



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD BIOLÓGICA
PARA EL CONTROL DE *Epicaerus operculatus* Say, UNA NUEVA PLAGA EN EL
CULTIVO DE AJO *Allium sativum* L.

Gerardo Montiel Vicencio

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO
2017

La presente tesis titulada: "**Identificación, descripción y evaluación de efectividad biológica para el control de *Epicaerus operculatus* SAY, una nueva plaga en el cultivo de ajo *Allium sativum* L**"; realizada por el alumno (a): **Gerardo Montiel Vicencio**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO (A) EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)




DR. NÉSTOR BAUTISTA MARTÍNEZ

ASESOR (A)



DRA. RAQUEL ALATORRE ROSAS

ASESOR (A)



DR. CLEMENTE DE JESÚS GARCÍA ÁVILA

ASESOR (A)



DRA. HUMBERTA GLORIA CALYECAC CORTERO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, febrero de 2017

**IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD
BIOLÓGICA PARA EL CONTROL DE *Epicaerus operculatus* Say, UNA NUEVA PLAGA
EN EL CULTIVO DE AJO *Allium sativum* L.**

Gerardo Montiel Vicencio, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2017

RESUMEN

Se reporta por primera vez a *Epicaerus operculatus* Say como barrenador de bulbos de ajo en México. Durante 2015 se realizaron recolectas en la región productora de ajo en Tepeaca, Puebla; para identificación, descripción de la especie y caracterización de daños en el cultivo. Se revisaron colecciones entomológicas (COLPOS, UNAM, INIFAP e INECOL) para conocer la distribución de la especie en México, encontrándose en: Guerrero, México, Puebla, Guanajuato y Morelos sin embargo las etiquetas carecen de información debido a que los ejemplares revisados tienen más de más de 70 años de antigüedad; en Puebla es donde se registró el barrenador; este es el primer registro del fitófago en *Allium sativum* L en Puebla México. En 2016 se establecieron trampas para capturar adultos sin embargo no se logró ninguna captura y se cree que diferentes tipos de maleza son hospederas que permite la presencia del fitófago en la región productora de Tepeaca; también se evaluaron diferentes productos químicos para el control de larvas del barrenador, los mejores productos fueron: Imidacloprid, Fipronil, Bifentrina + Imidacloprid y *Metarhizium anisopliae* variedad *anisopliae* con un 80% de control. Aunque no existen registros de su presencia en otros estados productores de ajo en México, es importante considerar a *E. operculatus* Say como plaga potencial del género *Allium*.

Palabras clave: Curculionidae, ajo, daños.

**IDENTIFICATION, DESCRIPTION AND EVALUATION OF BIOLOGICAL
EFFECTIVENESS FOR THE CONTROL OF *Epicaerus operculatus* Say, A NEW
PLAGUE IN GARLIC CULTIVATION *Allium sativum* L.**

Gerardo Montiel Vicencio, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2017

ABSTRACT

Epicaerus operculatus Say is reported for the first time as a borer of garlic bulbs in Mexico. During 2015, garlic production was carried out in Tepeaca, Puebla; for identification, description of the species and characterization of damages in the crop. The entomological collections (COLPOS, UNAM, INIFAP and INECOL) were reviewed to know the distribution of the species in Mexico, being in Guerrero, Mexico, Puebla, Guanajuato and Morelos. However, the labels lack information because the reviewed specimens have more of more than 70 years old; In Puebla is where the borer was registered; This is the first record of the phytophagous in *Allium sativum* L in Puebla Mexico. In 2016 traps were established to capture adults, however no capture was achieved and different types of weeds are thought to be hosts that allow the presence of phytophagous in the producing region of Tepeaca; Different chemicals were evaluated for the control of borer larvae, the best products were: Imidacloprid, Fipronil, Bifenthrin + Imidacloprid and *Metarhizium anisopliae* variety *anisopliae* with 80% control. Although there are no records of its presence in other garlic producing states in Mexico, it is important to consider *E. operculatus* Say as a potential pest of the genus *Allium*.

Key words: Curculionidae, garlic, damage.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el resultado, del esfuerzo de todos los integrantes del Consejo Particular; por esto expreso un sincero agradecimiento al **Dr. Néstor Bautista Martínez** como consejero y director de tesis, pero sobre todo, por toda la ayuda que me brindó durante la maestría y además un excelente profesional. Reitero agradecimientos para la **Dra. Raquel Alatorre Rosas**, como asesor del proyecto, profesionalismo y amabilidad que siempre acompañó durante el proyecto. Además agradezco al asesor, **Dr. Clemente De Jesús García Ávila** por su conocimiento y profesionalismo que brindó al proyecto; quiero también expresar, agradecimiento a la **Dra. H. Gloria Calyecac Cortero** por sus consejos y sugerencias al trabajo.

Un especial agradecimiento para el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (**INIFAP**), por la beca de capacitación otorgada, y a todos los directivos del Centro de Investigación Regional Golfo Centro (**CIRGOC**) y Campo Experimental Cotaxtla; al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**) por financiar el posgrado de maestría y al Colegio de Postgraduados (**COLPOS**) Campus Montecillo, por todo el apoyo que recibí durante mi formación.

También agradezco infinitamente al **M. C. Jorge Manuel Valdez Carrasco**, por su tiempo, dedicación y gran apoyo al proyecto. Al **M. C. Carlos Patricio Illescas** por su contribución en las actividades del proyecto y al **T. A. Alfredo Baltazar Capistrán** a quien agradezco su colaboración y apoyo en trabajos de campo. Y por último un agradecimiento muy especial a mi comadre **Goyita Santillán** por toda la ayuda incondicional que me brindó durante la maestría.

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado especialmente y con mucho cariño a **Karime Montiel Pascual**, una niña hermosa quien me llena de energía todos los días y es mi fuente de inspiración. A mi esposa **Karina Pascual Osorio** por su esfuerzo y entrega en el proyecto de vida que construimos todos los días.

A mi madre **Carmen Vicencio**, quien nunca dudó de mí y siempre motivó mi formación académica; a mi padre **Tomás Montiel Rosas** quien siempre me muestra apoyo y cariño.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE CUADROS	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISION DE LITERATURA	3
4. METODOLOGÍA	7
4.1. Obtención y preparación del material entomológico recolectado en cultivos de ajo con reportes de daños en Puebla, México.....	7
4.2. Identificación y descripción de larvas y adultos de los especímenes recolectados en cultivos de ajo; así como, la revisión de colecciones entomológicas.	7
4.3 Observación y estimación de daños en cultivos de ajo y búsqueda de hospedantes alternos.	8
4.4 Evaluación de trampeo.....	8
4.5. Evaluación de la efectividad biológica de productos químicos y biológicos para control de <i>Epicerus operculatus</i> Say en el cultivo del ajo.....	9
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11

5.1. Identificación y descripción complementaria de la larva y adulto del picudo del ajo y revisión de colecciones entomológicas	11
5.1.1 Descripción complementaria de la larva	12
5.1.2. Descripción complementaria del adulto	16
5.1.3. Datos de distribución de <i>E. operculatus</i> Say de acuerdo a la revisión de las colecciones entomológicas.....	18
5.2 Observación y estimación de daños en ajo y búsqueda hospedantes alternos.	20
5.3 Evaluación de trampeo.....	22
5.4. Evaluación de la efectividad biológica de insecticidas sistémicos y un producto biológicos para el control de <i>Epicerus operculatus</i> Say en el cultivo del ajo.	22
6. CONCLUSIONES.....	31
7. BIBLIOGRAFÍA.....	32

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Estados inmaduros de *Epicaerus operculatus* Say y daños en ajo. A, vista dorsal y lateral del cuerpo de la larva; B, vista frontal y lateral de la pupa; C) cabeza de la larva; D, mandíbulas en vista externa (izquierda) e interna (derecha); E, daños en bulbo; F, larvas alimentándose del bulbo y rizoma. 13
- Figura 2. Quetotaxia de la larva Entiminae: *Epicaerus operculatus* Say. A) Cápsula cefálica y B) Epifaringe 14
- Figura 3. Larva madura de *Epicaerus operculatus* Say. A) Larva en vista lateral y B) ápice abdominal en vista posterior. 15
- Figura 4. *Epicaerus operculatus*. A, vista latera; B, vista dorsal; C, rostrum y proceso mandibular deciduos; D, vista frontal y posterior de las mandíbulas; E, escamas del élitro; F, diferencia entre sexos; G, vista lateral del edeago y H, partes distal del edeago en vista dorsal. 17
- Figura 5. Promedio de larvas del picudo del ajo (*E. operculatus*) observado durante el periodo de evaluación el estudio de la efectividad biológica de distintos productos químicos y biológicos para su control. 27
- Figura 6. Porcentajes de eficacia observados sobre larvas del picudo del ajo (*E. operculatus*), durante el periodo sobre la efectividad biológica de distintos productos químicos y biológicos para su control. 29

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Evaluación de la efectividad biológica para control de larvas del picudo del ajo <i>Epicaerus operculatus</i> Say.....	10
Cuadro 2. Registro de <i>Epicaerus operculatus</i> Say distribuido en cinco Estados de México de 1939 a 1995.....	19
Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$), así como nivel de significancia de los tratamientos en el análisis de varianza del número de larvas de <i>E. operculatus</i> SAY en el cultivo de ajo durante la evaluación previa	23
Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$), porcentajes de eficacia, así como nivel de significancia de los tratamientos en el análisis de varianza del número de larvas del picudo del ajo <i>E. operculatus</i> en el cultivo de ajo durante la primera evaluación.....	25
Cuadro 5. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$), porcentajes de eficacia, así como nivel de significancia de los tratamientos en el análisis de varianza del número de larvas del picudo del ajo <i>E. operculatus</i> en el cultivo de ajo durante la segunda evaluación.	26

1. INTRODUCCIÓN

Las hortalizas constituyen un grupo diverso de plantas importantes en la alimentación mexicana, dentro de las que se encuentran varias especies del género *Allium*. La importancia económica y social que el ajo representa para México, así como los gastos que implica el establecimiento del cultivo, genera atención a los factores que ocasionan pérdidas en la producción (Pérez-Moreno *et al.*, 2008). Entre las especies del género *Allium*, la cebolla (*A. sativum* L) y el ajo (*A. cepa* L) destacan por su importancia económica y en menor cantidad el poro (*A. ampeloprasum* L var. “porrum”). De acuerdo a la información reportada para el año agrícola 2014, se tuvo una superficie de 54,723.44 ha de estas tres especies, con una producción de 1, 425,040.75 t y un valor de la producción de \$6, 399,029.00; los principales estados por superficie sembrada fueron: Baja California, Chihuahua, Michoacán, Guanajuato, Morelos, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas. En el caso de Puebla se reportaron sembradíos de los tres cultivos en el ciclo agrícola 2014, que generaron ingresos por más de 470 millones de pesos (SIAP, 2016).

