



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

IDENTIFICACIÓN Y BIOECOLOGÍA DEL GUSANO BARRENADOR DE LA COL (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) ASOCIADO CON CRUCÍFERAS

ROSA MARÍA DE GUADALUPE QUEZADA DANIEL

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

2022



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

La presente tesis titulada: **IDENTIFICACIÓN Y BIOECOLOGÍA DEL GUSANO BARRENADOR DE LA COL (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) ASOCIADO CON CRUCÍFERAS**, realizada por la estudiante: **ROSA MARÍA DE GUADALUPE QUEZADA DANIEL**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

CONSEJERO

Dr. Néstor Bautista Martínez

ASESOR

Dr. Clemente de Jesús García Ávila

ASESOR

Dr. Ángel Lagunes Tejeda

ASESOR

Dr. Ciro Luis Antonio Turcios Palomo

ASESOR

Dr. José Luis Carrillo Sánchez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, junio de 2022

IDENTIFICACIÓN Y BIOECOLOGÍA DEL GUSANO BARRENADOR DE LA COL (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) ASOCIADO CON CRUCÍFERAS

Rosa María de Guadalupe Quezada Daniel, D.C.
Colegio de Postgraduados, 2022

RESUMEN

México se encuentra ubicado como el principal país exportador de crucíferas y cuarto productor mundial con una superficie sembrada de 44, 921.83 ha, donde los estados de Guanajuato y Puebla son los principales estados productores en el país (SIAP, 2020). En años recientes, la incidencia del gusano barrenador de la col (Lepidóptera: Pyralidae) en zonas productoras de brócoli, coliflor y col, se detectó como un problema fitosanitario, esto generó un interés para su identificación y estudio. Para la identificación, se colectó material vegetal dañado por el barrenador de la col en el periodo de agosto del año 2018 a enero del 2021, en localidades del estado de Puebla y Guanajuato. El material se llevó al laboratorio de Entomología Agrícola del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo con el objetivo de establecer una cría en condiciones controladas y obtener material para su estudio. La identificación morfológica del material colectado, se realizó con la extracción de la genitalia del macho adulto, y se corroboró con técnicas moleculares. Como resultado se obtuvo la especie de *Hellula phidilealis* (Waker, 1859), y se caracterizó en campo los daños ocasionados a los cultivos por su alimentación.

Palabras clave: *Hellula*, daño, genitalia y cría.

**IDENTIFICATION AND BIOECOLOGY OF THE CABBAGE SCREWWORM
(LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) ASSOCIATED WITH CRUCIFERA**

**Rosa María de Guadalupe Quezada Daniel, D.C.
Colegio de Postgraduados, 2022**

ABSTRACT

Mexico is located as the main exporter of cruciferous and fourth world producer with a planted area of 44, 921.83 ha, where the states of Guanajuato and Puebla are the main producing states in the country. In recent years, the incidence of the cabbage screwworm (Lepidoptera: Pyralidae) in broccoli, cabbage and cauliflower producing areas was detected as a phytosanitary problem, this generated interest for its identification and study. For identification, plant material damaged by the cabbage borer was collected from August 2018 to January 2021, in locations in the state of Puebla and Guanajuato. The material was taken to the Agricultural Entomology Laboratory of the Campus Montecillo Postgraduate College with the aim of establishing a breeding in controlled conditions and obtaining material for its study. The morphological identification of the collected material was carried out with the extraction of the genitalia of the adult male, and was corroborated with molecular techniques. As a result, the species of *Hellula phidilealis* (Waker, 1859) was obtained, and the damage caused to crops by its feeding was characterized in the field.

Keywords: *Hellula*, damage, genitalia and offspring.

DEDICATORIA

A mis padres† por haberme forjado en la persona que hoy soy.

A mi compañero de vida, por su apoyo, sacrificio y cariño. Gracias por esto y todo lo que hemos logrado juntos, Emigdio.

A mis hijos Francisco y Karla, mi motor de vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el financiamiento proporcionado para desarrollar esta investigación.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, por brindarme la oportunidad de fortalecerme en la parte profesional y humana.

Al Posgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, por el abrigo y regocijo durante mi estancia en sus instalaciones.

Al Dr. Néstor Bautista Martínez, por bríndame la oportunidad de formar parte de sus alumnos y cobijarme con sus consejos.

