hermano Carlos y mis abuelos Hugolino y Elvia.

Por su apoyo incondicional, amor y consejos. Sin ustedes no habría sido posible llegar hasta aquí.

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, a la Facultad de Ciencias Biológicas y al Centro de Investigaciones Biológicas.

Por haberme acogido durante mi estancia en la carrera y haberme permitido llevar a cabo las actividades que me formaron como biólogo.

A los profesores de la FCB.

Por su paciencia, dedicación y tantos conocimientos transmitidos a lo largo de la carrera, los cuales fueron clave en mi formación profesional y personal.

A la M. en C. María Idalia Cuevas Salgado.

Por haberme dirigido en este proyecto de tesis, el cual me permitió cumplir una meta muy importante; así como por todo su apoyo, su comprensión y asesoría durante la realización de este trabajo.

A mis amigos en la carrera.

Por su invaluable amistad y por haber podido contar con ustedes siempre que requerí de su ayuda.

A los profesores que formaron parte del sínodo: Dr. Rogelio Oliver, Mtra. María Eugenia Bahena, Mtro. Francisco Sotelo y Dr. Isaac Tello.

Por toda la ayuda brindada para el mejoramiento de este proyecto, al igual que por su disponibilidad y consejos.

Al Dr. Agustín Aragón García.

Por sus valiosas aportaciones, las cuales fundamentaron parte de este trabajo.

Al Biól. Carlos Romero Nápoles.

Por su importante colaboración en este proyecto de tesis.

A los compañeros de la Escuela de Técnicos Laboratoristas (UAEM).

Por haber sacrificado parte de su tiempo como prestadores de servicio social, al colaborar en actividades para este trabajo de tesis.

Y a todas las demás personas que hicieron posible la finalización de este proyecto.

Gracias.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis	3
1.2 Objetivo general	3
1.3 Objetivos particulares	3
II. ANTECEDENTES	4
2.1 Generalidades del amaranto	4
2.1.1 Importancia económica	4
2.1.2 Distribución	6
2.1.3 Descripción botánica	8
2.1.4 Principales plagas	9
2.5 Aspectos generales de <i>Phyllophaga</i> spp.	10
2.5.1 Importancia económica	10
2.5.2 Taxonomía	10
2.5.3 Ciclo biológico	11
2.5.4 Métodos de control	17
2.5.4.1 Control químico	17
2.5.4.2 Control biológico	18
2.5.4.3 Control cultural	19
2.5.4.4 Control con productos naturales	19
III. MATERIAL Y MÉTODO	23
3.1 Localización y Selección de tratamientos	23
3.2 Formulación y dosificación de tratamientos	23
3.3 Establecimiento de unidades experimentales	24
3.4 Obtención de <i>Phyllophaga</i> spp.	25
3.5 Desarrollo experimental	26
3.6 Análisis estadístico	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1 Resultados experimentales	29
4.2 Resultados estadísticos	30
4.3 Conclusiones	34
4.4 Perspectivas	35
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

ÍNDICE DE CUADROS

1. Resultados obtenidos en la etapa experimental _____	29
2. Prueba de Duncan / Análisis de las diferencias entre grupos con intervalo de confianza de 95.00 % _____	30
3. Ordenación y agrupamientos de los grupos no significativamente diferentes _____	31
4. Prueba de Dunnett / Comparación de los grupos con el grupo de control Testigo con intervalo de confianza de 95.00 % _____	31

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Cultivo de amaranto _____	5
2. Cosecha de amaranto _____	6
3. Huevos de <i>Phyllophaga obsoleta</i> _____	12
4. Larva de <i>Phyllophaga</i> sp. _____	13
5. Pupa de <i>Phyllophaga</i> sp. _____	14
6. Adulto de gallina ciega _____	14
7. Ciclo de <i>Phyllophaga</i> spp. _____	17
8. Pesaje de tratamientos _____	24
9. Unidades experimentales _____	25
10. Colecta de organismos _____	26
11. Aplicación de tratamientos _____	27
12. Inspección de estructuras radiculares _____	27
13. Aspecto de planta, raíz y larvas del tratamiento epazote _____	32
14. Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Phyllophaga</i> spp. _____	32

RESUMEN

En el estado de Morelos el cultivo de amaranto se lleva a cabo a nivel tradicional en pequeñas comunidades. Su producción es fundamentalmente de temporal y por la precaria tecnología en su cultivo se ve afectado por diversas plagas, entre las que destacan el complejo gallina ciega (*Phyllophaga* spp). La reducción de las poblaciones de esta plaga se ve restringida fundamentalmente al control químico, que para el caso de adultos consiste en aplicaciones de insecticidas de contacto, en tanto que para el estado larvario que es el que ocasiona el daño, se utilizan productos tóxicos dirigidos al suelo. Lo anterior incrementa sustancialmente los costos de producción dañando colateralmente la entomofauna benéfica.

Ante la problemática, en la investigación se propuso el uso de infusiones vegetales como alternativa de control para *Phyllophaga* spp. El experimento se desarrolló en invernadero evaluando las infusiones de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), higuierilla (*Ricinus communis* L.), ajo (*Allium sativum* L.), venenillo (*Asclepias curassavica* L.) y epazote (*Dysphania ambrosioides* L.), utilizando como testigo agua corriente. La unidad experimental consistió de una bolsa negra para invernadero de 17 cm de alto por 8.5 de ancho y 11 de de largo, llena en sus tres cuartas partes con suelo del cultivo de amaranto. En cada bolsa fueron sembradas 10 semillas de amaranto, que una vez germinadas y alcanzando una altura promedio de 50 cm, se adicionaron tres larvas de gallina ciega de 2^{do} instar. Utilizando un diseño estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones se realizaron cinco aplicaciones de cada tratamiento, evaluando la efectividad 72 horas después de la última aplicación.

Como resultado se obtuvo que el análisis de varianza indicó diferencias significativas entre tratamientos (GDL= 5, F= 5.610, Pr>F= 0.003), en tanto que las pruebas de Duncan y Dunnett determinaron como mejor tratamiento a la infusión de epazote que produjo una mortalidad de 50% en larvas de *Phyllophaga* spp. Le siguieron en importancia la higuierilla y tabaco con 33.3%, venenillo 25% y ajo 8.3%, en comparación al testigo que logró 25%. Adicionalmente se estableció que ningún tratamiento desarrolló algún efecto repelente o antialimentario.

I. INTRODUCCIÓN

La planta de amaranto es un producto que se aprovecha integralmente ya que tiene múltiples usos, aplicaciones y subproductos. Por ejemplo, sus hojas en fresco son empleadas en sopas y ensaladas, la planta entera puede utilizarse en la elaboración de arreglos florales. Su grano se destina para semilla, germinados, cereales, golosinas como la conocida “alegría”, harinas e insumos industriales y el esquilmo para obtener forrajes, abonos para cultivos y camas para los cultivos de vivero (AMA, 2003; Mapes y Rangel, 2010).

Actualmente, el cultivo de amaranto se desarrolla en pequeñas comunidades, generalmente con escasez de agua y tecnología; esta última a nivel tradicional con insipiente maquinaria e insumos (Olán *et al.*, 2012). Además, su cultivo es fundamentalmente de temporal con costo de mano de obra elevado y uso inadecuado de fertilizantes, entre otros (Parra *et al.*, 2012; Ayala *et al.*, 2012; Ayala *et al.*, 2014). Es precisamente por esta precaria tecnología en su cultivo, que el amaranto se ve afectado por diversas plagas. De las más comunes destacan escarabajos, larva de colaspis, gusano alfilerillo y gusano de alambre entre otras (Cuate *et al.*, 2016).

De ellas por su abundancia y daño al sistema radical sobresale el complejo gallina ciega, uno de los problemas fitosanitarios más importantes en este cultivo, destacando el género *Phyllophaga* por ser el más abundante en el estado de Morelos (Aragón y Olguín, 2001; Aragón *et al.* 2005; Pérez, *et al.*, 2005; Aragón y Tapia, 2009; Rodríguez del Bosque y Morón, 2011; Cuate *et al.*, 2016).

El daño que provocan es muy variable dependiendo del cultivo que afectan y sus antecedentes de control; por ejemplo en maíz las pérdidas que ocasionan oscilan entre el 32 y 46% (Polanco, 2008; Cueva, 2014), en fresa puede llegar hasta el 94% (Aragón *et al.*, 2018), amaranto 31.9% (Aragón *et al.*, 2009) y en caña de azúcar las pérdidas en rendimiento alcanzan hasta 31 toneladas por hectárea, aparte de la reducción en rendimiento de azúcar (Morón y Rodríguez, 2010).

El manejo actual de gallina ciega se restringe principalmente al control químico, el cual se lleva a cabo utilizando insecticidas sintéticos aplicados al suelo como el carbofuran y fosforoditioato, productos prohibidos por su alta toxicidad y residualidad (Albert, 1988; Solís *et al.*, 1999; Ruiz *et al.*, 2012). El uso y abuso de estos productos contaminan el suelo y mantos freáticos, alteran el equilibrio de la entomofauna benéfica e incrementan substancialmente los costos de producción (Sánchez y Camazano, 1984). Tomando en consideración lo expuesto, en el presente estudio se propone la utilización de infusiones vegetales como una opción de control para *Phyllophaga* spp., esto como una alternativa económica y con mínimo o nulo impacto ecológico.

1.1 Hipótesis

La aplicación de infusiones botánicas, es una probable opción de control para reducir las poblaciones de *Phyllophaga* spp.

1.2 Objetivo general

Evaluar en condiciones de invernadero, el efecto de cinco especies vegetales en la sobrevivencia de *Phyllophaga* spp.

1.3 Objetivos particulares

a). Determinar el efecto insecticida, repelente y/o antialimentario de *Nicotiana tabacum*, *Ricinus communis*, *Allium sativum*, *Asclepias curassavica* y *Dysphania ambrosioides* en larvas de 2^{do} instar de *Phyllophaga* spp.

b). Contrastar de acuerdo a la literatura, el probable efecto de los tratamientos más destacados.

II. ANTECEDENTES

2.1 Generalidades del amaranto

2.1.1 Importancia del amaranto

El amaranto o “alegría”, fue cultivado desde la época prehispánica por diferentes culturas del centro del país desde hace 5,000 a 7,000 años aproximadamente, con importancia alimentaria similar al maíz, frijol, chile y calabaza. La planta se utilizaba como verdura y en la preparación de tamales y tortillas, en tanto que con los granos producían una harina que servía de alimento en viajes o recorridos largos. (Casas *et al.*, 2001; Mapes y Rangel, 2010; Iturbide *et al.*, 2012; Ayala, *et al.*, 2016). Hoy día se usa en la fabricación de golosinas, como complemento alimenticio, en productos dietéticos, cosméticos y tiene un importante potencial en la industria por sus tipos de aceites, almidones y proteínas (Mapes y Rangel, 2010).