Todas estas especies de hortalizas son atacadas por diversas plagas, que afectan la calidad y merman la producción en cada ciclo agrícola, como ácaros (*Rhizoglyphus* spp.), trips (*Thrips tabaci* y *Frankliniella occidentalis*), “gallinas ciegas” (Coleoptera: Scarabaeoidea), entre otras.

En 2013, productores del estado de Puebla, México, reportaron daños y pérdidas en sus cultivos de ajo, a causa de una plaga desconocida en la región; afectando el rizoma y el bulbo de las plantas de ajo. Por lo anterior se realizó un muestreo de plantas para recolectar e identificar al agente causal; derivado del muestreo en campo, se obtuvieron algunas larvas, que se ingresaron al laboratorio para su diagnóstico, los resultados indicaron que se trataba de una especie perteneciente a la familia Curculionidae de la subfamilia Entiminae. Esta subfamilia posee más de 12,000 especies descritas, incluidas en 1,150 géneros, siendo el grupo más amplio dentro de la

familia Curculionidae; además, poseen una amplia distribución y abundancia en diversos ecosistemas, con especies consideradas como plagas agrícolas (Thompson, 1992; Oberprieler et al., 2007).

El desconocimiento sobre la especie y biología (ciclo de vida, hospedantes, hábitos alimenticios, etc.) de la plaga, originó que varios productores de la zona, ante la presencia de daños y el temor a perder la producción, aplicaran métodos de control inefectivos, debido a que los daños superficiales del cultivo son similares a los que causan otras plagas presentes en la zona (Néstor Bautista Martínez, comunicación personal).

El control de plagas de la raíz se considera difícil, ya que presentan hábitos subterráneos, estacionalidad y, por lo general, el ataque inicia en áreas localizadas dentro del área del cultivo; además, de su detección se da cuando ya han causado daños. Estas características son aplicables a la mayoría de las especies plaga, que se alimentan de las raíces de los cultivos, que según McCoy (1999), aproximadamente 2/3 de las especies plaga asociadas a raíces de plantas cultivadas pertenecen al orden Coleoptera. En este sentido, se hace necesaria una detección oportuna y el uso de alternativas de control para reducir las pérdidas derivadas de su ataque.

Ante la problemática que se presentó en las zonas productoras de ajo, en el estado de Puebla, se plantearon las siguientes actividades: 1) identificar y diagnosticar correctamente la especie de picudo presente en bulbos de ajo, de las zonas afectadas de Puebla, México; 2) Caracterizar los daños típicos que causa esta especie en plantas de *Allium* de importancia agrícola; 3) evaluar un método de trapeo eficiente mediante el uso de cebos; 4) evaluar la efectividad biológica de insecticidas comerciales y un producto biológico sobre larvas del picudo.

2. OBJETIVOS

- Identificar y diagnosticar la especie responsable de los daños en cultivo de ajo.
- Describir la morfología y quetotaxia del tagma cefálico de la larva.
- Caracterizar los daños típicos que causa esta especie en plantas de ajo
- Evaluar la efectividad biológica de cuatro insecticidas y un producto biológico para el control de larvas del picudo

3. REVISION DE LITERATURA

Las especies de *Allium* constituyen un grupo importante en la alimentación mexicana. La producción del ajo (*Allium sativum* L.) en México asciende a 54,723.56 t cultivadas anualmente (SIAP, 2016), y con un consumo percapita en México de 400 g (Chavez *et al.*, 2008). La importancia económica y social que el ajo representa genera atención a los factores que ocasionan pérdidas en la producción (Pérez-Moreno *et al.*, 2008).

En el cultivo de ajo existe una gran variedad de plagas de importancia económica. Actualmente uno de los factores que amenaza al cultivo del ajo en el país es la presencia de *Epicaerus operculatus* SAY (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae), especie de la cual no existen reportes a nivel nacional como plaga del ajo; sin embargo, en octubre del 2014 se detectó por primera vez en Tepeaca, Puebla, México, donde causó pérdidas aproximadamente del 75% de la producción. Anderson (2002), menciona que las especies de la subfamilia Entiminae, son polífagos y que generalmente las larvas se alimentan de las raíces dentro del suelo. En este caso, el daño lo ocasionan las larvas que se alimentan del bulbo del ajo, horadan la parte basal sin consumirlas en su totalidad, afectando su calidad y dando oportunidad para que otras plagas secundarias se presenten en los bulbos. Al ser una plaga posiblemente exótica o en su caso emergente (debido a

que no se tenían registros previos de su incidencia en México) carece de enemigos naturales que mantengan equilibrada la población, por lo tanto, fuertes infestaciones pueden presentarse si no se realiza un manejo efectivo. El establecimiento de esta plaga en el territorio nacional traería fuertes consecuencias en la disminución del rendimiento de los cultivos de bulbos; además, de severas restricciones fitosanitarias por países importadores de ajo que tengan reglamentada esta especie, lo que provocaría impactos directos en los ingresos de productores y la pérdida de empleos directos e indirectos. A pesar de que es una plaga de interés cuarentenario, actualmente varios países permiten el acceso de bulbos a su territorio, siempre y cuando se les dé un tratamiento previo para asegurar que se encuentre libre de insectos. Lo anterior provoca un aumento en los costos de producción. Otro riesgo potencial es que podría afectar el cultivo de cebolla, debido a su estrecha relación con las otras especies (ajo y poro). Actualmente la información generada sobre esta especie es totalmente insipiente, por lo tanto, es necesario identificar y diagnosticar correctamente la especie, describir y caracterizar los daños que causa en el cultivo del ajo, que contribuyan a diseñar estrategias de manejo con el menor impacto posible hacia el ambiente.

Varios factores afectan la producción de ajo; estos van desde fenómenos naturales adversos como las temporadas de sequías y en algunas ocasiones heladas, suelos poco fértiles o con mal drenaje, prácticas agrícolas inadecuadas o deficientes, bajo nivel tecnológico y el impacto de factores biológicos como plagas, por mencionar algunas. Existe un gran complejo de organismos fitófagos asociados al cultivo; generalmente las principales plagas que afectan a la producción son ácaros del género *Rhizoglyphus* spp., algunos trips: *Thrips tabaci* Lindeman y *Frankliniella occidentalis* Pergande que ocasionan heridas al succionar la savia y sirven como puntos de entrada de patógenos que causan enfermedades foliares (Revels-Hernández *et al.*, 2009).

Se han realizado diferentes estudios para definir distintas estrategias de control contra plagas de la raíz de cultivos de importancia agrícola, como frutales u hortalizas. Mayormente estos estudios se han enfocado al control de plagas comúnmente llamadas “gallinas ciegas” (Coleoptera: Scarabaeoidea), ya que son de suma importancia económica y con distribución mundial (Aragón y Morón, 1998). En México en el complejo gallina ciega pueden coexistir especies de al menos tres géneros (*Phyllophaga*, *Cyclocephala* y *Anomala*) (Marín y Bujanos, 2008; Lugo-García *et al.*, 2012).

En lo que respecta la familia Curculionidae, *Diaprepes abbreviatus* L., es una especie plaga de gran importancia en cultivo de cítricos, por el hábito alimenticio de consumir la corteza de la raíz de los árboles, lo que afecta la función de las raíces y favorece la entrada de patógenos que producen pudriciones radicales. McCoy *et al.* (2001) realizaron bioensayos para conocer el efecto de control de los insecticidas sintéticos: bifentrina (0.54 g/m²) y el RPA107382 (0.312 ml/m²) y midieron los periodos de protección de dichos compuestos, mismos que variaron de 2 a 8 semanas.

Recientemente, se han hecho estudios con distintos organismos entomopatógenos para el control del plagas que atacan a la raíz; Girón-Pablo *et al.* (2015) inocularon nematodos de las especies *Steinernema glaseri* Steiner, *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, y *Steinernema feltiae* Filipjev, para el control de *Phyllophaga vetula* (Horn), con el objetivo de determinar la concentración y el tiempo letal para esta especie, como resultado encontraron que *S. glaseri*, a una dosis de 1,000 individuos por larva, tuvo un control del 97.5%.

El control de plagas de la raíz se considera difícil, por sus hábitos subterráneos, estacionalidad y, por lo general, su ataque es en manchones, además de ser detectados cuando ya ocurrió un daño en el cultivo. Las larvas de Entiminae generalmente se alimentan de raíces dentro del suelo y los adultos de brotes vegetativos de malezas, generalmente son consideradas como plagas de

forestales y ornamentales (Anderson y Howden, 2004). Gultekin *et al.* (2008) reportaron a la especie *Araxia cristofaroi* como plaga de malezas; por otro lado Bouchard *et al.* (2012) reportaron a *Cercopeus schwarzi* (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) como plaga de ornamentales de la familia Ericaceae; pocas especies son consideradas como plagas de importancia agrícola; sin embargo, el género *Epicaerus* tienen el potencial de causar graves daños a cultivos de alfalfa (*Medicago sativa* L) y papa (*Solanum tuberosum* L.). No obstante se considera a *E. operculatus* Say como una plaga potencial para cultivos de cebolla (*Allium cepa* L.) y poro (*Allium ampeloprasum* var. “porrum”), esto considerando lo reportado por Mason *et al.* (2011), sobre *Acrolepiopsis assectella* Zeller, al referirla como una plaga invasiva del ajo; Estas características son aplicables a la mayoría de las especies plaga que se alimentan de las raíces de los cultivo, en este sentido se hace necesario la importancia de una detección oportuna, el diagnóstico correcto y el uso de alternativas de control y/o manejo que ayuden a reducir las posibles pérdidas derivadas del ataque. Debido a que *E. operculatus* Say, comúnmente conocido como picudo, no ha sido considerada como una plaga en ningún cultivo, el estudio des posibles métodos de control no se han abordado de manera previa. Por esta razón, se planteó como objetivo conocer el efecto de control de insecticidas comerciales de origen sintético, así como del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*, sobre las larvas de *E. operculatus* Say.