Al M. C. Jorge Valdez Carrasco, por su disponibilidad y apoyo incondicional durante la toma de fotografías y procesamiento de imágenes del material biológico ocupado en la presente investigación.

Al Dr. Ricardo Meráz Álvarez, por su apoyo en cada fase de la presente investigación.

A los integrantes de mi consejo particular, Dr. Clemente de Jesús G. Ávila, Dr. Ángel Lagunes Tejeda, Dr. Luis Antonio Turcios Palomo y Dr. José Luis Carrillo Sánchez, por su orientación y apoyo para concluir satisfactoriamente mi formación académica.

A mis compañeros, administrativos y productores, que formaron parte importante de esta investigación y desarrollo profesional.

A todos mil gracias por su apoyo.

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
LISTAS DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO I. IDENTIFICACIÓN DEL BARRENADOR DE LA COL (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) Y CARACTERIZACIÓN DE DAÑOS A CRUCIFERAS	3
1.1 RESUMEN	3
1.2 ABSTRACT	4
1.3 INTRODUCCIÓN	5
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS	8
1.4.1. Colecta de material	8
1.4.2. Identificación de especie.	9
1.4.3. Determinación molecular.	10
1.4.4. Caracterización de daños	11
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
1.5.1. Identificación de especie	12
1.5.2. Daño	19

CAPÍTULO II. CRÍA, REPRODUCCIÓN DE <i>H. phidilealis</i> (Walter) E	
IDENTIFICACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES EN MÉXICO	22
2.1 RESUMEN	22
2.2 ABSTRACT	23
2.3 INTRODUCCIÓN.....	24
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
2.4.1 Cría de <i>Hellula phidilealis</i>	26
2.4.2 Parasitoides.....	27
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSIONES GENERALES.....	32
LITERATURA CITADA	33

LISTAS DE CUADROS

Cuadro 1. Adultos de <i>H. phidilealis</i> emergidos de cultivos comerciales de crucíferas.	13
Cuadro 2. Adulto de <i>H. phidilealis</i> emergidos de crucíferas silvestres.	15
Cuadro 3. Enemigos naturales obtenidos de larvas de <i>H. phidilealis</i>	29

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Adultos; a) Macho de *Hellula phidilealis*; b) Hembra de *Hellula phidilealis*.
Imágenes tomadas por el M.C. Jorge Valdez Carrasco. 17
- Figura 2.** Larva y genitalia del macho de *Hellula phidilealis* a) larva desarrollada; b) quetotaxia de la cápsula cefálica; c) seta O3 es posterior a la línea que une la L1 con la O2; d) genitalia del macho sin edeago y e) edeago. 18
- Figura 3.** Árbol filogenético resultante de la inferencia bayesiana basada en secuencias parciales de ADN mitocondrial COI que muestra la relación de *Hellula phidilealis* colectada de parcelas comerciales brócoli y coliflor en Puebla y Guanajuato. 19
- Figura 4.** Daños causados en el ataque de *Hellula phidilealis*. a) daño; b) ausencia del punto de crecimiento del florete; c) excretas de la larva en el punto de crecimiento del florete; d) larva desarrollada; e y f) daños y larva en *Sinapis arvensis*. 21
- Figura 5.** Parasitoides emergidos de larvas de *Hellula phidilealis*; a) Eulophidae (*Aprostocetus* sp); b) Ichneumonidae; c) Braconido (*Habrobracon* sp). Imágenes tomadas por el M.C. Jorge Valdez Carrasco. 30

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México, la diversidad de cultivos es amplia, algunos de suma importancia económica, como son las brassicáceas, también conocidas como crucíferas. De acuerdo con el SIAP en el 2020, se sembraron alrededor de 44, 921.83 hectáreas de crucíferas en el país. Donde brócoli, coliflor y col, son los cultivos más importantes de esta familia botánica en México, destinados al consumo interno y de exportación como producto congelado a EUA. En este contexto, México figura como el cuarto productor de crucíferas a nivel mundial, y primer lugar como exportador (FAO-FAOSTAT, 2020). La producción nacional de estos cultivos, representa un importante ingreso y aporte al valor de la economía debido a la venta al mercado externo; su consumo asciende por el destino que se le da, y cada año se registra un crecimiento en las exportaciones; dentro de las entidades que aportan la mayor producción está Guanajuato, Puebla, Sonora, Jalisco, Michoacán, Tlaxcala, Aguascalientes, Querétaro, Zacatecas y Baja California, donde alrededor del 60.6% de la producción nacional es destinada a la exportación (SIAP, 2020).