De acuerdo con investigaciones, el amaranto produce semillas con niveles elevados de proteína total, así como del aminoácido lisina, generalmente deficiente en otros cereales (Belton y Taylor, 2002; Barba *et al.*, 2009). Por tanto, su importancia radica en su alto valor nutritivo, tanto en cantidad como en calidad proteica (Mapes y Rangel, 2010; Ayala, *et al.*, 2016). No obstante su producción en México es baja, a pesar de que en los últimos años la superficie sembrada y el volumen de producción registraron durante el periodo de 1982 a 2010, tasas de crecimiento media anual de 8.17 y 15.34% (Ayala, *et al.*, 2016).

Bajo este contexto, en los años 1997,1999 y 2001 se tuvieron las máximas superficies cultivadas con áreas superiores a las 3,000 hectáreas. De 2004 a 2007 se estabilizó la superficie a un nivel ligeramente superior a las 2,000 hectáreas, en tanto que entre 2008 y 2010 la superficie alcanzó nuevamente más de tres mil hectáreas, con promedio de 3,047. Situación similar ocurrió con la producción, obteniendo incrementos variables con un salto a partir de 1995 y máximo histórico en 2001, con la misma tendencia a la estabilización de 2004 a 2007 de 3,000 toneladas y un promedio de 4,075 toneladas (Ayala, *et al.*, 2016). Para 2014, se cultivaron 5,032.25 hectáreas, de las que se cosecharon 5,014.25. Se obtuvo un

total de 6,547 toneladas (con un rendimiento de 1.31 ton/ha) que se vendieron a un precio de mercado de \$11,505.86 / ton. En total, la producción de Amaranto en México representó un valor de \$75,329.89 millones de pesos (LAMSA. 2016). Más recientemente, el SIAP indica que entre los estados de México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Ciudad de México sembraron un total de 3,537 hectáreas, de las que se cosecharon 2,581 con una producción total de 5,089 toneladas (SIAP, 2018).

Actualmente, el cultivo de amaranto se desarrolla en pequeñas comunidades en condiciones de escasez, no sólo de recursos naturales como lo es el agua, sino también de tecnología en la producción y transformación en las regiones donde se produce (Olán *et al.*, 2012). La tecnología utilizada en su producción es tradicional, lo que implica el uso limitado de maquinaria e insumos que permitan explotar su potencial e incrementar la producción por hectárea. Aunado a ello, su cultivo es fundamentalmente de temporal con un manejo laborioso; además de que el empleo de mano de obra es elevado, uso inadecuado de fertilizantes, empleo de semilla criolla y falta de asesoría técnica (Fig. 1,2) (Parra *et al.*, 2012; Ayala *et al.*, 2012; Ayala *et al.*, 2014).



Figura 1. Cultivo de amaranto (INDESOL, 2014).



Figura 2. Cosecha de amaranto (INDESOL, 2014).

2.1.2 Distribución

Existen diferentes plantas que en México se conocen como amarantos, alegrías, bledos, quelites o quintoniles, pertenecen al género *Amaranthus* de la familia Amaranthaceae. Ésta comprende cerca de 65 géneros y 900 especies de hierbas distribuidas en zonas tropicales y subtropicales del mundo y pocas en zonas templadas. El género *Amaranthus* incluye cerca de 70 especies, de las que 40 (60%) son nativas del continente Americano y el resto de Australia, África, Asia y Europa. Pueden crecer de unos cuantos centímetros hasta cerca de 3 metros en las variantes cultivadas (Costea *et al.*, 2001; Mapes y Rangel, 2010).

Los amarantos se han adaptado y diversificado en ambientes modificados, sobre todo en terrenos agrícolas, donde se han domesticado especies y variantes para producción de grano, tales como la alegría de México (*Amaranthus hypochondriacus*) con sus razas azteca, mercado, mixteco, Nepal y picos. Alegría o quintonil de México y Centroamérica (*A. cruentus*) con sus razas sudamericana,

mexicana, guatemalteca y africana, y el kiwicha, milmi o sangorache (*A. caudatus*) en los Andes de Sudamérica (Mapes y Rangel, 2010). Además de estas especies existen otras que se pueden comer como verduras tales como *Amaranthus blitus*, *A. dubius*, *A. edulis*, *A. lividus*, *A. palmeri*, *A. retroflexus*, *A. spinosus* y *A. tricolor*; las cuales crecen como malezas o arvenses en agroecosistemas de milpas, chilares, frijolares y huertos familiares (Mora, 2008; Mapes y Rangel, 2010).

Específicamente para *A. hypochondriacus*, se considera originaria del centro de México debido a que en esta zona se cultiva desde el tiempo de los aztecas, además de encontrarse ampliamente distribuida en todo el país. Esta especie también se cultiva en los Himalaya en Nepal y en el sur de la India, donde se han formado centros secundarios de diversificación. *A. hypochondriacus* presenta características tanto de *A. cruentus* como de la especie silvestre *A. powelli* Watson, sugiriendo incluso que pudiera ser un híbrido entre ambas especies (Sauer, 1950, 1967, 1993).

Una particularidad del amaranto (así como la caña de azúcar y otras plantas), es el tener un mecanismo fotosintético particular conocido como de tipo C4. Este mecanismo lo hace eficiente en condiciones de altas temperaturas, baja disponibilidad de agua y suelos salinos, por lo que se considera podría ser un cultivo alternativo en zonas semiáridas o de baja precipitación, a vida cuenta de poseer características agronómicas que le permiten adaptarse a condiciones ambientales adversas, donde otros cultivos no prosperan (Omami *et al.*, 2006; Gutiérrez y Gutiérrez, 2001). En México se han generado variedades que, en condiciones adecuadas, pueden producir de 3 a 5 toneladas por hectárea. Aunque, éste o sus parientes silvestres, si escapan de cultivo, pueden llegar a convertirse también en malezas competitivas a otros cultivos (Morales *et al.*, 2009; Mapes y Rangel, 2010).

En la república mexicana, el cultivo de amaranto se realiza principalmente en los estados de Puebla (51%), Morelos (22%), Tlaxcala (18%), Distrito Federal (9%), Estado de México (6%) y Guanajuato (2%) (Mapes y Rangel, 2010; LAMSA.

2016). A nivel mundial, China es el principal productor de amaranto con 150,000 hectáreas sembradas. Le siguen India y Perú con 1,800, México 900 y Estados Unidos con 500. En cuanto a participación de mercado en exportaciones, Argentina representa el 49%, Perú el 45.24% y México solamente tiene el 3.02% seguido de Bolivia con 0.36% y Ecuador con 0.25% (LAMSA. 2016).

2.1.3 Descripción botánica

En México los estudios morfológicos, anatómicos y fisiológicos de los amarantos son escasos, ya que no se les ha dado la importancia que merecen y más bien se les ha considerado como plantas arvenses (Agude, 1998; Mapes *et al.*, 1998; Alejandre y Gómez, 1999; Mora, 2008). *Amaranthus hypochondriacus* se derivó como un cultivo de grano principalmente por selección de *Amaranthus powelli*, dentro de las grandes áreas de cultivo que tenían los nativos de Norteamérica. En México, *Amaranthus powelli* y *Amaranthus hybridus* son malezas comunes de *A. hypochondriacus* y los vestigios de la domesticación son fácilmente distinguibles en las poblaciones de malezas (Ramírez, 2006).

El amaranto es una especie anual, herbácea o arbustiva con altura de 1.5 a 2 metros, de diversos colores que van del verde al morado o púrpura con distintas coloraciones intermedias. La raíz es pivotante, con abundante ramificación y múltiples raicillas delgadas que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, la raíz principal sirve de sostén a la planta permitiendo mantener el peso de la panoja. El tallo es cilíndrico y anguloso con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada de 0.4 a 3 m de longitud, cuyo grosor disminuye de la base al ápice, presenta distintas coloraciones que generalmente coinciden con el color de las hojas, aunque a que en muchos casos empiezan desde la base o a media altura y que se originan de las axilas de las hojas (Brenner, 1990; Alejandre y Gómez, 1999; Olvera, 2006; García, 2012; BOTANICAL, 2019).

Las hojas son pecioladas, sin estípulas de forma oval, elíptica, opuestas o alternas con nervaduras prominentes en el envés, lisas o poco pubescentes de color verde o púrpura cuyo tamaño disminuye de la base al ápice, de tamaño

variable de 6.5 a 15 cm. La inflorescencia del amaranto corresponde a panojas amarantiformes o glomeruladas muy vistosas, terminales o axilares, que pueden variar de totalmente erectas hasta decumbentes, con colores que van del amarillo, anaranjado, café, rojo, rosado, hasta el púrpura; el tamaño varía de 50 a 90 cm. Las plantas por el tipo de polinización son predominante autógamas, variando el porcentaje de polinización cruzada con los cultivares (Brenner, 1990; García, 2012; BOTANICAL, 2019).

El fruto es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular, la que a la madurez se abre transversalmente dejando caer la parte superior llamada opérculo, para poner al descubierto la inferior llamada urna donde se encuentra la semilla. La semilla es pequeña, lisa, brillante de 1 a 1.5 mm de diámetro, ligeramente aplanada, de color blanco, aunque existen de colores amarillentos dorados, rojos, rosados, púrpuras y negros; el número de semillas varía de 1,000 a 3,000 por gramo (García, 2012; Grandes, 2015).

2.1.4 Principales plagas

De manera general, los insectos más frecuentes reportados para amaranto son los siguientes. Como plagas del follaje se encuentran los chapulínes *Sphenarium purpurascens* (Pyrgomorphidae) y *Melanoplus* sp. (Acrididae), los cuales se alimentan de la planta en todo su ciclo vegetativo. El pulgón *Macrosiphum* sp. (Aphididae) que se encuentra agregado en el envés de las hojas, tallos, brotes y panoja. Coleóptero *Epicauta* spp. (Meloidea); lepidópteros como el gusano soldado *Spodoptera exigua* (Noctuidae) y *Pholisora catullus* (Hesperiidae), crisomélido *Disonycha melanocephala* (Chrysomelidae) que se alimenta de hojas tiernas y chinche *Lygus lineolaris* (Miridae) de las semillas en maduración (Corréa, 2005; Salas y Baradonenko, 2006; Aragón y Tapia, 2009; Pérez *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2011).