4. METODOLOGÍA

4.1. Obtención y preparación del material entomológico recolectado en cultivos de ajo con reportes de daños en Puebla, México.

Durante noviembre de 2014 y noviembre a diciembre de 2015, se realizaron recolectas de larvas (n= 318), en plantaciones de ajo afectadas por una plaga desconocida, del municipio de Tepeaca, Puebla, México. Los ejemplares fueron confinados en recipientes de plástico (35x25x15 cm) que contenían suelo y plantas de ajo del mismo cultivo.

Los contenedores se taparon con tela de organza y se trasladaron al laboratorio de Entomología Agrícola del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, donde se mantuvieron en cámara de cría a 25 grados centígrados para esperar la emergencia de adultos.

4.2. Identificación y descripción de larvas y adultos de los especímenes recolectados en cultivos de ajo; así como, la revisión de colecciones entomológicas.

Para la identificación morfológica de la especie se utilizó la descripción de Say (1831), posteriormente se enviaron ejemplares al Dr. Robert W. Jones de la Universidad Autónoma de Querétaro, especialista en Curculionidae, a fin de corroborar el resultado obtenido por nuestra parte. Muestras de cinco especímenes diagnosticados fueron depositados en la colección de Laboratorio de Entomología Agrícola del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Para la caracterización de la quetotaxia de larvas, se utilizaron cinco especímenes, cada espécimen fue tratado en una solución caliente de KOH al 10% durante diez segundos, posteriormente el tegumento se removió y se montó en portaobjetos con glicerina; la terminología utilizada para la quetotaxia de la larva correspondió a la de Marvaldi (1998). Para la elaboración de los esquemas, se utilizaron fotografías tomadas mediante un microscopio Tessoar (Carl Zeiss, Germany) y cámara digital para microscopia PAXcam3 (Paxcam, USA).

Para la descripción del adulto se utilizó la terminología de Say (1831). Posterior al diagnóstico de la especie, se revisaron las colecciones entomológicas del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México; la colección nacional del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío y la colección entomológica del Instituto de Ecología (INECOL), Xalapa, Veracruz, con la finalidad de comparar especímenes y obtener sitios de colecta.

4.3 Observación y estimación de daños en cultivos de ajo y búsqueda de hospedantes alternos.

Durante las recolectas de larvas en los cultivos de ajo, con presencia de daños, se inspeccionaron al azar los bulbos y el rizoma de la plantas afectadas, así como los signos del daño. Además, se revisaron del mismo modo otros cultivos en la zona: brócoli (*Brassica oleracea* Var. itálica), col (*Brassica oleracea* Var. capitata), poro (*Allium ampeloprasum* Var. Porrum) y betabel (*Beta vulgaris* L.), para determinar la presencia o ausencia de algún estado de desarrollo de la plaga.

Para obtener una estimación del daño en el cultivo, en diciembre 2015, se evaluó el porcentaje de daño en una plantación de ajo de la variedad “Blanco”, de 160 días de edad, sembrada en una superficie de 7,200 m². Se tomaron diez puntos al azar de cinco metros de longitud para contabilizar el total de plantas sanas y dañadas por esta plaga.

4.4 Evaluación de trampeo

Las evaluaciones de trampeo se realizaron en una superficie de 1.5 ha, con cultivo de ajo, variedad “Blanco”, en el municipio de Tepeaca, Puebla, durante noviembre a diciembre de 2015; el sitio fue elegido por los antecedentes de presencia de esta plaga.

Las trampas utilizadas para el experimento consistieron de contenedores (cubetas) de plástico blanco, con capacidad de 5 L (22 cm de alto por 20 cm de diámetro). A cada contenedor se le realizaron cuatro orificios de 4 cm de diámetro en la pared, a una distancia de 5.5 cm del borde superior del contenedor y 11.5 cm de distancia entre ellos, para permitir la entrada de los picudos. Se evaluaron los siguientes tratamientos (atrayeres): 1) 300 g de ajo de la variedad “Blanco”, 2) 300 g cebolla 3) 300 g de piña, 4) 300 g de una mezcla de piña, ajo y cebolla, en una proporción 1:1:1 y 5) trampa sola como control. Los cebos se cortaron en trozos y se introdujeron a la trampa, posteriormente se les adicionó 10 g de Malatión en polvo (Graneril, Dragón, México) para evitar el escape de los insectos atrapados.

Las trampas se enterraron hasta el nivel de los orificios, y se arreglaron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Las distancias entre trampas fueron de 30 m. El experimento se evaluó durante cinco semanas, del 18 de noviembre al 25 de diciembre de 2015 con la finalidad de contabilizar el número de adultos capturados, las revisiones y el cambio de cebos se realizaron semanalmente.

4.5. Evaluación de la efectividad biológica de productos químicos y biológicos para control de *Epicerus operculatus* Say en el cultivo del ajo.

El trabajo se realizó en el municipio de Tepeaca, Puebla, México, con coordenadas geográficas N 18° 59' 27.3'' y O -97° 52' 53.1'', en el periodo comprendido del 18 de diciembre de 2015 y el 24 de enero de 2016. La evaluación se realizó en un cultivo de ajo de la variedad “chino blanco” (selección regional hecha por el productor), con fecha de siembra de 22 de octubre de 2015, la parcela tuvo una superficie total de aproximadamente 2.0 hectáreas.

Se evaluó el efecto de control de seis tratamientos indicados en el Cuadro 1. La unidad experimental se conformó por 10 surcos, con separación de 0.5 m de ancho y 6.0 m de largo,

equivalente a un área de 30 m² por unidad, lo que representó un área total del experimento de 540 m².

Cuadro 1. Evaluación de la efectividad biológica para control de larvas del picudo del ajo *Epicaerus operculatus* Say.

No.	Ingrediente activo	Concentración	Formulación	Dosis
T1	Testigo absoluto	-----	-----	-----
T2	Imidacloprid	8 g de i.a/Kg	Gránulos dispersables	20 kg ha ⁻¹
T3	Fipronil	39%	Líquido	250 mL ha ⁻¹
T4	Clorpirifos	70%	Líquido	300 mL ha ⁻¹
T5	Metarrizium anisopliae	3% (1.2x10 ¹² conidios ha ⁻¹)	Polvo humectable	140 g ha ⁻¹
T6	Bifentrina+ Imidacloprid	4.58% + 22.87%	Gránulos dispersables	25 kg ha ⁻¹

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento. La aplicación de los productos fue dirigida a la base de la planta (drench). Se utilizó una mochila manual de 15 L de capacidad; cada disparo fue de 50 mL de mezcla (agua + insecticida); se hicieron 128 disparos por unidad experimental, lo que representó un gasto de agua de 19.2 L por tratamiento. Excepcionalmente, para la aplicación del producto Imidacloprid se hizo una perforación de 10 cm en línea recta en el centro del surco cerca de la base de las plantas, dentro de esta se aplicaron los gránulos y posteriormente se cubrieron con suelo.

Se realizó una evaluación previa a la aplicación y evaluaciones a los 21 y 37 días posteriores a la misma. Se evaluó el control de los productos sobre los estados larvales, para ello, el muestreo consistió en tomar aleatoriamente cinco puntos de evaluación por unidad experimental, cada uno de un metro lineal, en cada punto se cuantificó el número de larvas vivas.

Los datos de campo se analizaron con el programa SAS v.9, se hizo un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey, ambos con un $\alpha=0.05$. Debido a que los datos no cumplieron los supuestos de homogeneidad de varianzas, se hizo una transformación logarítmica de datos.

Adicionalmente se calculó la eficacia a través de la fórmula de Abbott (1925) y se evaluó el posible efecto fitotóxico provocado por los distintos tratamientos, para ello se utilizó la escala European Weed Research Society (EWRS, por sus siglas en inglés) (Champion, 2000).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Identificación y descripción complementaria de la larva y adulto del picudo del ajo y revisión de colecciones entomológicas.

Inicialmente, esta especie de picudo fue descrita como *Graphorhinus operculatus* (Say, 1831); posteriormente, Bousquet (1993) hizo una recopilación de las publicaciones realizadas por Thomas Say, de 1830 a 1834, con el propósito de reemplazar y actualizar los nombres de las especies descritas por Say; finalmente se concluye que *Graphorhinus operculatus* y *Epicaerus operculatus* Say son la misma especie y queda reclasificada como *Epicaerus operculatus*. La relación entre esta especie y el ajo fue vagamente mencionada por Muñiz-Vélez (2001), publicación que carece de datos que puedan validar la taxonomía del picudo (claves taxonómicas utilizadas o material para revisión) y no aporta mayores datos que soporten la asociación planta-

parásito. Por lo tanto, se considera que el presente trabajo es el primer reporte de *E. operculatus* Say como plaga en el cultivo de ajo en México.

5.1.1 Descripción complementaria de la larva

Larva: Longitud de 8-10 mm. Cuerpo cilíndrico y curvo en forma de “C”; color blanco-cremoso y de textura suave, siempre apoda, la cabeza es grande respecto al protórax y parcialmente retraída dentro del protórax (Fig. 1A). La mayoría de las especies de Entiminae comparten características morfológicas (Marvaldi, 2003); sin embargo, no siempre tienen la cabeza retraída, algunas tienen la cabeza hipognata, es decir, no se retrae en el protórax (Machado, 2010).

Cabeza de color amarillo claro (Fig. 1C), labro con 4 setas largas en su base; mandíbulas esclerosadas de color negro, sin dientes, con márgenes casi lisos, escroba mandibular con un par de setas.