No obstante, al igual que en otros cultivos, la presencia de plagas limita la producción y comercialización de brócoli, coliflor y col. Algunas plagas de importancia económica en la producción de crucíferas son; palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostela* L), gusano falso medido (*Trichoplusia ni* Hübner), gusano de la col (*Copitarsia decolora* Guenée) y el pulgón de la col (*Brevicoryne brassicae* L), plagas que representan un problema de inocuidad en la comercialización de los productos obtenidos, ocasionado por sus diferentes estados de desarrollo (Santoyo y Martínez, 2011; Bujanos et al., 2013; Bujanos et al., 2013 b).

En el mismo sentido, los pirálidos son la tercera superfamilia más grande de lepidóptera. Los adultos tienen un tamaño medio, con las alas de colores pardo-amarillentos. Las larvas tienen una alimentación variada. Hay plagas de almacén y otras que se desarrollan en los cultivos, barrenando tallos de plantas herbáceas o frutos. Las larvas suelen recubrirse de seda, en refugios que ellas mismas se construyen donde se alimentan (Solis y Shaffer, 1999).

El gusano barrenador de la col (Lepidóptera; Pyralidae), es una plaga reportada como destructiva en la producción de crucíferas en países como Estados Unidos (Allyson, 1981), que causa pérdida económica al alimentarse de hojas jóvenes, del tallo y principalmente del punto de crecimiento del cultivo, causando así un daño importante. (Sivapragasam y Chua, 1997b; Mewis et al., 2002). En India, se reportan pérdidas del 30% en el rendimiento debido a la presencia *H. undalis* (Srihari y Satyanarayana, 1992). En Filipinas se reporta pérdidas de hasta el 100% durante las tres primeras semanas de la larva en cultivos de crucíferas en estación seca (Mewis et al., 2002). Desde su identificación en Filipinas, se ha presentado en aumento y actualmente se considera como uno de las plagas de importancia en crucíferas junto con *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) y *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) (Kalbfleisch, S., 2005).

En los últimos años, se ha reportado en zonas productoras de crucíferas la presencia del gusano barrenador de la col (*Hellula* spp) y la información que existe de esta plaga en el país es escasa, y poco fiable. De aquí la importancia de generar información que sirva como cimiento para el desarrollo de estrategias de manejo de esta plaga en los cultivos de importancia económica como lo es brócoli, coliflor y col

CAPÍTULO I. IDENTIFICACIÓN DEL BARRENADOR DE LA COL (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) Y CARACTERIZACIÓN DE DAÑOS A CRUCIFERAS

1.1 RESUMEN

En México, los insectos que se alimentan de crucíferas son de importancia económica por la repercusión que generan en su producción, afectando de esta manera la agroindustria nacional e internacional. El género *Hellula*, es considerado como una plaga de crucíferas en otras regiones del mundo; en México a la fecha no existen estudios precisos sobre su identificación, distribución y rango de hospedantes en las regiones productoras de estas hortalizas. En un programa de manejo integrado de plagas, resulta fundamental conocer esta información con la finalidad de diseñar e implementar las medidas fitosanitarias precisas para su manejo. La colecta de crucíferas infestadas por *Hellula spp*, se realizó en localidades de los estados de Guanajuato y Puebla, en el periodo de agosto de 2018 a enero de 2021 en cultivos comerciales de *Brassica oleracea* L. var. itálica y botrytis; además, crucíferas silvestres como, *Sisymbrium irio* L., *Capsella bursa-pastoris* L., *Lepidium virginicum* L., *B. nigra* y *Sinapis arvensis*.

La especie identificada fue *Hellula phidilealis* Guénee (Lepidoptera:Pyralidae: Glaphyriinae). Su asociación con cultivos comerciales y hospedantes silvestres proporciona información básica y de importancia para su manejo fitosanitario en la producción de crucíferas.

Palabras clave: crucíferas silvestres, identificación molecular, genitalia, daño.