Entre los insectos que atacan el tallo se encuentran el curculionido *Hypolixus truncatulus* (Curculionidae) y la mosca (larva) *Amauromyza abnormalis* (Agromyzidae), ambas barrenadoras del mismo (Espitia, 1990; Torres *et al.*, 2004; Palacios *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2011). En cuanto a la raíz, las especies más

citadas para el estado de Morelos son *Phyllophaga ilhuicaminai* (Melolonthidae) que además del amaranto ataca flor de cempasúchil, frijol, pastos ornamentales, maíz, rábano y tomate (Aragón *et al.*, 2005). Le sigue *Phyllophaga obsoleta* (Blanchard, 1851), *P. brevidens* (Bates, 1888), *P. vetula* (Horn, 1887), *P. setifera* (Burmeister, 1855), *P. pruinosa* (Blanchard, 1851), *P. lenis* (Horn, 1887), *P. ravidata* (Blanchard, 1851) y *P. fulviventris* (Moser, 1918) (Aragón *et al.*, 1997; Rodríguez del Bosque y Morón, 2011; Zaragoza *et al.*, 2016).

2.5 Aspectos generales de *Phyllophaga* spp.

2.5.1 Importancia económica

El género *Phyllophaga* spp. (gallina ciega) está presente en todos los hábitats continentales, insulares y algunos lénticos, excepto ambientes con hielos perennes (Morón, 1983; Díaz, 2002; Morón, 2014). Es considerada la plaga del suelo de mayor impacto económico en Latinoamérica, debido a que ha sido reportada en más de 40 cultivos alimenticios causando desde amarillamiento de las plantas, hasta la pérdida total del cultivo (Arguello *et al.*, 1999). Algunos de los más afectados incluye al maíz, sorgo, arroz, frijol, amaranto, camote, café, solanáceas, cucurbitáceas, frutales, pastos y plantas ornamentales entre muchas otras (King y Saunders, 1984; Morón, 1986; Marín y Muñís, 2008; Ruiz *et al.*, 2013).

Como fue señalado con anterioridad, las larvas al alimentarse de las raíces provocan amarillamiento en la planta, pero además las debilitan causando su pobre desarrollo. Además, suelen presentar síntomas de deficiencia de agua y nutrimentos, son susceptibles al acame, bajan su rendimiento y pueden morir. Por lo general los ataques de la plaga son realizados en manchones y consiguen eliminar una siembra o parte de ella (King y Saunders, 1979; Ruiz *et al.*, 2013).

2.5.2 Taxonomía

Morón (2014) e ITIS (2019), clasifican al complejo gallina ciega perteneciente al género *Phyllophaga* (Melolonthidae) de la siguiente manera.

Reino: Animalia
Subreino: Bilateria
Infrareino: Protostomia
Superphylum: Ecdysozoa
Phylum: Arthropoda
Subphylum: Hexapoda
Clase: Insecta
Subclase: Pterygota
Infraclase: Neoptera
Superorden: Holometabola
Orden: Coleoptera
Suborden: Polyphaga
Infraorden: Scarabeiformia
Superfamilia: Scarabaeoidea
Familia: Melolonthidae y Scarabaeidae
Subfamilia: Melolonthinae
Tribu: Melolonthini
Género: *Phyllophaga* Harris, 1827
Especies: 370 especies descritas (Morón, 1986).

2.5.3 Ciclo biológico

Los insectos del complejo gallina ciega son conocidos en México en su estado adulto como mayates, escarabajos sanjuaneros, escarabajos de mayo o escarabajos de junio. En su etapa larvaria se les denomina gusanos blancos o nixticuiles siendo, como se ha señalado, el género *Phyllophaga* el más importante y de mayor distribución (Morón, 1986). Los adultos se alimentan con hojas, flores, tallos, frutos, polen, néctar, savia, corteza y detritus vegetal; en tanto que sus larvas consumen raíces, humus o xilema (dependiendo de la especie) (Morón, 1983; Díaz, 2002; Morón, 2014).

Sus diferentes etapas de desarrollo comprende: huevo, larva (con tres instares), pupa y adulto. Los huevecillos son inicialmente elongados y posteriormente esféricos, normalmente los ponen de manera individual en suelos húmedos cerca de las raíces, a una profundidad que oscila entre 2 y 10 cm, incuban en aproximadamente 10 a 15 días (Ruiz *et al.*, 2012). Recién depositados son de color blanco opaco (de 1.5 a 3 mm); después de siete días los huevos

fértiles son ovalados o esféricos y se tornan de color blanco traslúcido, casi perlados (Fig. 3) (Polanco, 2008; Coto, 2000).



Figura 3. Huevos de *Phyllophaga obsoleta* (FHA, 2008).

La larva de gallina ciega es de tipo escarabeiforme con tendencia a enrollarse, todas las etapas larvales viven en el suelo, son blancas o cremosas semitransparentes (gordas, carnosas y arrugadas). La porción trasera del abdomen es un poco más grande y levemente oscura, con la cabeza esclerosada café o rojiza, mandíbulas fuertes y patas torácicas bien desarrolladas (a menudo velludas). Longitud de 5 a 7 cm de acuerdo a la especie (Fig. 4). Pasan por tres estadios: los dos primeros comen materia orgánica, tierra y raíces fibrosas de plantas vivas por unas 4 a 6 semanas (Kim *et al.*, 2008; Coca, 2009).



Figura 4. Larva de *Phyllophaga* sp. (FHA, 2008).

El tercer estadio se alimenta vorazmente de las raíces (estrictamente rizófagas) por 5-8 semanas o más. Al terminar su período de alimentación, forma una celda en el suelo donde descansa inactiva por 15 a 21 días hasta que pupa en enero o febrero. En esta fase de desarrollo se ha observado que algunas especies se comportan como individuos territoriales y agresivos y, aunque no se ha reportado canibalismo, con sus potentes mandíbulas atacan a sus congéneres si se encuentran muy próximos. Sin embargo, esto no impide las altas concentraciones de larvas en la zona radicular (Kin y Saunders, 1984; Coto, 2000; Kim *et al.*, 2008; Coca, 2009).

La pupa es exarata (descubierta), está protegida con una cámara pupal elaborada con tierra y excretas, construida mediante la compactación que la larva hace con movimientos circulares. Se localiza en profundidades entre 70 cm y un metro donde permanece hasta la llegada de las lluvias (Rivera, 2014). Tiene una duración de 40 a 60 días (Kin y Saunders, 1984) y es de color marrón amarillenta de 18 mm de largo (Fig. 5) (Subirós, 1995).



Figura 5. Pupa de *Phyllophaga* sp. (Cano, 2006).

Los adultos son escarabajos de color café que varía de amarillento a rojizo, oscuro a grisáceo y verde iridiscente; cubiertos de pelos blancos, finos y cortos sobre los élitros. Miden de 1 a 3 cm según la especie (Fig. 6). La forma del cuerpo en las especies de *Phyllophaga* varía en proporciones de un contorno ovalado-alargado, algunos con perfiles más robustos y redondeados que otros. Las superficies dorsales presentan un grado variable de convexidad, con abdomen robusto y convexo (Morón, 1986; Tadeo, 2007; Ruiz *et al.*, 2013).



Figura 6. Adulto de gallina ciega (FHA, 2008).

La cabeza corresponde al tipo prognato (partes bucales prominentes), aunque funcionalmente se puede situar entre esta posición y la hipognata (cabeza vertical con las piezas bucales dirigidas ventralmente) (Morón, 1986). Tiene un par de ojos compuestos con apéndices masticadores fuertes y compactos (Morón, 2004). Las antenas de *Phyllophaga* son lameladas y pueden estar constituidas por ocho o nueve artejos, aunque pueden variar entre especies, sexos y aún entre poblaciones de una misma especie (Morón, 1986; Tadeo, 2007).

El tórax representa cerca de la mitad del volumen corporal en las especies de *Phyllophaga*. Abdomen con ocho segmentos evidentes, el primer par de alas es endurecido (élitros), forma un estuche protector para las alas membranosas y las partes blandas del dorso del abdomen evitando su desecación (Morón, 2004). Las alas metatorácicas son siempre membranosas, de color amarillento translúcido o sencillamente hialinas y por lo general muestran buen desarrollo en las venas (Morón, 2004; Tadeo, 2007). Finalmente, las patas están formadas por un trocánter oculto, coxas alargadas, fémur robusto y tan largo como la coxa; las tibias bastante aplanadas, poco más largas que el fémur, a veces con procesos dentiformes. Los cuatro primeros tarsómeros en general son semejantes en forma y tamaño. El quinto tarsómero o distal, generalmente es más largo que los precedentes. Las uñas exhiben toda una gama de formas y estructuras que varían de un género a otro e incluso entre especies del mismo género (Morón, 1986; Morón 2004; Tadeo, 2007).

Los ciclos de vida de *Phyllophaga* tienen cierta variación, ya que algunas especies completan su crecimiento en un año, en tanto que otras requieren hasta cuatro años. No obstante, el ciclo de vida común de la especie más destructiva y abundante de estos escarabajos se completa en un período de tres años (Selman, 2011; Ruiz *et al.*, 2013). De manera general el ciclo inicia con los adultos que se aparean por la noche y al amanecer, normalmente durante el final de la primavera o principios del verano. Posteriormente, las hembras regresan a la tierra húmeda para depositar de 15 a 20 huevecillos, usualmente a la sombra de las plantas

huésped o en zonas con alta concentración de materia orgánica a una profundidad de 10 a 20 cm (Selman, 2011; Ruiz *et al.*, 2013).

Dos a seis semanas después los huevos eclosionan dando lugar a larvas de primer estadio, las que se alimentan activamente con raíces finas, tallos subterráneos blandos, bulbos o materia orgánica durante un periodo que varía entre 20 y 60 días, hasta aumentar de 10 a 15 veces su peso inicial antes de la ecdisis (desprendimiento del exoesqueleto) para el segundo estadio, donde incrementan de cinco a siete veces su biomasa en el transcurso de 30 a 60 días (Selman, 2011; Ruiz *et al.*, 2013).

La ecdisis para el tercer estadio larval ocurre entre agosto y octubre, originando la fase más longeva y voraz de estas especies, que en las zonas tropicales o subtropicales se alimenta durante cuatro a ocho meses, y en zonas templadas y frías siete a 14 meses, hasta aumentar de seis a ocho veces su peso antes de iniciar la etapa de prepupa. En las zonas frías o extremosas las larvas de tercer estadio cesan de alimentarse y se inactivan durante parte del otoño e invierno, profundizándose hasta 30 y 40 cm en el suelo para protegerse de las bajas temperaturas y la resequedad (Polanco, 2008).