Las mandíbulas son esclerosadas de color negro. La mayoría de las especies de Entiminae comparten características morfológicas; sin embargo, no siempre tienen la cabeza retraída, algunas tienen la cabeza hipognata que no retraen en el protórax (Machado, 2010). El abdomen es oblongo, los segmentos se dividen dorsalmente por surcos transversales y cada segmento contiene pliegues dorsales lobulados; los segmentos terminales VIII – X carecen de pliegues dorsales (Machado, 2010) [Fig. 3A]. En el segmento VIII se ubica el último espiráculo abdominal, este segmento cuenta con una seta espiracular, una prodorsal y con dos setas postdorsales, ambas del mismo tamaño. El segmento IX es más reducido, carece de espiráculo y cuenta con cuatro setas dorsales y una seta sobre un lóbulo lateral (Fig. 3B); el segmento X mucho más pequeño que los demás, en forma circular está dividido en cuatro lóbulos que se unen en el ano y no presentan setas.

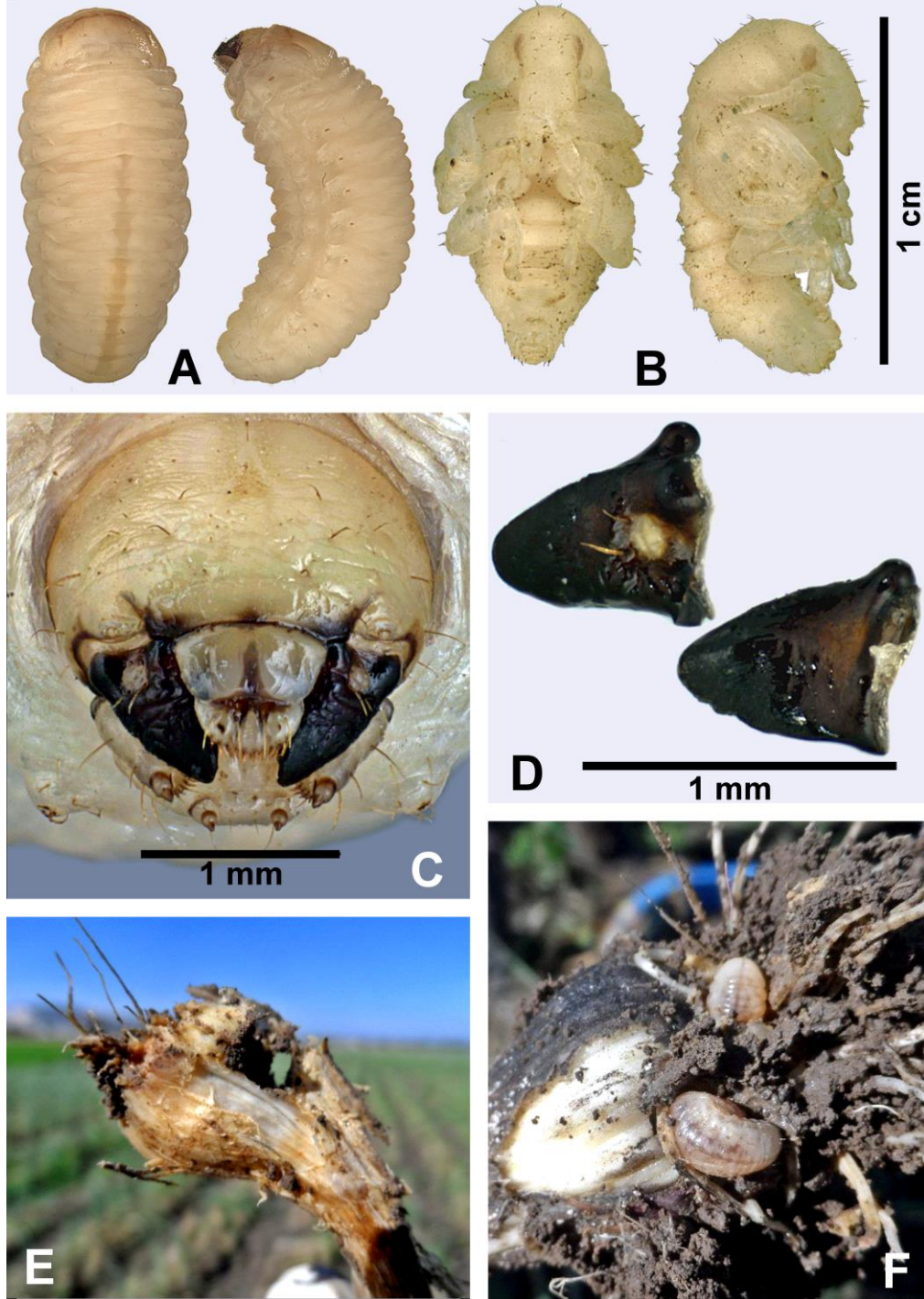


Figura 1. Estados inmaduros de *Epicaerus operculatus* y daños en ajo. A, vista dorsal y lateral del cuerpo de la larva; B, vista frontal y lateral de la pupa; C) cabeza de la larva; D, mandíbulas en vista externa (izquierda) e interna (derecha); E, daños en bulbo; F, larvas alimentándose del bulbo y rizoma.

La quetotaxia de la cápsula cefálica es muy reducida, esto se debe a que la mayor parte de la cabeza se encuentra retraída dentro del protórax (Fig. 2 A). Cabeza de forma ovalada, sutura frontal poco visible en forma de “Y” invertida. La seta dorsal epicraneal des_1 y des_4 están localizadas cerca de la sutura frontal, des_2 se ubica entre des_1 y des_3 ; mientras que la seta dorsal epicraneal des_5 y des_6 están ubicadas en el antero lateral.

Las setas frontales fs_1 , fs_2 y fs_3 están ubicadas en el área postero lateral de la frente de la cápsula cefálica, las tres setas frontales epicraneales son del mismo tamaño. La epifaringe se caracteriza por tener dos pares de setas medias epifaringeas (mes) muy pequeñas en proporción a todas las demás, formando entre ellas un cuadrado (Fig. 2 B); la seta anteromedial (ams) está ubicada en la parte baja de las setas (mes), tres setas anterolaterales (als) del mismo tamaño pero cuatro veces más grandes que las setas (mes). Las características morfológicas y quetotaxia descrita de las larvas coinciden con las descripciones para Entiminae reportadas por Marvaldi (1997).

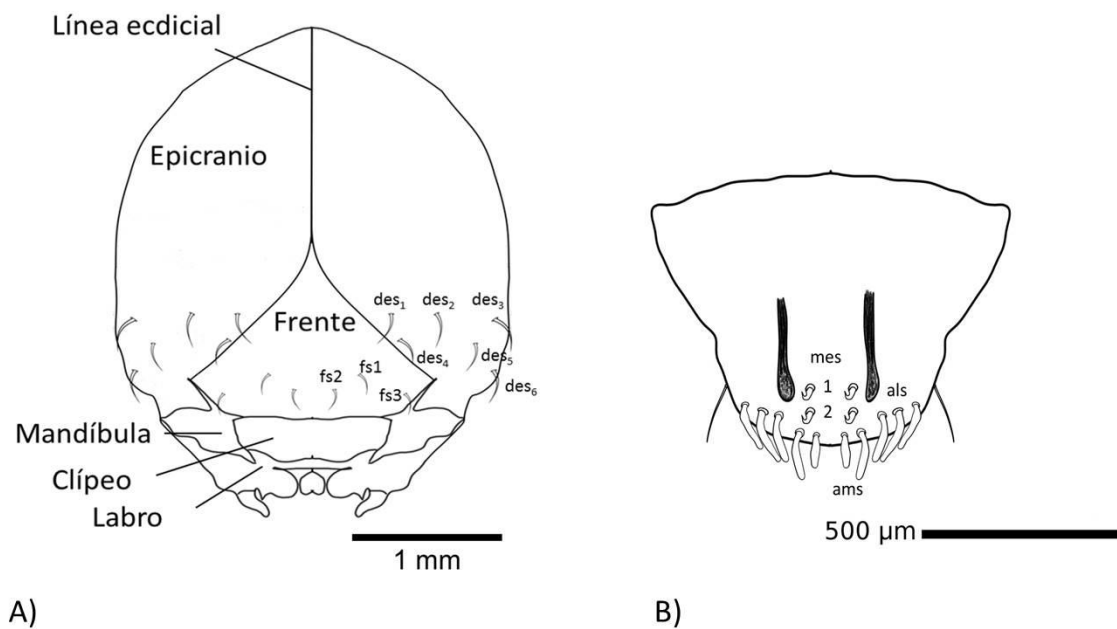
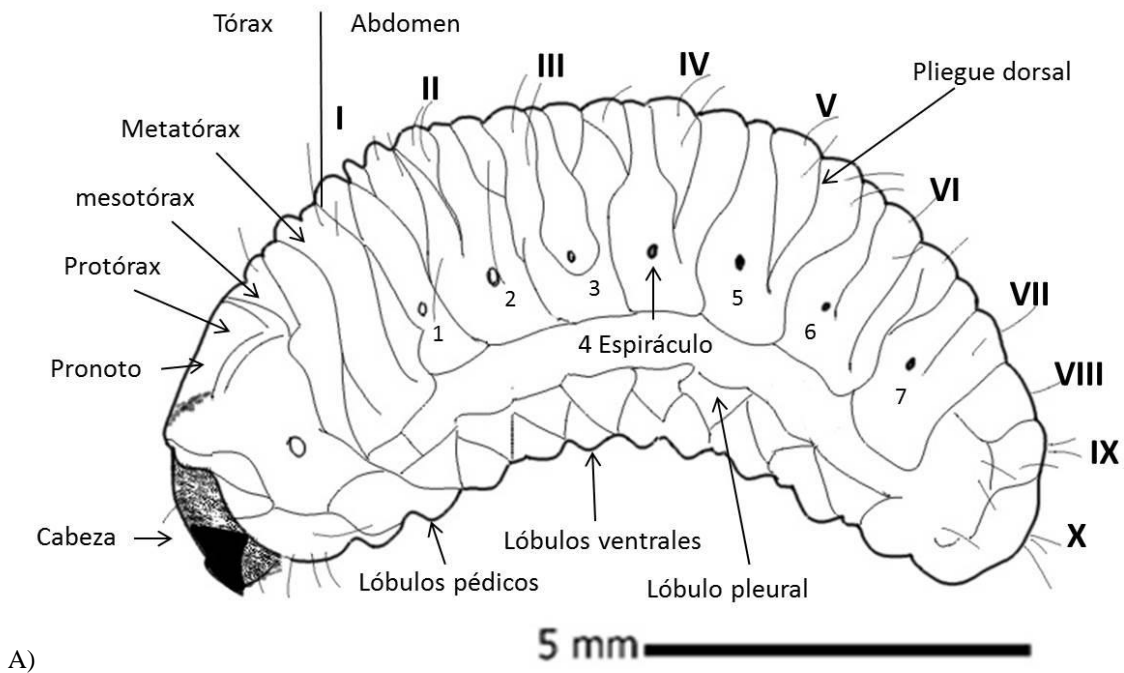
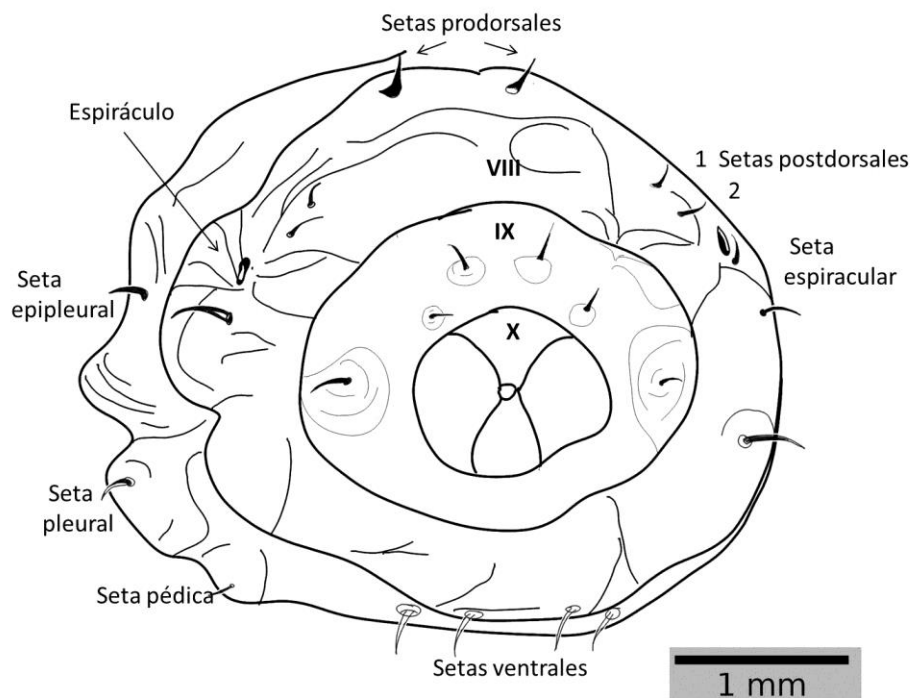