1.2 ABSTRACT

In Mexico, the insects that feed on cruciferous plants are of economic importance due to the impact they generate on their production, thus evolving the national and international agribusiness. The *Hellula* genus is considered a plague of cruciferous plants in other regions of the world; In Mexico to date there are no precise studies on their identification, distribution and range of hosts in the producing regions of these vegetables. In an integrated pest management program, it is essential to know this information in order to design and implement the precise phytosanitary measures for its management. The collection of cruciferous plants infested by *Hellula spp.*, was carried out in localities of the states of Guanajuato and Puebla, in the period from August 2018 to January 2021 in commercial crops of *Brassica oleracea* L. var. *italica* and botrytis; In addition, it was collected in wild cruciferous plants such as *Sisymbrium irio* L., *Capsella bursa-pastoris* L., *Lepidium virginicum* L., *B. nigra* and *Sinapis arvensis*.

The species identified in this study corresponds to *Hellula phidilealis* (Walter) (Lepidoptera: Pyralidae (Crambidae): Glaphyriinae). This insect emerged from all sampled hosts. Its association with commercial crops and wild hosts provides basic and important information for its phytosanitary management in cruciferous production.

Keywords: wild crucifers, molecular identification, genitalia, damage.

1.3 INTRODUCCIÓN

La superfamilia Pyraloidea es la tercera más grande del orden Lepidoptera y diversa ecológicamente; comprende a las familias Crambidae y Pyralidae, con aproximadamente 16,000 especies descritas en el mundo; una cantidad similar que aún no ha sido nombrada, habita especialmente en los trópicos (Munroe y Solis, 1999; Asselbergs 2009; Regier et al., 2012). Mientras que, en la familia Crambidae existen 9 655 especies descritas (van Nieuverken et al., 2011) derivada de esta la subfamilia Glaphyriinae incluye larvas de hábitos variados como las que doblan las hojas en Brassicaceae y Capparidaceae, barrenadoras en cabezuelas de *Typha spp.*, formadoras de estuches aplanados en líquenes, parásitos de larvas de Psychidae y habitantes en nidos de Vespidae (Solis y Adamski, 1998). Adicionalmente, se han registrado cerca de 200 especies que se distribuyen principalmente en el Nuevo Mundo; sin embargo, pocas especies del género *Hellula* Guenee que se encuentran en el Viejo Mundo son consideradas plaga de crucíferas (Munroe, 1972, 1995; Munroe y Solis, 1998; Solis y Adamski, 1998).

Desde el punto de vista económico, las especies de *Hellula spp.*, son plagas importantes en cultivos de crucíferas principalmente en países de clima tropical y en menor medida en aquellos con clima templado, mientras que, en otros, están consideradas como plagas potenciales (Sivapragasam y Chua, 1997). Por ejemplo, *Hellula undalis* (Fabricius), es una plaga importante en crucíferas en los trópicos y subtrópicos, se ha reportado atacando col, coliflor, nabo, rábano y mostaza (Dhawan y Matharu, 2011). No obstante, *Hellula phidilealis* (Walker) es una plaga secundaria en Jamaica, Barbados y algunas Islas del Caribe, por el contrario en Trinidad es la plaga más importante que se presenta cada temporada en la producción de col y coliflor (Alam, 1982). En cambio, en Barbados *H. phidilealis*, es una amenaza constante por el daño directo que causa al brote apical de las plántulas de col al inducir crecimientos laterales y múltiples falsas cabezas no aptas para el

comercio. Este daño es similar al producido por *H. undalis*, una larva que infesta el brote de la planta antes de la etapa de formación de la cabeza, suficiente para provocar la muerte de esta (Cadogan, 1983; Sivapragasam y Chua, 1997).

Resulta prioritario tener en cuenta las consecuencias económicas y sociales que puede provocar la presencia o establecimiento de una plaga como las antes referidas; tal es el caso del África Subsahariana, en donde los agricultores de escasos recursos ven en *B. oleracea* var. *capitata* un cultivo valioso como fuente de sustento por su creciente popularidad para consumo local y para la industria alimenticia debido al contenido de vitaminas y minerales de la planta (Abbey y Manso, 2004; Fening et al., 2020). A causa de la alta susceptibilidad del cultivo al ataque de plagas como *Plutella xylostela* y *H. undalis* se registran pérdidas del 100 y 41 %, respectivamente (Sivapragasma, 1994; Fening et al., 2013;) y limitan la producción (Sivapragasm et al., 2001; Fening et al., 2017; Zalucky et al., 2012;).