A finales de otoño o durante la primavera, la larva de tercer estadio delimita una celda o cámara ovoide, compactando con sus excrementos las partículas de suelo que le rodean a una profundidad de 15-20 cm, en la cual expulsa todo el contenido del aparato digestivo y se inmoviliza como prepupa durante una o dos semanas, antes de la ecdisis que da origen a la pupa exorada (apéndices separados del cuerpo). Esta etapa transcurre de 30 a 45 días en el otoño o la primavera para dar origen al imago, el cual permanece dentro de la celda en tanto madura su aparato reproductor y se incrementan la humedad edáfica y temperatura ambiental para realizar sus primeras actividades en el exterior (Fig. 7). Bajo condiciones naturales, la longevidad de los adultos varía entre ocho y 30 días, aun cuando las hembras de algunas especies pueden sobrevivir más de dos meses (Polanco, 2008; Selman, 2011; Ruiz *et al.*, 2013).

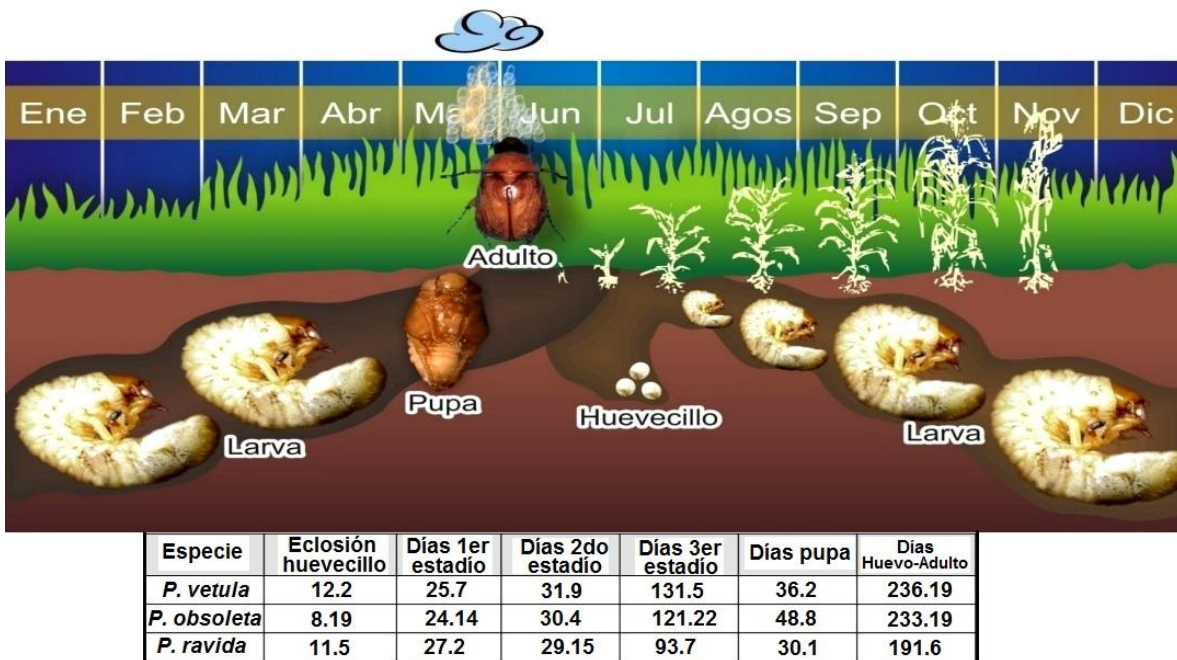


Figura 7. Ciclo de *Phyllophaga* spp. (CESAVEG. 2017).

2.5.4 Métodos de control

Los daños ocasionados por gallina ciega pueden confundirse con deficiencias nutricionales, falta de agua o daños ocasionados por otras plagas y enfermedades, por lo que su combate se confunde o se retarda. Sin embargo, los síntomas característicos que se pueden observar son marchitamiento o muerte de plantas pequeñas, mal desarrollo y acame del cultivo (Olmedo, 2016; SAG-PRONAGRO, 2019).

2.5.4.1 Control químico

Este tipo de control es el más utilizado por su menor costo y efectividad con respecto a otras alternativas como el control biológico. Consiste en controlar los escarabajos adultos al final de abril y en el mes de mayo (Mena y Valle, 2010), o al inicio de las lluvias (Olmedo, 2016). Esto se efectúa haciendo aplicaciones de insecticidas de contacto (piretroides por ejemplo). Se deben hacer al anochecer dirigidas a los sitios donde se concentran los adultos, previniendo con esto su reproducción. También existe la opción de utilizar trampas de luz (control

etológico), encendiéndolas entre 8 y 10 de la noche (Olmedo, 2016; Mena y Valle, 2010).

Para controlar larvas, que son las responsables del daño, es importante que el suelo esté húmedo; de no ser así, es necesario dar un riego ligero después de aplicado el producto para que baje o escurra hasta donde se encuentran las larvas de gallina ciega. Algunos insecticidas utilizados son el triclorfón, con acción rápida pero de corta residualidad, o imidacloprid de acción más lenta (tarda de 2 a 3 semanas en actuar), pero tiene una persistencia mucho mayor (actividad por 2 a 6 meses en el suelo). También se puede optar por insecticidas como terbufos bifentrina o diazinon, por citar algunos. Lo ideal es aplicar cuando se tienen las larvas de primer instar, las que son más susceptibles al insecticida y se encuentran más cerca de la superficie del suelo (Hodgson, 2007; AGROPRODUCTORES, 2018; Reyes, 2018; Mena y Valle, 2010).

2.5.4.2 Control biológico

Actualmente se conocen tres especies de bacterias: *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus sphericus* y *Penibacillus popilliae* con actividad de control sobre insectos de los ordenes Diptera, Orthoptera, Hymenoptera y Coleoptera. (Badii y Abreu, 2006). Diversas cepas de *P. popilliae* han sido reportadas infestando a más de 70 especies de larvas de gallina ciega (Ibarra, 2007). En Costa Rica fue encontrado un complejo de bacterias nativas identificadas como *Bacillus cereus* y *Erwinia* spp., en campo se obtuvo 100% de mortalidad en huevos y los tres instares larvales de *Phyllophaga menetriesi* y *P. obsoleta* (Vargas y Abarca, 1991). También se reportan hongos entomopatógenos sobre larvas del género *Phyllophaga* como *B. bassiana* y *M. anisopliae*, *B. bassiana* ocasionó 24% de mortalidad y *M. anisopliae* entre 82 y 97% en larvas de segundo y tercer instar respectivamente (Poprawski y Yule, 1991; Flores *et al.*, 2002; Mena y Valle, 2010).

2.5.4.3 Control cultural

Para reducir las poblaciones de gallina ciega es necesario realizar barbecho profundo del terreno así como un rastreo suave. De esta manera se logra exponer gran número de larvas a los rayos del sol y a la depredación por aves. Dentro de las recomendaciones se sugiere realizar estas prácticas inmediatamente después de la cosecha del cultivo o en otoño, ya que es el momento en que las larvas se encuentran superficialmente en el suelo. Adicional a lo anterior, enriquecer el suelo con materia orgánica permite que se genere una mayor biodiversidad de microorganismos, donde puedan proliferar depredadores de esta plaga (AGROWARE, 2017; INTAGRI. 2017; Mena y Valle, 2010).

2.5.4.4 Control con productos naturales

Las investigaciones en torno al uso de productos naturales como infusiones y extractos de plantas para el control de gallina ciega, no son muy abundantes; sin embargo, algunas de las más destacadas se mencionan a continuación.

En su investigación, Altamirano (2004) evaluó contra *Phyllophaga obsoleta* en cultivo de repollo la torta de Nim (cinco aplicaciones), ajo y chile (cinco aplicaciones), insecticida terbufos (cuatro aplicaciones) y los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (siete aplicaciones), contando con un testigo absoluto. Con respecto al ajo y chile, señala que la primera aplicación la efectuó al momento del trasplante sumergiendo las raíces de las plantas en la solución. Las siguientes aplicaciones las realizó con intervalo de 10 días utilizando una bomba de 20 L, dirigiendo con la espada de la bomba la solución al pie del surco y la planta. El tratamiento es una solución acuosa que se preparó moliendo 1 libra (453.5 gr) de chile rojo y 8 cabezas de ajo, se maceraron y dejaron reposar en un litro de agua por 24 horas. Posteriormente se coló y diluyó en una bomba de 20 L, calculando que la dosis era suficiente para un área de 730 metros cuadrados.

En sus resultados señala que el promedio de larvas por tratamiento fue de: testigo 11.93, torta de Nim 9.37, ajo más chile 8.78, terbufos 6.36 y *B. bassiana* más *M. anisopliae* 6.51. Dentro de sus conclusiones menciona que se encontraron diferencias significativas sobre la cantidad de larvas entre tratamientos. Las

mayores poblaciones se presentaron en el testigo seguido de torta de Nim. El tratamiento químico y biológico con hongos entomopatógenos tuvieron las menores poblaciones de larvas de *Phyllophaga* durante el desarrollo del cultivo; sin embargo, indica que el control botánico de ajo y chile y el biológico con hongos, lograron los mayores beneficios netos a pesar del número de aplicaciones realizadas.

Andrago y Castro (2012) mencionan, aunque no en una investigación científica, que el ajo (*Allium sativum*) contiene sustancias bactericidas, fungicidas e insecticidas que controlan un amplio rango de plagas en la agricultura. Indican que el ajo se aplica al momento de la siembra o a las plántulas después del trasplante, asegurando que su preparación posee la ventaja de ser absorbido por las plantas logrando incorporarse a la savia de estas, repeliendo con eficiencia a los insectos; particularmente gallina ciega, gusano alambre, gusano cuerudo, hormigas, pájaros y previene el daño causado por hongos que causan el mal del talluelo.

La metodología que sugiere para su preparación consiste en moler o machacar 2 lb de ajo (907.1 gr), depositarlo en un tonel de 20 L con 10 L de agua y tapar, dejándolo reposar por 12 a 24 horas; posteriormente se rellena para completar los 20 L y se cuele. Para tratar semillas se rocían con el preparado sin diluir y se dejan secar para posteriormente sembrarlas. En aplicaciones al suelo se debe diluir utilizando 2 L por cada 20 L de agua. Para plantas recién trasplantadas se aplica al pie de las mismas en cantidades de 20 a 25 ml por planta. Finalmente, proponen aplicar a la siembra dos a tres veces cada ocho días si hay daño por las plagas citadas y como preventivo, una vez cada ocho días.