Figura 2. Quetotaxia de la larva Entiminae: *Epicaerus operculatus* Say. A) Cápula cefálica y B) Epifaringe



A)



B)

Figura 3. Larva madura de *Epicaerus operculatus* Say. A) Larva en vista lateral y B) ápice abdominal en vista posterior.

5.1.2. Descripción complementaria del adulto

Con este estudio no se pretende realizar una redescrición de *E. operculatus*, sin embargo, se aportan datos e imágenes complementarios que pueden facilitar la identificación de la especie (Fig. 4).

En promedio los machos adultos miden 8 mm de longitud (Fig. 4A y 4B) y las hembras son más grandes, pueden alcanzar hasta 12 mm. La cabeza es menos ancha en proporción con el protórax, el rostrum es corto y robusto, en vista dorsal presenta un hundimiento a la altura de la parte media de los ojos (Fig. 4C). El pronoto posee grupos de escamas de coloración café-pardo en las zonas laterales y en forma de dos líneas medias longitudinales en la parte media. Los élitros del mismo modo presentan líneas paralelas de escamas longitudinales de color café-pardo (Fig. 4B), Una característica determinante de esta especie son las áreas de coloración oscura en todo el cuerpo, que a simple vista parecen estar desnudas, sin embargo, con un estereoscopio se pueden apreciar gran cantidad de escamas negras (Fig. 4E). Las mandíbulas carecen de dientes y poseen procesos mandibulares deciduos en forma de gancho ligeramente curvados hacia el centro (Fig. 4D). Thompson (1992) mencionó, que en la mayoría de las especies los procesos mandibulares se desprenden por dehiscencia activa en las etapas tempranas del estado adulto, por lo tanto, estas estructuras solo se observaron en especímenes criados en laboratorio pero no en los ejemplares recolectados en campo.

Las hembras presentan el último esternito abdominal con terminación en punta, en los machos es más ancho y redondeado (Fig. 4F) Esta característica puede ser utilizada para diferenciar sexos.

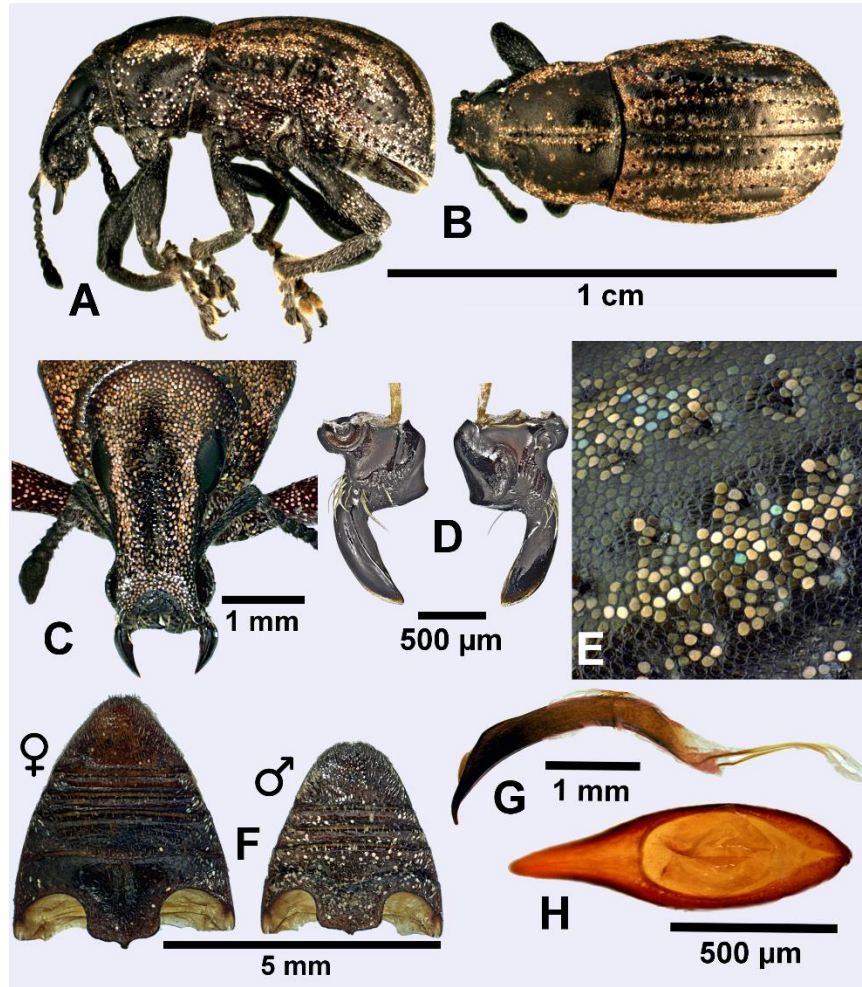


Figura 4. *Epicaerus operculatus*. A, vista lateral; B, vista dorsal; C, rostrum y proceso mandibular deciduos; D, vista frontal y posterior de las mandíbulas; E, escamas del élitro; F, diferencia entre sexos; G, vista lateral del eedeago y H, partes distal del eedeago en vista dorsal.

En general el eedeago es anillado y curvado (Fig. 4G). En vista lateral el ápice del eedeago se aprecia con una ligera curva hacia la parte ventral y termina con un extremo redondeado. En el ápice del eedeago en posición dorsal se aprecia claramente el falotrema en forma de gota delimitada por una estructura esclerosada, dentro de la cual se encuentra un saco interno eversible (endofalo), que es un tubo membranoso y largo, el cual durante la cópula se proyecta hacia afuera. Los apodemas del eedeago son delgados con una longitud a la media del eedeago.

5.1.3. Datos de distribución de *E. operculatus* Say de acuerdo a la revisión de las colecciones entomológicas

Con base en las colecciones revisadas, los datos indican que los especímenes fueron recolectados en cinco Estados de México desde el año 1939 hasta 1995; desde entonces existen pocos registros del insecto y sobre todo como plaga asociado al ajo sin embargo Muñiz-Vélez (2001), menciona vagamente a *E. operculatus* su relación fitófaga con el cultivo. En todas las colecciones se encontraron especímenes de *E. operculatus*, lo que sugiere que es una especie común en el territorio mexicano (Cuadro 2); sin embargo, al ser colectas antiguas se carecen de coordenadas exactas, así como de información del cultivo o tipo de vegetación en donde se realizó la detección. Además, es importante resaltar que el crecimiento poblacional ha influido en los cambios de uso del suelo, por lo que en varias zonas sería poco probable que existieran aún especímenes de *E. operculatus*.

Cuadro 2. Registro de *Epicaerus operculatus* Say distribuido en cinco Estados de México de 1939 a 1995.