Por otra parte, en México los cultivo de crucíferas son de alto valor comercial donde destaca brócoli y coliflor, que se cultiva principalmente en Guanajuato (24 885.61 ha), Puebla (2 772.22 ha) y Michoacán (2 224.70 ha); convirtiendo al país en el cuarto productor mundial (SIAP, 2020). En 2018, se observaron daños ocasionados por larvas de un lepidóptero en tallos e inflorescencias de coliflor (*B. oleracea* var. *botrytis*) en varios predios de Atlixco, Puebla; este insecto que fue identificado de manera preliminar como *Hellula* sp., también fue observado en brócoli en el estado de Guanajuato en temporadas anteriores; sin embargo, no se tiene más información al respecto. Por lo antes expuesto y dado que en México aún no existen estudios que respalden la presencia e identidad de *Hellula* sp., asociada con cultivos comerciales de crucíferas, se plantearon como objetivos realizar la identificación del gusano barrenado de la col en cultivos de *B. oleracea*, determinar su rango de hospedantes y caracterizar el daño causado. La información generada será

de utilidad para implementar acciones de manejo y establecer estrategias de manejo para evitar que se convierta en un problema fitosanitario.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Colecta de material.

Se colectó material infestado por *Hellula sp.*, en los ejidos La Uvera, Atlixco, Puebla (N 18° 52'16.432", O 98° 25'29.33"), y La Higuera, Apaseo el Grande, Guanajuato (N 20°33'00.0", O 100°42'09.9"), en cultivos comerciales de coliflor (*B. oleracea* var. botrytis) y brócoli (*B. oleracea* var. itálica) en un periodo de veintinueve meses desde agosto de 2018 a enero de 2021. En este periodo, también se colectaron crucíferas silvestres como *Lepidium virginicum*, *Brassica nigra*, *Sinapis arvensis*, *Sisymbrium irio* y *Capsella bursa-pastoris*, localizadas alrededor de los predios de las especies cultivadas. Las plantas con excretas por alimentación de las larvas, hojas dobladas unidas por seda y brotes con daños visibles, fueron colectadas en su totalidad, así como la parte dañara, dependiendo del tamaño del material vegetal. Este fue puesto de manera individual y separada por especie en bolsas de polietileno, identificadas con los datos de colecta, para después ser trasladado al Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, y ser procesado para su identificación y estudio.

Las larvas vivas se separaron del material vegetal, se colocaron individualmente en cajas Petri de 10 cm de diámetro con una abertura cubierta por malla de acero (80 hilos) para permitir la aireación. A cada caja se le añadió un disco de hoja de col de 5 cm de diámetro como alimento para la larva, esto hasta la pupa. Una vez obtenidas las pupas, fueron sexadas de acuerdo con lo señalado por Kalbfleisch (2005), y separadas individualmente hasta la obtención de adultos; individuos fueron expuestos a la cámara letal con acetato de etilo, para ser preservados en alcohol al 70 % como parte del proceso para su identificación. El resto de los ejemplares se mantuvieron en una cámara de cría a una temperatura de $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $60 \pm 20\%$ y un fotoperiodo de 12:12 (luz: oscuridad).

1.4.2. Identificación de especie.

La identificación morfológica se realizó con larvas desarrolladas y adultos, en el laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. En el caso de las larvas, estas fueron observadas bajo el microscopio para revisar la quetotaxia cefálica tomando como referencia la clave de Allyson (1981). En adulto, se extrajo la genitalia del macho, su abdomen fue separado y macerado en KOH al 10% a 80°C por 20 min, se lavó con agua destilada y alcohol hasta extraer las principales estructuras esclerotizadas de la genitalia, implementando la metodología de Meijerman et al., (1996). Se tomaron las imágenes con un Photomicroscope III Carl Zeiss® (Carl Zeiss, Alemania). La identificación se realizó utilizando las claves de Landry y Roque-Albelo (2008) y posteriormente fue corroborado por la Dra. Alma Solis del United States Department of Agriculture (USDA, por sus siglas en ingles). Ejemplares fueron depositados en la Colección Entomológica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