En otro estudio, Madrigal (2012) colectó *Phyllophaga obsoleta* del campo para inocular 65 vasos con sustrato a 10 cm de profundidad, en los cuales se sembró maíz como planta indicadora de severidad y número de gallinas ciegas vivas (muertas). Evaluó extractos de apazote (*Chenopodium ambrosioides*), leche de sapo (*Euphorbia cotinifolia*), Higuera (*Ricinus communis*), reina de la noche (*Brugmansia suaveolens*) y madero negro (*Gliricida sepium*) (100 ml/L de agua); así como los microorganismos *Metarhizium* sp. y *Beauveria* sp. (20 gr/L de agua),

ambos a razón de 30cc de tratamiento inyectado al suelo por vaso a una profundidad de 4 cm en forma bisemanal. La recolección de datos se realizó cuando se estimó que las plantas a nivel de follaje estaban más deterioradas (principalmente el testigo).

En sus resultados indica que los tratamientos testigo (severidad 8.9), higuierilla (8.3) y reina de la noche (8.1) comparten el grado de severidad más altos, lo que indica que al aplicar los tratamientos no se ejerció ningún efecto sobre *P. obsoleta* a nivel de daño de la raíz. En contraste el resto de tratamientos ejercieron una acción significativa en el control de gallina ciega destacando: epazote (1.2) y leche de sapo (1.7), le siguieron *Metarhizium* sp. (2.1), *Beauveria* sp. (2.3) y madero negro (2.4).

En cuanto al número de larvas vivas, el análisis estadístico evidenció igualdad estadística de todos los tratamientos, así como la diferencia de todos ellos con respecto al testigo. No obstante, el autor señala que la evaluación del número de individuos vivos no se considera relevante en la investigación, debido a que es difícil detallar el nivel de desarrollo de los estados larvales, problemas de estrés y fases terminales de los estadios larvales (L3) de los sujetos a evaluar. Pese a ello, agrega que el extracto con mayor mortalidad fue el epazote, indicativo de su efecto insecticida, agregando que el tratamiento leche de sapo mostró un probable efecto repelente, ya que las larvas se ubicaban en la parte más baja del vaso.

Finalmente algunas otras citas, aunque no son trabajos de investigación, dan cuenta de algunos productos efectivos para control de gallina ciega. Sánchez (2010) recomienda el asperjado de extracto de Neem para reducir poblaciones de la plaga, teniendo por efecto el envenenamiento de larvas y adultos. De igual manera se recomienda el extracto de ajo, aunque no precisamente para gallina ciega, sí para el coleóptero *Agrotis* spp. conocido como gusano de alambre que ataca raíces de diversos tipos de plantas (ECOTERRAZAS, 2019). Por otra parte, Gómez y Vásquez (2011) sugieren el preparado jabonoso de chichicaste (*Chichicaste grandis*), ajo (*Allium sativum*), tabaco (*Nicotiana tabacum*) y cal.

Para su preparación se pela y machaca una cabeza de ajo, un puro de tabaco y 250 g de chichicaste. Posteriormente, en 4 L de agua se disuelven 50 g de cal 14 onzas de jabón amarillo (396.8 g) y 50 ml de alcohol (90⁰), agregando a continuación el ajo, tabaco y chichicaste. Para su utilización recomienda mezclar medio litro de la solución jabonosa con 17.5 L de agua, aplicando la mezcla directamente al suelo cinco días antes de la siembra.

En último lugar, Munro (2014) recomienda el ajo (*A. sativum*) para controlar *Phyllophaga* sp., que además es una alternativa natural contra plagas de ácaros, babosas, minadores, chupadores, barrenadores, masticadores, áfidos, pulgones, bacterias, hongos y nematodos. Agrega que se puede utilizar de varias maneras: en extracto, purines y maceración. En general para su preparación se pelan los ajos y se cortan en trozos pequeños, se vierten en 1 L de agua y se guarda en una botella. Otra opción es colocar varios dientes de ajo en una olla con 5 L de agua y dejar reposar un día, posteriormente llevar a fuego lento por 15 minutos, dejar enfriar y aplicar a hojas o suelo.

III. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Localización y Selección de tratamientos

El experimento se desarrolló bajo condiciones de invernadero en el municipio de Jiutepec, Morelos. Con temperatura promedio de 28⁰C y Humedad Relativa de 19.1%. Las especies vegetales consideradas en la investigación, tal y como se especificó en los objetivos son: tratamiento 1: tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (Solanaceae) en seco granulado. Tratamiento 2: higuera (*Ricinus communis* L.) (Euphorbiaceae) tallos, hojas y semillas en fresco. Tratamiento 3: ajo (*Allium sativum* L.) (Allioideae) bulbo en fresco. Tratamiento 4: venenillo (*Asclepias curassavica* L.) (Apocynaceae) tallo y hojas en fresco y tratamiento 5: epazote criollo (*Dysphania ambrosioides* L.) (Amaranthaceae) hojas y tallo en fresco. La elección de estas plantas se fundamentó en reportes de autores que les confieren propiedades insecticidas para gallina ciega, así como para otras plagas insectiles (Altamirano, 2004; Gómez y Vásquez, 2011; Andrago y Castro, 2012; Madrigal, 2012; Sánchez, 2015).

3.2 Formulación y dosificación de tratamientos

En la preparación de infusiones se utilizaron 30 g de cada planta siguiendo la metodología descrita a continuación. El producto pesado se picó y colocó en un litro de agua previamente calentada a 90 ⁰C, dejándolo reposar por 24 horas (Fig. 8). A continuación se coló y aplicó inmediatamente en el experimento (Altamirano, 2004; Madrigal, 2012).



Figura 8. Pesaje de tratamientos.

3.3 Establecimiento de unidades experimentales

La unidad experimental consistió de una bolsa negra para invernadero de 17 cm de alto por 8.5 de ancho y 11 de de largo. Tres cuartas partes de ella se llenó con suelo obtenido de las zonas de cultivo de amaranto ubicadas en el municipio de Temoac, Morelos (Fig. 9) De igual forma, la adquisición de semilla se realizó con los mismos productores de la región. La siembra se efectuó de manera mateada el 12 de julio de 2019, agregando 10 semillas por bolsa a una profundidad de 1 cm (Tello, 2003; INDESOL, 2014). La germinación inició del 19 al 20 de julio y la colocación de larvas se llevó a cabo a partir del 27 de agosto del mismo año.



Figura 9. Unidades experimentales.

3.4 Obtención de *Phyllophaga* spp.

Para la colecta de larvas (2^{do} instar) se recurrió a cultivos de amaranto en la localidad de Temoac, Morelos. En el lugar se escarbó cuidadosamente al pie de la planta a una profundidad aproximada de 30 cm para exponer los organismos (Fig. 10). Éstos se tomaron con pinzas de disección y colocaron en recipientes con suelo del mismo lugar para ser transportados. Ya en laboratorio, los especímenes fueron seleccionados tratando de elegir aquellos sanos con apariencia intacta, es decir, que no mostraran daño alguno, producto de la colecta y transporte. A continuación, se colocaron de manera individual en vasos plásticos de 500 ml (larva por vaso) previamente llenados con suelo obtenido del lugar de colecta. Como alimento se les proveyó de raíces de amaranto manteniéndolas en observación por 72 horas (Cano, 2006), asegurando con ello su viabilidad para la etapa experimental.



Figura 10. Colecta de organismos.

3.5 Desarrollo experimental

Para la etapa experimental se utilizó un diseño estadístico de bloques al azar con cuatro repeticiones (Reyes, 1985; Díaz, 2009). Cada repetición de cada tratamiento (seis tratamientos incluyendo el testigo) contó con una unidad experimental y/o bolsa, en cada una de las cuales se introdujeron tres larvas de *Phyllophaga* spp.

Para evaluar los tratamientos se realizaron cinco aplicaciones, una al inicio del experimento y las restantes cada 72 horas. En cada aplicación se vertió al pie de la planta 250 ml de la infusión (tratamiento) que correspondiera, llevando a cabo un total de cinco aplicaciones (Fig. 11). 72 horas después de la última aplicación, se sacaron las plantas de las bolsas para inspeccionar el daño a su estructura radicular, revisando al mismo tiempo la ubicación y estado de la larva, determinando de esta manera si el tratamiento ejerció algún efecto sobre la plaga (Fig. 12).



Figura 11. Aplicación de tratamientos.



Figura 12. Inspección de estructuras radiculares.

3.6 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de resultados se utilizó el Paquete Estadístico XLSTAT Versión 7.5.2. para EXCEL desarrollado por Addinsoft (1995–2004). Las pruebas comprendieron: análisis de normalidad de Jarque-Bera y Shapiro-Wilk, análisis de varianza, comparación múltiple de medias de Duncan y la prueba de Dunnett para comparar los tratamientos con el testigo, todas con intervalo de confianza del 95%.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados experimentales

En el Cuadro 1 se muestran los resultados referentes al peso promedio de larvas al inicio y final del experimento, aspecto que podría dar pauta a considerar el probable efecto antialimentario de algún tratamiento. De igual manera, se expone la mortalidad de individuos ocasionada por las infusiones en sus diversas repeticiones, valores que sirvieron de base para el desarrollo del análisis estadístico.

Cuadro 1. Resultados obtenidos en la etapa experimental.

INFUSIÓN Repeticición	Peso inicial promedio por larva (g)	Peso final promedio (g)	Sobrevivencia	
			Vivas	Muertas
Tabaco	0.67	0.83	3	0
Tabaco	0.6	0.75	2	1
Tabaco	0.41	0.6	1	2
Tabaco	0.47	0.71	2	1
Higuerilla	0.53	0.69	1	2
Higuerilla	0.57	0.65	2	1
Higuerilla	0.7	1.1	2	1
Higuerilla	0.7	0.93	3	0
Ajo	0.43	0.59	3	0
Ajo	0.57	0.93	3	0
Ajo	0.5	0.65	2	1
Ajo	0.6	1.03	3	0
Venenillo	0.43	0.71	2	1
Venenillo	0.67	0.77	3	0
Venenillo	0.53	0.8	1	2
Venenillo	0.63	1.0	3	0
Epazote	0.6	0.95	2	1
Epazote	0.6	0.69	2	1
Epazote	0.53	0.67	1	2
Epazote	0.49	1.4	1	2
Testigo	0.52	0.64	3	0
Testigo	0.6	0.8	2	1
Testigo	0.47	0.6	1	2
Testigo	0.73	1.06	3	0

4.2 Resultados estadísticos

En lo que respecta al análisis estadístico se obtuvieron los siguientes resultados. Al someter los valores de mortalidad a las pruebas de normalidad de Jarque-Bera y Shapiro-Wilk, se obtuvo por resultado que el primero consideraba la no normalidad en cuanto a su distribución, en tanto que el segundo aceptaba la normalidad de los mismos. En consecuencia, se desarrolló el análisis de varianza que indicó diferencias significativas entre tratamientos (GDL= 5, F= 5.610, Pr>F= 0.003).