Institución	Colector	Determinó	Año	Lugar de la colecta	Número de Ejemplares
UNAM	C. Bolívar	Gerardo Montiel Vicencio	16/07/1944	Nevado de Toluca	2
UNAM	F. Islas	Carlos P. Illescas Riquelme	13/08/1939	Santa Rosa, Delegación Gustavo Madero	3
UNAM	C. Bolívar	Carlos P. Illescas Riquelme	14/07/1946	Salazar, México	2
UNAM	C. Bolívar	Gerardo Montiel Vicencio	10/08/1941	Mezcala Guerrero	1
UNAM	C. Bolívar	Gerardo Montiel Vicencio	30/05/1940	Coyoacán, D.F	1
UNAM	C. W. O'Brien	Carlos P. Illescas Riquelme	05/06/1983	Chapultepec, D.F	1
INIFAP	R. Muñiz	R. Muñiz	20/07/1961	Chalco, México	3
INIFAP	W. Gibson	R. E. Warner	04/05/1988	Chapingo, México	1
INIFAP	A. Gutiérrez, J.	R. E. Warner	03/06/1965	Chapingo, México	1
INIFAP	M. Sánchez, R.	R. E. Warner	09/07/1948	Chapingo, México	1
INIFAP	F. Pacheco	R. E. Warner	20/07/1961	Tecamachalco, Puebla	1
INIFAP	G. M. Boush	R. E. Warner	16/07/1952	Cuernavaca, Morelos	1
INIFAP	W. Gibson	Y. Domínguez	25/05/1958	Lerma, México	8
INIFAP	R. Muñiz	R. Muñiz	13/06/1958	Guadalupe Victoria, Puebla	1
INECOL	Sin información (S/N)	Carlos P. Illescas Riquelme	03/05/1985	Temascaltepec, México	1
INECOL	S/N	Carlos P. Illescas Riquelme	01/07/1986	Reserva La Michiguilla, Durango	1
INECOL	S/N	Carlos P.	02/07/1980	Reserva La	1

		Illescas Riquelme		Michiguilla, Durango	
INECOL	S/N	Carlos P. Illescas Riquelme	30/05/1985	Villa Allende, México	1
INECOL	S/N	Carlos P. Illescas Riquelme	06/08/1995	Sierra Santa Rosa, Guanajuato	2

5.2 Observación y estimación de daños en ajo y búsqueda hospedantes alternos.

De acuerdo con las revisiones realizadas en campo, las larvas de *E. operculatus* se alimentan del bulbo y rizoma de las plantas de ajo. Las larvas en general no se introducen totalmente en el tejido vegetal.

En bulbos jóvenes de hasta 2 cm de diámetro, es común encontrar una sola larva, en bulbos más grandes se pueden encontrar comúnmente dos, pero puede haber más (Fig. 1F). Las larvas horadan varios bulbos de ajo durante su desarrollo, incluso sin haber terminado con un bulbo migran hacia otro, lo cual se les facilita a pesar de ser ápodas debido a la alta densidad de siembra que se maneja en este cultivo (65-70 plantas por metro lineal); además, los orificios que hacen a los bulbos, sirven como entrada para otras plagas secundarias, principalmente hongos y bacterias, que causan un mayor daño en el tejido vegetal sano (Fig. 1E).

El estado de pupa se lleva a cabo en el suelo, fuera de la planta, similar al género *Brachycerus*, insecto que ataca plantas de las familias: Liliaceae, Amaryllidaceae y Araceae (Friedman y Sagiv, 2010).

El síntoma que manifiestan las plantas a la presencia e infestación por larvas de *E. operculatus* Say, es un amarillamiento de hojas con posterior marchitez, hasta que la planta muere. En ningún caso se encontraron daños en las hojas provocados por adultos, por lo que se cree que no se

alimenta directamente del follaje del ajo. Según la evaluación de la estimación del daño, los resultados obtenidos muestran un 68 % de plantas dañadas, afectando la calidad y el rendimiento del cultivo.

Durante las evaluaciones se revisaron otros cultivos presentes en la zona, donde se encontraron adultos de *E. operculatus*, posados en las hojas de brócoli y col, sin apreciarse que estuvieran causando algún daño; sin embargo, en el cultivo de poro las larvas se encontraban causando daño en el bulbo de la planta.

En el viejo mundo existen otras especies de picudos con rostrum amplio (Broad Nosed weevils) pertenecientes al género *Brachycerus* que se alimentan de plantas pertenecientes al género *Allium* y muchas de ellas se consideran plagas de importancia agrícola para cultivos de ajo y cebolla, es el caso de las especies: *Brachycerus algirus* F., *Brachycerus plicatus* Gyll., *Brachycerus undatus* F. (Lodos, 1977). Estas especies se pueden distinguir fácilmente de *E. operculatus* ya que poseen marcadas ornamentaciones en los élitros.

Aunque la distribución de *E. operculatus* es común en diferentes estados de México, la única población que se comportó como plaga en el cultivo del ajo, es la de Tepeaca, Puebla; sin embargo, existe el riesgo de que afecten a especies de *Allium* de otras regiones productoras de México.

5.3 Evaluación de trampeo

En las condiciones que se realizó el trampeo, utilizando cinco tratamientos; no se presentaron capturas de adultos de *E. operculatus* Say, en ningún tratamiento; esto puede inferirse a que al diseño experimental no fue el indicado o al sitio de colocación de las trampas, por lo tanto se sugiere evaluar otros tipos de trampeo.

5.4. Evaluación de la efectividad biológica de insecticidas sistémicos y un producto biológicos para el control de *Epicerus operculatus* en el cultivo del ajo.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de manera previa a la aplicación, esto indicó que la población de larvas del picudo del ajo (*E. operculatus*) era homogénea dentro de la parcela, en consecuencia el diseño experimental completamente al azar fue eficiente para la realización del presente experimento. Así lo corroboró la prueba de Tukey, dado que conjuntó a los seis tratamientos dentro de un mismo grupo estadístico “A”, como se aprecia en el Cuadro 3.

La importancia de conocer el nivel de infestación inicial, y la distribución, de la plaga al momento del establecimiento del estudio, radicó en una mejor selección del diseño experimental y con ello evitar sesgo en la medición del efecto de los productos evaluados.

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$), así como nivel de significancia de los tratamientos en el análisis de varianza del número de larvas de *E. operculatus* Say en el cultivo de ajo durante la evaluación previa

TRATAMIENTOS	DOSIS	<i>E. operculatus</i>	
		MEM	TUK
T1 Testigo absoluto	20 kg ha ⁻¹	2.7	A
T2 Imidacloprid	250 mL ha ⁻¹	1.7	A
T3 Fipronil	300 mL ha ⁻¹	2.3	A
T4 Clorpirifos	140 g ha ⁻¹	1.3	A
T5 <i>Metarrizium anisopliae</i>	25 kg ha ⁻¹	3.0	A
T6 Bifentrina + Imidacloprid	20 kg ha ⁻¹	1.7	A
PR>F		0.0785	

MEM: media muestral; **TUK:** agrupación de medias de Tukey

La media poblacional del picudo del ajo osciló entre 1.3 y 2.7 larvas por cada 5 metros lineales muestreados por unidad experimental. Este nivel poblacional pudiera parecer bajo; sin embargo, debido a que la especie ataca una parte fundamental de la planta, se hace necesario iniciar las medidas para su control cuando el picudo inicia su infestación.

A los 21 días posteriores a la aplicación, se llevó a cabo la primera evaluación, se hizo el muestreo respectivo en cada unidad experimental y como resultado del análisis estadístico se determinó que el efecto de los productos no marcó diferencias significativas, sobre las poblaciones del picudo del ajo, entre tratamientos.

Las medias muestrales oscilaron de 2.3 a 7.3 larvas, mientras que las eficacias se ubicó en un rango de 45.5% a 81.8% (Cuadro 4). Cabe señalar que, aunque estadísticamente no se detectaron diferencias entre los tratamientos con aplicación y el testigo absoluto, los porcentajes de control

obtenidos indicaron que los productos tuvieron un efecto insecticida positivo en la reducción de la infestación del picudo del ajo (*E. operculatus*).

En contraste, los resultados de la tercera evaluación, a los 37 días, dieron evidencia marcada de un efecto heterogéneo por parte de los productos aplicados para el control de *E. operculatus*, esta variación se debió principalmente a un incremento en la densidad poblacional del picudo de la ajo en las unidades del testigo absoluto, en contraste con una reducción de la población en los tratamientos donde se aplicaron insecticidas y control biológico.

Particularmente, las unidades tratadas con el producto Fipronil (300 mL ha^{-1}) evidenciaron el mayor efecto de control sobre las larvas de *E. operculatus*, con 98% de eficacia, mientras que el menor efecto se presentó en las unidades que recibieron aplicación de Clorpirifos (140 g ha^{-1}) con apenas 54%, como se presenta en el Cuadro 5.

Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$), porcentajes de eficacia, así como nivel de significancia de los tratamientos en el análisis de varianza del número de larvas del picudo del ajo *E. operculatus* en el cultivo de ajo durante la primera evaluación.

	TRATAMIENTOS	DOSIS	<i>E. operculatus</i>		
			MEM	TUK	EFI
1	T Testigo absoluto	20 kg ha ⁻¹	7.3	A	----
2	T Imidacloprid	250 mL ha ⁻¹	1.3	A	81.8
3	T Fipronil	300 mL ha ⁻¹	4.0	A	45.5
4	T Clorpirifos	140 g ha ⁻¹	3.7	A	50.0
5	T <i>Metarrizium anisopliae</i>	25 kg ha ⁻¹	2.3	A	68.2
6	T Bifentrina + Imidacloprid	20 kg ha ⁻¹	3.3	A	54.5
			PR>F	0.0931	

MEM: media muestral; **TUK:** agrupación de medias de Tukey; **EFI:** Eficacia de Abbott

Cuadro 5. Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$), porcentajes de eficacia, así como nivel de significancia de los tratamientos en el análisis de varianza del número de larvas del picudo del ajo *E. operculatus* en el cultivo de ajo durante la segunda evaluación.

	TRATAMIENTOS	DOSIS	<i>E. operculatus</i>		
			MEM	TUK	EFI
T	Testigo absoluto	20 kg ha ⁻¹	16.7	A	----
1					
T	Imidacloprid	250 mL ha ⁻¹	2.7	B	84.0
2					
T	Fipronil	300 mL ha ⁻¹	0.3	C	98.0
3					
T	Clorpirifos	140 g ha ⁻¹	7.7	AB	54.0
4					
T	<i>Metarrizium anisopliae</i>	25 kg ha ⁻¹	3.3	B	80.0
5					
T	Bifentrina + Imidacloprid	20 kg ha ⁻¹	3.3	B	80.0
6					
			PR>F	<.0001	

MEM: media muestral; **TUK:** agrupación de medias de Tukey; **EFI:** Eficacia de Abbott

La Figura 5, muestra el comportamiento poblacional de las larvas del picudo del ajo durante el periodo de evaluación, se hace evidente el marcado aumento de la densidad de la especie en las unidades correspondientes al testigo absoluto, lo que puede sugerir que la plaga tiene las condiciones idóneas, respecto al hospedero y al ambiente, para su desarrollo; además, de

prescindir de la presión de selección que los insecticidas aplicados ejercieron sobre las unidades experimentales tratadas.