La identificación morfológica se realizó con larvas desarrolladas y adultos, en el laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. En el caso de las larvas, estas fueron observadas bajo el microscopio para revisar la quetotaxia cefálica tomando como referencia la clave de Allyson (1981). En adulto, se extrajo la genitalia del macho, su abdomen fue separado y macerado en KOH al 10% a 80°C por 20 min, se lavó con agua destilada y alcohol hasta extraer las principales estructuras esclerotizadas de la genitalia, implementando la metodología de Meijerman et al., (1996). Se tomaron las imágenes con un Photomicroscope III Carl Zeiss® (Carl Zeiss, Alemania). La identificación se realizó utilizando las claves de Landry y Roque-Albelo (2008) y posteriormente fue corroborado por la Dra. Alma Solis del United States Department of Agriculture (USDA, por sus siglas en ingles). Ejemplares fueron depositados en la Colección Entomológica del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

1.4.3. Determinación molecular.

El análisis filogenético se realizó con adultos colectados en las localidades de La Uvera, Atlixco, Puebla y Apaseo el grande, Guanajuato. A los cuales se les aplicó la técnica de extracción de ADN y amplificación por PCR. La extracción de ADN se llevó a cabo utilizando el método CTAB al 2% (Doyle, 1997) y tampón de acetato de sodio. El gen parcla de la citocromo oxidasa I (COI), se amplificó mediante PCR convencional usando LCO y HCO (Folmer et al., 1994).

Las condiciones térmicas se dieron con un termociclador C1000 Touch (Bio-Rad, Foster City, California, EE. UU.), con una desnaturalización inicial a 94 °C durante 1 min previo a los siguientes pasos: 5 ciclos de 94 °C por 30 s, 45 °C durante 1,5 min, 72 °C durante 1 min; 35 ciclos de 94 °C por 30 s, 57 °C durante 1,5 min y 72 °C durante 1 min; y una extensión final de 72 °C por 5 min.

La electroforesis se realizó en un gel de agarosa al 1 % (SeaKem, Lonza, Greenwood, Carolina del Sur, EE. UU.), y los ampliaciones se visualizaron a través de documentación fotográfica mediante el uso de un sistema Infinity 3026/WL/LC/26 MX X-Press (Vilber Lourmat, Deutschland GmbH, Eberhardzell, Alemania).

Para la secuenciación del ADN y el análisis filogenético, las ampliaciones se limpiaron con ExoSAP (Affymetrix, Santa Clara, California, EE. UU.), y se secuenciaron en un analizador genético de 4 capilares 3130 DNA (Applied Biosystems, Foster, California, EE. UU.). Las secuencias fueron ensambladas usando el software BioEdit v.7.0.5 (Hall, 1999) y comparado con los depositados en la base de datos GenBank con la opción BLASTN (Altschul et al., 1997) en la plataforma del Centro Nacional de Información Biotecnológica. El análisis filogenético se realizó mediante inferencia bayesiana con Mr Bayes 3.2 (Ronquist et al., 2012) y se transformó un mega

archivo en el archivo nexus usando el software MEGA (Kumar et al., 2016). El árbol resultante se dibujó con FigTree v1.4.4

1.4.4. Caracterización de daños.

Además de las observaciones directas en campo, se individualizaron en macetas plántulas de brócoli en jaulas de acrílico transparente acondicionadas con una manga de tela organza. En cada jaula se liberó una pareja de adultos de *Hellulla* sp., con la finalidad de observar su comportamiento de oviposición y alimentación de las larvas emergidas. Las observaciones se realizaron y registraron todos los días, desde el momento de la liberación hasta que se observaron los daños de los 2-3 primeros instares larvales.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.5.1. Identificación de especie

El material examinado de larvas y adultos dieron como resultado la especie de *Hellula phidilealis*, especie que emergió tanto de hospedantes cultivados como silvestres. La mayor cantidad de adultos emergió de *B. oleracea* var. botrytis seguida por *B. oleraceae* var. italica (Cuadro 1). Por otra parte, se registraron adultos en todos los hospedantes silvestres con excepción de *C. bursa-pastoris*, en donde no se observaron indicios causados por la alimentación de las larvas de *H. phidilealis* asimismo, es evidente una mayor preferencia por *L. virginicum* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Adultos de *H. phidilealis* emergidos de cultivos comerciales de crucíferas.