A partir del resultado de la prueba anterior, se aplicó la comparación múltiple de medias de Duncan para determinar los tratamientos diferentes (Cuadro 2). De acuerdo con el análisis, la única infusión que mostró diferencia absoluta con el testigo fue el epazote, al igual que con el ajo y venenillo, en tanto que éste mostró alguna semejanza con el tabaco e higuierilla, aspectos que se resumen en la ordenación y agrupamientos (Cuadro 3).

Cuadro 2. Prueba de Duncan / Análisis de las diferencias entre grupos con intervalo de confianza de 95.00 %.

TRATAMIENTOS	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico	Pr. > Dif	Alfa (modificado)	Significativo
Epazote ~ Ajo	1.275	5.103	2.348	0.001	0.226	Sí
Epazote ~ Venenillo	0.750	3.002	2.315	0.052	0.185	Sí
Epazote ~ Testigo	0.750	3.002	2.270	0.035	0.143	Sí
Epazote ~ Higuierilla	0.500	2.001	2.204	0.141	0.098	No
Epazote ~ Tabaco	0.500	2.001				No
Tabaco ~ Ajo	0.775	3.102	2.315	0.043	0.185	Sí
Tabaco ~ Venenillo	0.250	1.001	2.270	0.751	0.143	No
Tabaco ~ Testigo	0.250	1.001				No
Tabaco ~ Higuierilla	0.000	0.000				No
Higuierilla ~ Ajo	0.775	3.102	2.270	0.029	0.143	Sí
Higuierilla ~ Venenillo	0.250	1.001	2.204	0.586	0.098	No
Higuierilla ~ Testigo	0.250	1.001				No
Testigo ~ Ajo	0.525	2.101	2.204	0.118	0.098	No
Testigo ~ Venenillo	0.000	0.000				No
Venenillo ~ Ajo	0.525	2.101	2.101	0.050	0.050	Sí

Cuadro 3. Ordenación y agrupamientos de los grupos no significativamente diferentes.

Tratamientos	Media	Agrupamientos		
Epazote	1.500	A		
Tabaco	1.000	A	B	
Higuerilla	1.000	A	B	
Testigo	0.750		B	C
Venenillo	0.750		B	C
Ajo	0.225			C

Corroborando el resultado anterior la prueba de Dunnett determina, al comparar todos los tratamientos con el testigo, que la infusión de epazote fue el único producto diferente; es decir, que fue el tratamiento que ocasionó una mortalidad significativa en larvas de *Phyllophaga* spp.

Cuadro 4. Prueba de Dunnett / Comparación de los grupos con el grupo de control Testigo con intervalo de confianza de 95.00 %.

Tratamientos	Diferencia	Diferencia estandarizada	Valor crítico d	Diferencia crítica	Significativo
Epazote ~ Testigo	0.750	3.002	2.762	0.690	Sí
Tabaco ~ Testigo	0.250	1.001	2.762	0.690	No
Higuerilla ~ Testigo	0.250	1.001	2.762	0.690	No
Venenillo ~ Testigo	0.000	0.000	2.762	0.690	No
Ajo ~ Testigo	-0.525	-2.101	2.762	0.690	No

Aunado a lo expuesto, se estableció que ninguna de las infusiones evaluadas ejerció algún efecto repelente, ya que las larvas en los diversos tratamientos se encontraban entre las raíces o cerca de ellas. De igual manera, se concluyó la inexistencia de efecto antialimentario debido a la consistencia en ganancia de peso de las larvas (Fig. 13). Así por ejemplo las larvas del testigo registraron un incremento de peso en promedio de 0.19 g, en el epazote de 0.37 g, venenillo 0.26, ajo 0.28, higuerilla 0.22 y tabaco 0.19 g.



Figura 13. Aspecto de planta, raíz y larvas del tratamiento epazote.

Para ejemplificar lo expuesto se elaboró la figura 14, que muestra el porcentaje de mortalidad desarrollado por cada tratamiento en comparación al testigo. En ella destaca que tanto la infusión de tabaco como higuera alcanzaron el mismo porcentaje de mortalidad (33.3%), superior al mostrado por el ajo, venenillo y testigo, pero inferior al desarrollado por el epazote que logró el 50% de mortalidad de larvas de *Phyllophaga* spp.

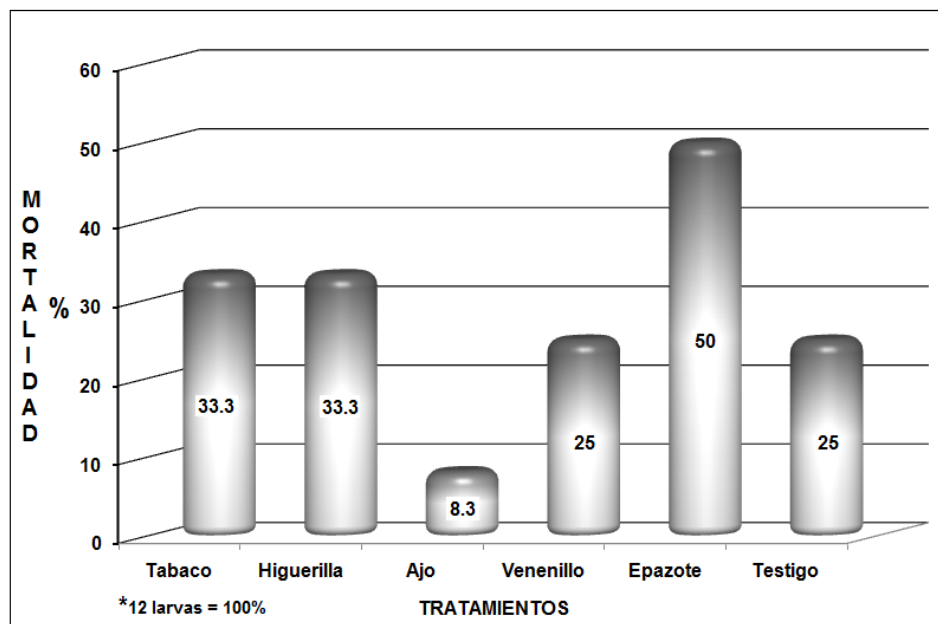


Figura 14. Porcentaje de mortalidad de larvas de *Phyllophaga* spp.

Finalmente, los resultados obtenidos por algunos tratamientos en la investigación contrastan con los reportados por ciertos autores. Al respecto Andrago y Castro (2012) y Munro (2014) mencionan que el ajo cuenta con sustancias insecticidas capaces de controlar el complejo gallina ciega; sin embargo, en el estudio se constató que al menos en el cultivo de amaranto el producto no ejerce algún efecto antagónico al desarrollo de la plaga.

En contraste con lo anterior, Madrigal (2012) señala que el epazote ejerce una acción significativa en el control de gallina ciega reduciendo la severidad de su ataque en 1.2 %, comparado con el testigo que obtuvo 8.9 %. Como es evidente, su conclusión respalda el resultado obtenido en el presente estudio, en donde esta misma especie vegetal fue la que presentó la mayor mortalidad. Con referencia al tabaco, higuierilla y venenillo, no se cuentan con estudios que describan su empleo para el control de gallina ciega, imposibilitando por tanto la contrastación de sus resultados.

4.3 Conclusiones

De acuerdo al análisis estadístico, se determinó que la mayor mortalidad la causó la infusión de epazote, único tratamiento diferente al testigo.

La infusión de epazote fue la más destacada por lograr una mortalidad de 50% de larvas de *Phyllophaga* spp. Le siguieron en importancia la higuierilla y tabaco con 33.3%, venenillo 25% y ajo 8.3%, en comparación al testigo que obtuvo 25%.

Ninguna de las infusiones evaluadas ejerció efecto repelente, dado que las larvas se encontraban entre las raíces de la planta huésped o cerca de ella.

Asimismo, se concluye la inexistencia de efecto antialimentario debido a la consistencia en ganancia de peso de las larvas.

4.4 Perspectivas

En virtud de los resultados obtenidos en la investigación, se plantea la necesidad de reestructurar el diseño experimental a fin de tratar de mejorar el desempeño de las especies vegetales evaluadas. Bajo esta perspectiva, se pretende continuar la investigación estableciendo diversos ensayos que involucren nuevos parámetros.

Entre estos se podrían señalar por ejemplo, el incrementar sustancialmente la dosis evaluada con anterioridad para determinar si es factible aumentar la tasa de mortalidad en gallina ciega. De igual forma, se prevé incluir la infusión de algunas otras plantas con potencial insecticida. Una proyección más, consiste en realizar combinaciones de plantas para intentar potencializar su efecto, tal es el caso de la higuierilla y tabaco que mostraron cierto efecto en la plaga y que tal vez la combinación entre ellas, e incluso con el epazote pudiera incrementar su eficacia.