En este sentido, las unidades experimentales que recibieron aplicación de alguno de los insecticidas tuvieron una reducción de las poblaciones del *E. operculatus*, o mostraron un incremento poblacional más lento en comparación con las unidades sin tratar.

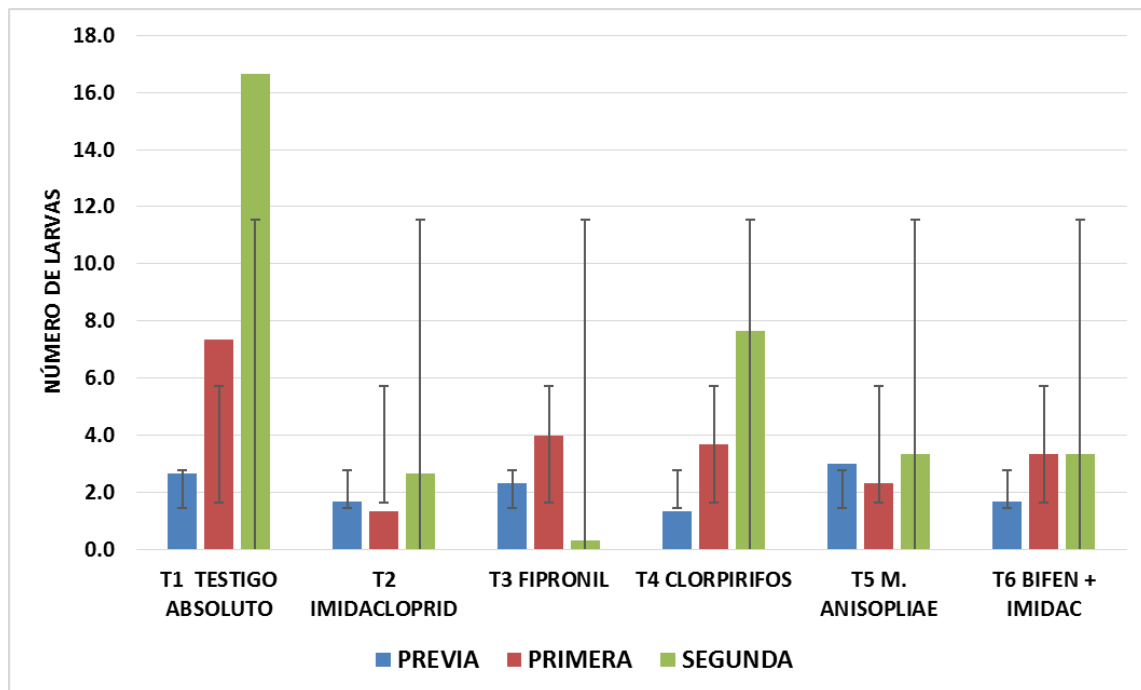


Figura 5. Promedio de larvas del picudo del ajo (*E. operculatus*) observado durante el periodo de evaluación el estudio de la efectividad biológica de distintos productos químicos y biológicos para su control.

Con respecto a las eficacias, a partir de la primera evaluación, se tuvieron efectos contrastantes en el control del picudo del ajo; el producto Imidacloprid (250 mL ha^{-1}) superó el 80% de control; mientras que el menor efecto para reducir la población de larvas de *E. operculatus* se obtuvo con Fipronil (300 mL ha^{-1}), con solo 45.5%, ubicándose apenas por debajo del efecto del producto Clorpirifos (140 g ha^{-1}) con 50% (Fig. 6).

En la segunda evaluación, el tratamiento con Fipronil (300 mL ha⁻¹) alcanzó la mayor eficacia, con un 98% de control; mientras que el tratamiento con Clorpirifos (140 g ha⁻¹) tuvo el menor control, con un 54% de eficacia (Fig. 6).

Además, de las evaluaciones de eficacia, se valoró el posible efecto fitotóxico provocado por los distintos insecticidas aplicados, estas valoraciones tuvieron lugar en las mismas fechas en que se hicieron los muestreos de las larvas del picudo del ajo. Se puso especial atención en detectar síntomas como clorosis, amarillamiento, enchinamiento o necrosis del área foliar de las plantas. No se observó efecto fitotóxico en el cultivo de ajo, durante el periodo de evaluación, por efecto de la aplicación de los insecticidas.

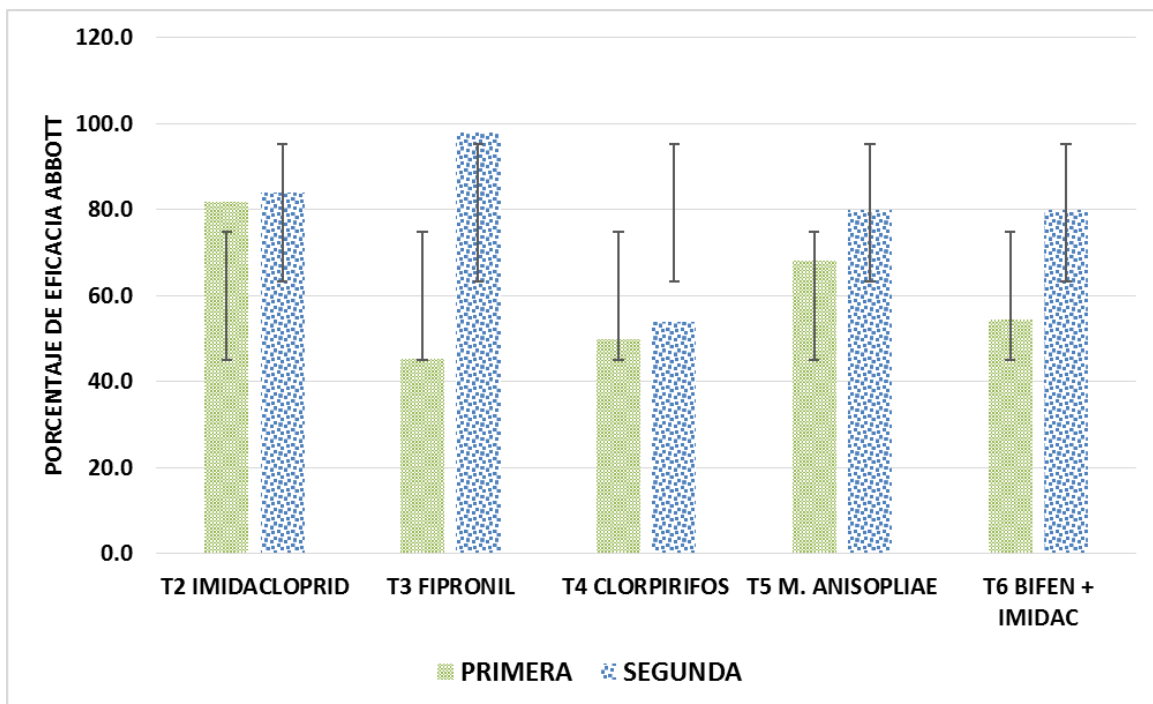


Figura 6. Porcentajes de eficacia observados sobre larvas del picudo del ajo (*E. operculatus*), durante el periodo sobre la efectividad biológica de distintos productos químicos y biológicos para su control.

El Imidacloprid dió resultados aceptables para el control del picudo del ajo (>80%) en este estudio; aunque no se trata de la misma especie, los reportes indican que este insecticida es efectivo para el control de plagas de la raíz; como el efecto significativo sobre *Diaprepes abbreviatus* L (Coleoptera: Curculionidae); al interferir en la movilidad de las larvas, reducción en la ecdisis y muerte principalmente por inanición, es decir, al reducirse la movilidad las larvas ya no pueden moverse para alcanzar el alimento y mueren. Los estudios sobre este compuesto en plagas de la raíz, indican que su mayor efecto se presentó cuando la vía de entrada fue oral, con relación a su efecto por contacto (Quintela *et al.*, 1997).

El efecto del Fipronil, en el presente estudio, reveló un marcado control entre la primera (45%) y la segunda (98%) evaluación, lo que pudo deberse a un efecto retardado sobre las larvas de *E. operculatus*, dato que contrasta con los resultados obtenidos por McCoy *et al.* (2001), al evaluar

efecto del RPA107382 (compuesto análogo de fipronil), cuyas observaciones permitieron determinar que el periodo de control de dicho insecticida fue de apenas un par de semanas, lo que los hizo concluir que dicha molécula carece de un efecto residual.

Para el caso del tratamiento con *M. anisopliae* se tuvo una eficacia entre el 68 y 80% de control, considerándose aceptable como alternativa contra *E. operculatus*, cabe señalar que estudios previos indican que este hongo entomopatógeno provoca infecciones mayores al 50%, cuando se inocula para el control de *P. polyphylla* (Ansari *et al.*, 2008). Adicionalmente, se han hecho estudios para evaluar hongos entomopatógenos en el control de insectos plaga de la raíz, dichos hongos tienen las características de infectar por contacto, presentan un periodo de persistencia largo y su rango de hospederos es generalmente amplio (Glare *et al.*, 2012). Entre los hongos con los que se han hecho mayor cantidad de estudios, respecto a su capacidad infectiva, destacan aislamientos de *Beauveria bassiana* s.l. (Balsamo) Vuillemin y *Metarhizium anisopliae* s.l. (Metschnikoff) Sorokin sobre larvas de *Phyllophaga crinita*, *P. menetriesi*, *P. civina* y *P. polyphylla* (Shannon *et al.*, 1993; Nájera-Rincón *et al.*, 2005; Guzmán-Franco *et al.*, 2012; Carrillo-Benítez *et al.*, 2012). Por lo anterior, el efecto observado de *M. anisopliae* sobre las larvas de *E. operculatus*, denota un marcado y positivo control de esta plaga, ya que la reducción de las larvas en el sitio experimental resultó ser diferente estadísticamente con respecto a las unidades del testigo absoluto.