Sitio de colecta	Hospedante	<i>H. phidilealis</i>			Fecha de colecta
		♀ ♀	♂ ♂	Total	
La Uvera, Atlixco, Puebla 18° 52' 16.432" N y 98° 25' 29.33" O	<i>B. oleracea</i> var. botrytis	83	61	144	20-VIII-2018
		105	84	189	7-IX-2018
		75	46	121	12-X-2018
		20	35	55	17-XI-2018
		5	2	7	15-II-2019
		7	3	10	21-III-2019
		5	0	5	17-X-2019
		6	1	7	16-XI-2019
		3	1	4	28-XII-2019
		10	2	12	9-XI-2019
		12	4	16	14-XII-2019
		8	4	12	4-I-2020
		5	1	6	18-IV-2020
		4	0	4	16-V-2020
		2	0	2	13-VI-2020
3	0	3	18-VII-2020		
4	0	4	22-VIII-2020		
8	2	10	12-IX-2020		
La Higuera, Apaseo el Grande, Guanajuato 20° 33' 0.00" N y 100° 42' 09.9" O	<i>B. oleracea</i> var. italica	20	11	51	19-X-2019
		20	7	27	16-XI-2019
		19	8	27	19-XII-2019
		22	11	33	16-I-2020

Sitio de colecta	Hospedante	<i>H. phidilealis</i>			Fecha de colecta
		♀ ♀	♂ ♂	Total	
		25	9	34	12-II-2020
		9	2	11	18-III-2020
		7	3	10	23-IV-2020
		14	4	18	21-V-2020
		12	5	17	18-VI-2020
		14	7	21	16-VII-2020

Cuadro 2. Adulto de *H. phidilealis* emergidos de crucíferas silvestres.

Sitio de colecta	Hospedante	<i>H. phidilealis</i>			Fecha de colecta
		♀ ♀	♂ ♂	Tota l	
La Uvera, Atlixco, Puebla 18° 52' 16.432" N y 98° 25' 29.33" O	<i>Lepidium virginicum</i>	12	3	15	9-XI-2019
		14	6	20	14-XII-2019
		12	2	14	4-I-2020
		18	3	21	15-II-2020
		7	4	11	14-XI-2020
		13	1	14	28-XII-2020
		22	5	27	3-I-2021
La Higuera, Apaseo el Grande, Guanajuato 20° 33' 0.00" N y 100° 42' 09.9" O	<i>Sinapis arvensis</i>	18	9	27	16-I-2020
		10	7	17	12-II-2020
		20	4	24	18-III-2020
		11	0	11	15-X-2020
		17	5	22	17-XI-2020
		20	7	27	17-XII-2020
		10	7	17	23-IV-2020
	<i>Brassica nigra</i>	11	3	14	21-V-2020
		10	2	12	18-VI-2020
		7	3	10	16-VII-2020
	<i>Sisymbrium irio</i>	17	1	18	20-VIII-2020
		16	2	18	17-IX-2020
		<i>Lepidium virginicum</i>	8	0	8
17	1		18	17-XI-2020	

En la identificación de *Hellula phidilealis* (Fig. 1); la quetotaxia de la larva y la morfología de la genitalia del macho coinciden con los esquemas de Allyson (1981) y Landry y Roque-Albelo (2008) (Fig. 2a); confirmado por la ampliación del ADN del gen mitocondrial COI con una secuenciación del 99 % de cobertura y 99.07 de identidad y formando un grupo compacto en el árbol filogenético (Fig. 3). Por otra parte, también cabe señalar que a diferencia de *H. undalis* que solo se encuentra distribuida en el Viejo Mundo, *H. phidilealis* es una de las cinco especies que se encuentra ampliamente distribuida desde el Sur de Estados Unidos de América, Centro y Sudamérica como plaga en cultivos de crucíferas (Munroe, 1972). A pesar de su presencia en el continente americano, en México no se tiene registro preciso sobre su presencia, más que lo mencionado por Alam (1982) quien señala que la especie fue observada alimentándose en vainas de *Cleome viscosa* (Cleomaceae L.) en el estado de Colima.