Otro aspecto que también podría ser modificado, sería aumentar el número de repeticiones por tratamiento para contar con una población mayor de organismos, lo que daría más certidumbre estadística a los resultados. Como último punto se tiene la cantidad de infusión utilizada en cada aplicación que fue de 250 ml, dosis que tal vez era suficiente pero no ideal; por tanto, se pretende incrementar la cantidad de mililitros para tratar de aumentar el tiempo de contacto entre la plaga y la infusión.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROPRODUCTORES. 2018. Gallina ciega (*Phyllophaga* sp.). En: <http://agroproductores.com/gallina-ciega/>
- AGROWARE. 2017. Principales plagas de la fresa y métodos de control recomendados. En: <http://sistemaagricola.com.mx/blog/control-principales-plagas-de-la-fresa/340>
- Agunde, G. F. 1998. Cultivo del amaranto en México (*Amaranthus* spp.). Monografía UAAAN. 6 p.
- Albert, L. 1988. Contaminación de los alimentos por productos químicos. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, México. 32 p.
- Alejandro I. G. y L. F. Gómez. 1999. Cultivo del amaranto en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 245 p.
- Altamirano, G. M. 2004. Evaluación de insecticidas biológicos, botánicos y químicos para el control de *Phyllophaga* sp. en el cultivo de repollo (*Brassica aleraceae* L.), Miraflor, Esteli, Nicaragua. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua. 59 p.
- AMA. 2003. Centro de información al consumidor de amaranto. Asociación Mexicana del Amaranto. En: <http://www.amaranto.com.mx/vertical/faq/faq.htm>
- Andrago, R. y A. Castro. 2012. Manual del huerto familiar con enfoque biointensivo. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano. Honduras 68 p.
- Aragón, G. A., A. M. Tapia e I. S. Huerta. 1997. Insectos asociados con el cultivo de amaranto *Amaranthus hypocondriacus* L. (Amaranthaceae) en el Valle de Tehuacán Puebla, México. Folia Entomológica Mexicana.100: 33-43.
- Aragón G., A. y J. L. Olguín. 2001. Descripción y control de las plagas de amaranto. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 32 p.
- Aragón, G. A., M. R. Morón, J. L. Olguín y P. L. Cervantes. 2005. Ciclos de vida y conducta de adultos de cinco especies de *Phyllophaga* Harris, 1827 (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae). Acta Zoológica Mexicana. 21(2): 87-99.
- Aragón G. A. y A. M. Tapia. 2009. Amaranto orgánico. Métodos alternativos para el control de plagas y enfermedades. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 63 p.

- Aragón, G. A., S. R. Velázquez, J. L. Olgúin, M. Á. D. Huato y M. H. Lara. 2009. Especies de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociado al cultivo de amaranto, en el estado de Puebla. *Tópicos de Entomología Agrícola*. pp. 483-488.
- Aragón, G. A., B. P. Torres, M. A. Sánchez, V. C. Mozo, J. L. Olgúin y G. L. García. 2018. Estrategias agroecológicas para el control de gallina ciega en cultivos agrícolas. pp. 135-147. En: *Diversidad, Ecología y Manejo de Insectos Rizófagos*. M. B. Nájera y A. Aragón (Eds.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Arguello, H., O. Cáceres y M. A. Morón. 1999. Guía ilustrada para identificación de especies de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) presentes en las principales zonas agrícolas de Nicaragua. PROMIPAC-Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Honduras. 18: 19.
- Ayala, G. A. V., L. D. Escobedo, E. L. Cortés y R. E. Espitia. 2012. El cultivo de amaranto en México, descripción de la cadena, implicaciones y retos. pp. 315-330. En: R. E. Espitia (Ed.). *Amaranto: ciencia y tecnología*. Libro Científico. Núm. 2. México. INIFAP-SINAREFI.
- Ayala, G. A., P. R. Valencia, L. C. Espinoza, M. Olán, D. E. López y E. E. Range. 2014. La rentabilidad del cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la región centro de México. *CIENCIA, ergo-sum*. 21(1): 47-54.
- Ayala, G. A., E. E. Rangel, P. R. Valencia, G. M. Trejo y G. A. Vargas. 2016. Análisis de la cadena del valor de amaranto en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 13(1): 87-104.
- Badii, M. H. y J. L. Abreu. 2006. Biological control a sustainable way of pest control. *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Mitosporic). *Daena International Journal of Good Conscience*. 1(1): 82-89.
- Barba, A. P., I. S. Fomsgaard, B. Laursen, A. G. Mortensen, J. O. Martínez, C. S. Sánchez, A. M. Herrera, A. Rodríguez y J. G. Castañeda. 2009. Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *Journal of Cereal Science*. 49:117-121.
- Belton, P. y J. N. Taylor. 2002. *Pseudocereals and less common cereals*. Springer Verlag. Berlin, Heideberg, Alemania. 261 p.
- BOTANICAL. 2019. Características del amaranto: *Amarantus caudatus* L. En: <https://www.botanical-online.com/amaranto.htm>
- Brenner, D. 1990. Seed shattering control with indehiscent utricles in grain *Amaranthus*. *LEGACY* 3: 2-3.

- Cano, B. E. 2006. Taxonomía, densidad poblacional y predicción de la distribución del complejo gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeidae), que atacan los cultivos de maíz (*Zea mays*) en Guatemala. Proyecto FODECYT No. FD-10-03. Guatemala. 151 p.
- Casas, A., A. V. Banuet, J. L. Viveros, J. Caballero, L. Cortés, P. Dávila, R. Lira e I. Rodríguez. 2001. Plant resources of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany*. 55(1): 129-166.
- CESAVEG. 2017. Problemática de plagas del suelo en Guanajuato. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato. 19 p.
- Coca, A. M. 2009. De Gusano blanco a escarabajo sanjuanero (Coleoptera: Scarabaeidae). Características morfológicas, modo de vida e incidencia en cultivos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 44: 581-586.
- Corréa, F. B. 2005. Susceptibility of soybean stink bugs prior to pod development. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Brazilia. 40(11): 1067-1072.
- Costea, M., A. Sanders y G. Waines. 2001. Preliminary results toward a revision of the *Amaranthus hybridus* species complex (Amaranthaceae). *SIDA. The Botanical Research Institute of Texas, Inc.* 19: 931-974.
- Coto, D. 2000. Gallinas ciegas como plagas de cultivos anuales y perenes. *Manejo Integrado de Plagas. Hoja Técnica*. No. 32. 55 p.
- Cuate, M. V., A. A. García, B. P. Torres, J. L. Olguín, M. A. Morón y R. R. Martínez. 2016. Manejo del complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociado al cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) en Puebla, México. *AGROCIENCIA*. 50(7): 889-900.
- Cueva, T. M. 2014. Identificación taxonómica de las especies de *Phyllophaga* (Col. Scarabaeidae) presentes en diez cultivos de importancia económica en la Provincia de los Ríos. ESPE. En: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:4ky51W47-moJ:https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9426/2/T-ESPE-002706-D.pptx+&cd=33&hl=es&ct=clnk&gl=mx>
- Díaz, M. P. 2002. Abundancia y distribución de especies de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae), hongos (Hyphomycetes) y nematodos (Nematoda: Heterorhabditidae) entomopatógenos en los altos de Jalisco, México. Tesis Licenciatura. Universidad de Colima. 94 p.
- Díaz, C. A. 2009. Diseño estadístico de experimentos. Editorial Universidad de Antioquia. Segunda edición. Colección Ciencia y Tecnología. Colombia. 285 p.
- ECOTERRAZAS. 2019. Insecticidas naturales. En: <http://www.ecoterrazas.com/blog/insecticidas-naturales/>

- Espitia, R. E. 1990. Situación actual y problemática del cultivo del amaranto en México. En: S. Trinidad, L. F. Gómez, y R. G. Suárez (Comp.). El amaranto *Amarantus* spp. su cultivo y aprovechamiento. Colegio de Posgraduados. México. pp. 101-109.
- FHA. 2008. Avances en el estudio de la biología y hábitos de la gallina ciega (*Phyllophaga obsoleta*) en Honduras. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Hoja Técnica No. 3. 4 p.
- Flores, A. G., W. De la Rosa, C. J. Rojas y A. C. Ramírez. 2002. Evaluation of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Mitosporic) against species of the white grub complex en the South of Mexico. ECOSUR, MEXICO. Southwestern Entomologist. 27(1): 73-83.
- García, I. L. 2012. Variedades de amaranto y fechas de siembra para rendimiento de grano y forraje en San Luis Potosí. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 56 p.
- Gómez, D. y M. Vásquez. 2011. Manejo de plagas. Serie: producción orgánica de hortalizas de clima templado. Honduras. PYMERURAL. 33 p.
- Grandes, R. G. 2015. Caracterización morfológica y evaluación agronómica de 8 líneas de amaranto (*Amaranthus* sp.) provenientes de Rusia en el barrio Tigualo (Salcedo) y en el barrio las Manzanas (Sigchos). Cotopaxi. 2014. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. Tesis de Grado. 100 p.
- Gutiérrez, I. J. y F. I. Gutiérrez. 2001. Rentabilidad de los cultivos de amaranto y maíz para grano en la zona central de México. Agricultura Técnica en México. 27(2): 143-151.
- Hodgson, E. 2007. White grubs. Utah State University Extension. Utah pests fact sheet, ENT-104-107, 3p.
- Ibarra, J. E. 2007. Uso de bacterias en el control biológico. pp. 144-159. En: L. A. Rodríguez del Bosque y H. A. Bernal. Teoría y aplicación del control biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico. México.
- INDESOL. 2014. Manual para la producción de amaranto: cultivo, cosecha y post cosecha. Instituto Nacional de Desarrollo Social – Puente. Programa Eco-Amaranto. Oaxaca. 12 p.
- INTAGRI. 2017. Manejo integrado de la gallina ciega. En: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-integrado-de-la-gallina-ciega>
- ITIS. 2019. *Phyllophaga* spp. Integrated Taxonomic Information System. En: <https://www.google.com/search?q=ITIS&oq=ITIS&aqs=chrome.0.69i59j0j69i60l3j0.1655j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

- Iturbide, G. A., C. L. Valdés y J. P. García. 2012. Selección y adaptación de variedades criollas de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) en el noreste de México. pp. 249-256. En: E. E. Rangel (Ed.). Amaranto: ciencia y tecnología. Libro Científico Núm. 2. México. INIFAP-SINAREFI.
- King, A. B. S. y J. L. Saunders. 1979. El control de gallina ciega (*Phyllophaga* sp.) en maíz con insecticidas aplicados con métodos sencillos. Turrialba. 29(1): 17-19.
- King, A. B. S. y J. L. Saunders. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. CATIE. Costa Rica. 179 p.
- Kim, G. K., C. Mannion, A. Hunsberger, E. Buss y L. Buss. 2008. Gallegos/Gallinas Ciegas/Jobotos/Gusanos Aradores (May or June Beetles - *Phyllophaga* spp.). Integrated Pest Management Florida. University of Florida. IFAS Extension. 2 p.
- LAMSA. 2016. Amaranto, cultivo con gran potencial de exportación. En: <http://www.lamsa.com.mx/node/1451>
- Madrigal, C. S. 2012. Evaluación del control biológico de *Phyllophaga* sp. con el uso de maíz (*Zea mays*) como planta hospedera. Instituto Nacional de Aprendizaje. 30 p. En: <https://docplayer.es/64505796-Evaluacion-del-control-biologico-de-phyllorphaga-sp-con-el-uso-de-maiz-zea-mays-como-planta-hospedera.html>
- Mapes, C., F. Basurto, J. Caballero y R. Bye. 1998. Tendencias evolutivas en amaranto (*Amaranthus* spp.) bajo selección humana en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 62: 91-107.
- Mapes, S. E. y E. E. Rangel. 2010. Recopilación y análisis de la información existente de las especies del género *Amaranthus* cultivadas y de sus posibles parientes silvestres en México (informe final). Instituto de Biología, UNAM-Campo Experimental Bajaío, INIFAP. 232 p.
- Marín, J. A. y R. B. Muñiz. 2008. Especies del complejo "gallina ciega" del género *Phyllophaga* en Guanajuato, México. Agricultura Técnica en México. 34(3): 349-355.
- Mena, C. J. y R. V. Valle. 2010. Manejo integrado de plagas y enfermedades del frijol en Zacatecas. SAGARPA-INIFAP. Folleto Técnico No. 24. 91 p.
- Mora, M. E. 2008. Evaluación de etapas fenológicas en el cultivo del amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*) para su comercialización y producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis de Licenciatura. Saltillo Coahuila. 68 p.