Por último, la mezcla de ingredientes Bifentrina + Imidacloprid mostró un incremento importante al finalizar el estudio, ya que pasó de 54.5% a 80% durante la segunda evaluación, este nivel de eficacia representa una reducción estadísticamente significativa con respecto al testigo absoluto, lo que se traduce en una disminución importante de daños, y en consecuencia menores pérdidas de bulbos. Estos niveles de control fueron concordantes con los reportados por McCoy *et al.*

(2001) sobre *D. abbreviatus*, dado que probaron por separado el Imidacloprid y la Bifentrina, y obtuvieron eficacias de entre 80 -100%, por un periodo de 4 a 8 semanas.

Se ha demostrado que especies de *Phyllophaga* y *Cyclocephala* presentan resistencia a algunos insecticidas (Loera-Gallardo *et al.*, 2010); sin embargo, los resultados obtenidos con la presente evaluación indican altos porcentajes de control, lo que denota la limitada presión de selección a la que se ha expuesto *E. operculatus*.

6. CONCLUSIONES

Las descripciones morfológicas y las imágenes complementarias que se realizaron permiten diferenciar a la especie *Epicaerus operculatus* Say de otras especies de importancia agrícola, que pertenecen al mismo género. El insecto se alimenta de los bulbos del ajo en estado de larva mientras que el adulto no se alimenta de los bulbos y tampoco del follaje del ajo; Los mejores productos para el control de las larvas de *E. operculatus* son: Imidacloprid, Fipronil, Bifentrina + Imidacloprid y *Metarrizium anisopliae*, dado que tuvieron 80% o más de control. La distribución de la especie es muy común encontrándose en cinco estados de la república mexicana sin embargo solamente se encuentra como plaga en la región de Tepeaca Puebla, México.

7. BIBLIOGRAFÍA

Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.

Anderson, R. S. 2002. Curculionidae Latreille 1802.(pp. 722-815) In: American Beetles, volume 2, polyphaga: scarbaeoidea through curculionoidea (R. H Arnett, M. C. Thomas, P. E. Skelley, and J. H. Frank, Editors). CRC Press. Boca Raton 861 pp.

Anderson, R. S. and A. T. Howden. 2004. Entiminae Schoenherr 1823. In: Arnett Jr, R. H., M. C. Thomas, P. E. Skelley, and J. H. Frank, editors. Editors. American Beetles New York, N.Y CRC Press. 722-815.

Ansari M. A., Shah F. A. and Butt T. M. 2008. Combined use of entomopathogenic nematodes and *Metarhizium anisopliae* as new approach for black vine weevil, *Otiorhynchus sulcatus*, control. Entomología Experimentalis et Applicata. 129: 340-347.

Aragón G. A. y Morón M. A. 1998. Evaluación del daño ocasionado por el complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) en el estado de Puebla, México. *Avances en el estudio de la diversidad, importancia y manejo de los coleópteros edafícolas americanos*. (Eds. M.A. Morón & A. Aragón), pp. 143-149. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y Sociedad Mexicana de Entomología, Puebla, México.

Bouchard, L., Gagnier and D. W. A. Hunt (2012). *Cercopeus schwarzi* Sleeper, 1955 (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae) New to Canada. *The Coleopterists Bulletin*. 66(2):116-117.

Bousquet, Y. (1993). On Thomas Say's entomological publications printed in New Harmony. *ENT. NEWS*. 104(1):1-14.
<http://ia801406.us.archive.org/35/items/entomologicalnew104amer/entomologicalnew104amer.pdf>.

Carrillo-Benítez M. G., Guzmán-Franco A. W., Alatorre-Rosas R. y Enríquez-Vara J. N. 2013. Diversity and genetic population structure of fungal pathogens infecting White grubs larvae in agricultural soils. *Microb. Ecol.* 65: 437-449.

Champion, G. T. 2000. Bright and the field scale evaluations herbicides tolerant. *G M Trials*. AICC Newslwttter.

Chávez, C. M., P. Valenzuela C., G. A. Fierros L., L. A. Maldonado N. 2008. Efecto de métodos y densidades de siembra en la producción de dos variedades de ajo jaspeado en la sierra baja de Sonora. XI Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California. p. 381-385.

Friedman, A. L.L. y Sagiv, A. (2010). Review of the genus *Brachycerus* Olivier in Israel (Coleoptera: Curculionoidea: Brachycerinae). *Israel Journal of Entomology*, vol 40: 25-70.

Girón-Pablo, S., Ruiz-Vega, J., Pérez-Pacheco, R., Ortiz-Hernández, Y. D., and Aquino-Bolaños, T. 2015. Biological control of *Phyllophaga vetula* (Horn), and lethal concentrations and times of entomopathogenic nematodes. *Southwestern Entomologist* 40 (2): 291-296.

Glare, T., Caradus J., Gelernter W., Jackson T., Keyhani N., Kohl J., Marrone P., Morin L. and Stewart A. 2012. Have biopesticides of age? *Trends in Biotechnology*, 30: 250-258.

Gultekin, L., Borovec, R., M. Cristofaro and L. Smith. (2008). Broad-Nosed Weevils Feeding on *Centaurea solstitialis* in Turkey, with a description of the new species *Araxia cristofaroi* sp. n. (Coleoptera: Curculionidae: Entiminae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 101(1): 7-12.

Guzmán-Franco A. W., Hernández-López J., Enríquez-Vara J. N., Alatorre-Rosas R., Tamayo-Mejía F. and Ortega-Arenas L. D. 2012. Susceptibility of *Phyllophaga polyphylla* and *Anomala cincta* larvae to *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates, and the interaction with soil properties. *BioControl*, 57: 553-563.

Lodos, N. 1977. Preliminary list of Curculionidae (Coleoptera) with notes on distribution, abundance and biology of species in Turkey III. *Brachycerus Ol. Turk. Birt. Kor. Derg.* 1 (2): 29-38.

Loera-Gallardo J., Pérez-Domínguez J. F. and Rodríguez del Bosque L. A. 2010. Control Químico. *Plagas del suelo* (eds. L. A. Rodríguez del Bosque & M. A. Morón), pp. 197-214. INIFAP, México.

Lugo-García G. A., Ortega-Arenas L. D., Aragón-García A., González-Hernández H., Romero-Nápoles J., Reyes-Olivas A. y Morón M. A. 2012. Especies de gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados al cultivo de maíz en Ahome, Sinaloa, México. *Agrociencia*, 46: 307-320.

Machado A. 2010. La morfología de *Laparocerus undatus* Wollaston, 1864 y consideraciones sobre la tribu Laparocerini lacordaire, 1863 (Coleoptera, Curculionidae, Entiminae). *Graellsia* 66(2): 233-280.

Marín J. A. y Bujanos M. R. 2008. Especies del complejo "gallina ciega" del género *Phyllophaga* en Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México*, 34(3): 349-355.

Marvaldi, A.E., (1998). Larvae of Entiminae (Coleoptera: Curculionidae): tribal diagnoses and phylogenetic key with a proposal about natural groups within Entimini. *Ent. Scand.* 29:89-98

Marvaldi, A.E., (2003). Key to Larvae of the South American subfamilies of weevils (Coleoptera: Curculionidae). *Revista Chilena de Historia Natural.* 76:603-612.

Marvaldi, A.E., 1997. Higher Level Phylogeny of Larvae of Curculionidae (Coleoptera: Curculionidae) based mainly on larval characters, with special reference to Broad-Nosed Weevils. *Cladistics* 13, 285-312

Mason, P.G., R.M. Weiss, Olfert, O., Appleby, M. and J.-F. Landry. 2011. Actual and potential distribution of *Acrolepiopsis assectella* (Lepidoptera: Acrolepiidae), an invasive alien pest of *Allium* spp. in Canada. *The Canadian Entomologist*. 143 (2):185–196.

McCoy, C. W. 1999. Arthropod pests of citrus roots, pp. 149-156 in L. W. Timmer, and L. W. Duncan [eds.], *Citrus Health Management*. APS Press, St. Paul, MN.

McCoy, C. W., J. Stuart R., I. Jackson, J., F. Ojtk and A. Hoyte. 2001. Soil surface applications of chemicals for the control of neonate *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) and their effect on ant predators. *Florida Entomologist* 84(3): 327-335.

Muñiz-Vélez, R. 2001. Algunos curculiónidos en las plantas cultivadas en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Entomología* 16:1-11.

Nájera-Rincón M. B., García-Martínez M., Crocker R. L., Hernández-Velázquez V. y Rodríguez del Bosque L. A. 2005. Virulencia de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, nativos del occidente de México, contra larvas de tercer estadio de *Phyllophaga crinita* (Coleoptera: Melolonthidae) bajo condiciones de laboratorio. *Fitosanidad*, 9: 33-36.

Pérez-Moreno, Luis, Santiago-Gómez, Dagoberto, Rico-Jaramillo, Esteban, Ramírez-Malagón, Rafael, & Mendoza-Celedón, Briseida. (2008). Efecto de Virus Fitopatógenos Sobre Características Agronómicas y Calidad del Ajo (*Allium sativum* L.), en el Estado de Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26(1), 40-48.

Quintela E. D., W. McCoy C. 1997. Effects of imidacloprid on development, mobility, and survival of first instars of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Economic Entomology. 90 (4): 988 – 995.

Reveles-Hernández, M.; Velásquez-Valle, R. y Bravo-Lozano, A. G. 2009. Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas. Libro Técnico No.11. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP. 272 p.

Say T. (1831) Descriptions of new species of Curculionites of North America, with observations on some of the species already known: New Harmony, Indiana. 30 pp.

Shannon, P. J., Smith S. M. and Hidalgo E. 1993. Evaluación en el laboratorio de aislamientos costarricenses y exóticos de *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. Contra larvas de *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae). *Diversidad y manejo de plagas subterráneas*. Publicación especial Soc. Mex. Entomología e Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México. Pp. 213-215.

SIAP. 2016. Sistema producto. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/> Recuperado el 12 de junio de 2016 <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>.

Thompson, R. T. 1992. Observations on the morphology and classification of weevils (Coleoptera, Curculionidae) with a key to major groups. J. Nat. Hist. 26:835-891.