- Morales, G. J., N. M. Vázquez y R. C. Bressani. 2009. El amaranto. Características físicas, químicas, toxicológicas y funcionales y aporte nutricional. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zuribán. 5 p.
- Morón, M. A. 1983. Introducción a la biosistemática y ecología de los coleópteros Melolonthidae edafícolas de México. II Mesa Redonda Sobre Plagas del Suelo. SME-UACH. pp. 1-40.
- Morón, M. A. 1986. El género *Phyllophaga* en México. Morfología, distribución y sistemática supraespecífica. Publ. 20. Instituto de Ecología, México. 342 p.
- Morón, M. A. 2004. Escarabajos: 200 millones de años de evolución. España. Comité Editorial de la Sociedad Entomológica Aragonesa y Comité Editorial del Instituto de Ecología, A.C. 204 p.
- Morón, M. A. y L. A. Rodríguez Del Bosque. 2010. Importancia, historia y retos. pp. 3-17. En: L. A. Rodríguez y A. M. Morón (Eds.). Plagas del suelo. Colegio de Postgraduados. INIFAP. Universidad Autónoma Chapingo, Mundi-Prensa México.
- Morón, M. A. 2014. Biodiversidad de Melolonthidae (Coleoptera) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85: 298-302.
- Munro, O. D. 2014. Plantas con propiedades insecticidas. Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Colima. 34 p. En: <http://seder.col.gob.mx/documentos/2014/BIOINSECTICIDAS2014.pdf>
- Olán, M., R. E. Espitia, V. P. Rivas y T. N. Elías. 2012. Propuestas y avances del diseño de un paquete tecnológico para el cultivo de amaranto en el Distrito Federal. pp. 187-202. En: A. V. Ayala, G. Almaguer, M. H. Romero y R. López. (Coords.). Propuestas y avances del diseño de un paquete tecnológico para el cultivo de amaranto en el Distrito Federal. Plaza y Valdés.
- Olmedo, B. E. 2016. Evaluación de tres insecticidas biológicos y un insecticida químico, para el control de gallina ciega *Phyllophaga* spp. en el cultivo de café *Coffea arabica*, diagnóstico y servicios realizados en la finca Varales Esquipulas. Chiquimula, Guatemala. Tesis Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 105 p.
- Olvera, Z. L. 2006. Análisis técnico-financiero en la producción de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en el municipio de Temoac, Morelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis de Licenciatura. Saltillo Coahuila. 133 p.
- Omami, E. N., P. S. Hammes y P. J. Robbertse. 2006. Differences in salinity tolerance or growth and water use efficiency in some amaranth (*Amaranthus* spp.) genotypes. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 34(1); 11-22.

- Palacios, T. R., J. N. Romero, J. Étienne, L. S. Carrillo, J. C. Valdez, H. M. Bravo, D. S. Koch, V. M. López y A. V. Terán. 2008. Identificación, distribución y plantas hospederas de diez especies de Agromyzidae (Insecta: Diptera), de interés agronómico en México. *Acta Zoológica Mexicana*. 24(3): 7-32.
- Parra, C. F. y J. P. Délano. 2012. Uso de batearías promotoras de crecimiento vegetal para aumentar la productividad de amaranto de grano. pp. 113-127. En: E. E. Rangel (Ed.). *Amaranto: ciencia y tecnología*. Libro Científico. Núm. 2. México. INIAP-SINAREF.
- Pérez, T. B., C. A. Aragón, A. M. Tapia y J. L. Olguín. 2005. Plaga de importancia económica en el sistema radicular del cultivo de amaranto y su control. *Memorias del Tercer Encuentro de Transferencia y Tecnología Agropecuaria y Agroindustrial en el estado de Puebla (CD)*.
- Pérez, T. B., A. G. Aragón, M. N. Baustista, R. A. Tapia y J. L. Olguín. 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.
- Pérez, T. B., A. A. García, R. P. Avilés, L. R. Hernández y J. L. Olguín. 2011. Estudio entomofaunístico del cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2(3): 359-371.
- Polanco, M. J. 2008. Patogenicidad de aislamientos nativos de hongos entomopatógenos sobre el complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) de Los Altos de Chiapas, México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 78 p.
- Poprawski, T. J. y W. N. Yule. 1991. Incidence of fungi in natural populations of *Phyllophaga* spp. and susceptibility of *Phyllophaga anixia* (Coleoptera: Scarabeidae) to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina). *Journal of Applied Entomology*. 112(1): 359-365.
- Ramírez, S. J. 2006. Evaluación de cuatro genotipos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Navidad Nuevo León. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Tesis Licenciatura. Saltillo, Coahuila. 63 p.
- Reyes, C. P. 1985. *Diseño de experimentos aplicados*. Cuarta reimpresión. Editorial Trillas. México. 348 p.
- Reyes, M. L. 2018. Fitosanidad del cultivo del gladiolo (*Gladiolus* spp.) en el Estado de México. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. 50 p.
- Rivera, C. M. 2014. Evaluación de cuatro productos para el control biológico de la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) en los viveros de café de la finca colombia. Tesis de Grado. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. 94 p.

- Rodríguez del Bosque, L. A. y M. A. Morón. 2011. Plagas del suelo. Mundi Prensa. México. 417 p.
- Ruiz, V. J., T. A. Bolaños, M. E. S. Rivera y S. G. Pablo. 2012. Control integrado de la gallina ciega *Phyllophaga vetula* Horn (Coleoptera: Melolonthidae) con agentes entomopatógenos en Oaxaca, México. Revista Científica UDO Agrícola. 12(3): 609-616.
- Ruiz, C. J., E. B. Mosqueda, G. R. Ojeda, A. B. González, M. Á. Cilva, J. R. González, U. N. Camberos y K. B. Murphy. 2013. Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. SAGARPA-INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro Campo Experimental Centro Altos de Jalisco Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Libro Técnico Núm. 2. 459 p.
- SAG-PRONAGRO. 2019. Gallina ciega (*Phyllophaga*). Cadena agroalimentaria: caña de azúcar. Secretaría de Agricultura y Ganadería. En: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:r8467T_OrE8J:pronagro.sag.gob.hn/dmsdocument/296+&cd=14&hl=es&ct=clnk&gl=mx
- Salas, A. M. y A. Baradonenko. 2006. Insectos asociados al amaranto (Amaranthaceae) en Irapuato, Guanajuato. Universidad de Guanajuato. Acta Universitaria. 16(1): 50-56.
- Sánchez, M. M. y M. S. Camazano. 1984. Los plaguicidas; adsorción y evolución en el suelo. Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología. Temas de Divulgación. 1ª edición. En: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/12919/1/plaguicidas.pdf>
- Sánchez, A. J. 2010. Plagas del cultivo de maíz y estrategias de control agroecológico. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila. Tesis Licenciatura. 50 p.
- Sánchez, L. L. 2015. Evaluación de infusiones botánicas como una alternativa de control para mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* West. (Hemiptera: Aleyrodidae) en frijol *Phaseolus vulgaris* L., bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. 50 p.
- Sauer, J. D. 1950. The grain amaranths: a survey of their history and classification. Annals of the Missouri Botanical Garden. 37: 561-632.
- Sauer, J. D. 1967. The grain amaranths and their relatives: a revised taxonomic and geographic survey. Annals of the Missouri Botanical Garden. 54: 103-137.
- Sauer, J. D. 1993. Historical geography of crop plants: a select roster. CRC press. Los Angeles, USA. 320 p.

- Selman, H. L. 2011. White grubs, *Phyllophaga* and other species. Publication No. EENY-045. University of Florida. Gainesville, Florida. 4 p.
- SIAP, 2019. Avances de siembras y cosechas/resumen por estado. Amaranato. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. En: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Solís, A. J. F., H. H. González, G. E. Hernández y M. F. J. Flores. 1999. Control químico de *Scyphophorus acupunctatus* en Jalisco. Memorias del XXXV Congreso Nacional de Entomología, Acapulco, México. pp. 679-683.
- Subirós, R. F. 1995. El cultivo de la caña de azúcar. San José, Costa Rica. Editorial Universal Estatal a Distancia. 441 p.
- Tadeo, R. T. 2007. Evaluación de insecticidas para el control de plagas del suelo en maíz. Tesis Licenciatura. Universidad de Guadalajara. México. 64 p.
- Tello, G. S. 2003. Evaluación de variedades de amaranato *Amaranthus* sp. para la producción de grano y forraje, en el municipio de Chiantla, Huehuetenango. Tesis Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 44 p.
- Torres, S. G., S. A. Trinidad, T. T. Reyna, J. H. Castillo, M. N. Bautista y G. F. De León. 2004. Barrenación del tallo del amaranato por *H. truncatulus* (Coleoptera: Curculionidae) y *Amauromyza abnormalis* (Diptera: Agromyzidae). Acta Zoológica Mexicana. 20(1): 131-140.
- Vargas, E. y G. Abarca, 1991. Patogenicidad de *Bacillus cereus* y *Erwinia* spp. sobre jobotos del género *Phyllophaga* spp. (Col. Scarabaeidae). Agronomía Costarricense. 15(2): 157-162.
- Zaragoza, O. M., J. H. Cruz, M. A. Morón, J. V. Carrasco, S. S. Soto y O. S. León. 2016. *Phyllophaga* en la Zona Cañera de Morelos, México. Southwestern Entomologist. 41(2): 453-468.