Es así que nuestro hallazgo se considera el primer registro en México de *H. phidilealis* en cultivos de crucíferas, sustentado con imágenes de la quetotaxia cefálica de la larva (Fig. 2b, c) y la genitalia del macho (Fig. 2d, e). Adicionalmente, fue corroborado mediante técnicas moleculares. Nuestros resultados sugieren que *H. phidilealis* afecta cultivos comerciales de *B. oleracea* var. *italica* y botrytis, así como en las crucíferas silvestres *L. virginicum*, *B. nigra*, *S. arvensis* y *S. irio*; pero difiere de lo mencionado por Munroe (1972) quien extiende la lista de hospedantes a las familias botánicas Cleomaceae, Amaranthaceae y Portulacaceae. La información generada resulta relevante para complementar estudios de biología y comportamiento de la plaga, así como iniciar y ampliar la búsqueda de sus enemigos naturales considerando hospedantes alternos. Además, para desarrollar tácticas útiles que se pueden implementar dentro de un programa de manejo integrado de plagas, con la finalidad de mitigar los daños de esta plaga potencial en las crucíferas cultivadas.

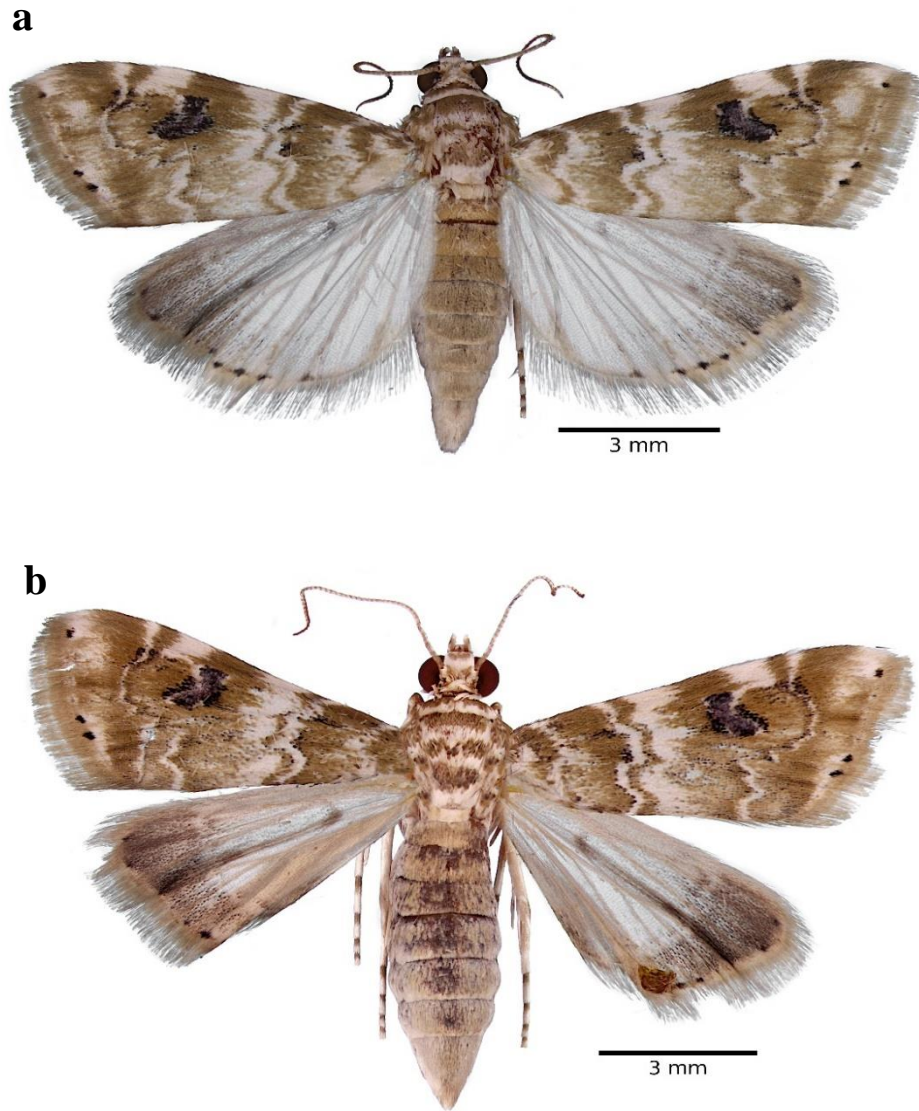


Figura 1. Adultos; a) Macho de *Hellula phidilealis*; b) Hembra de *Hellula phidilealis*. Imágenes tomadas por el M.C. Jorge Valdez Carrasco.

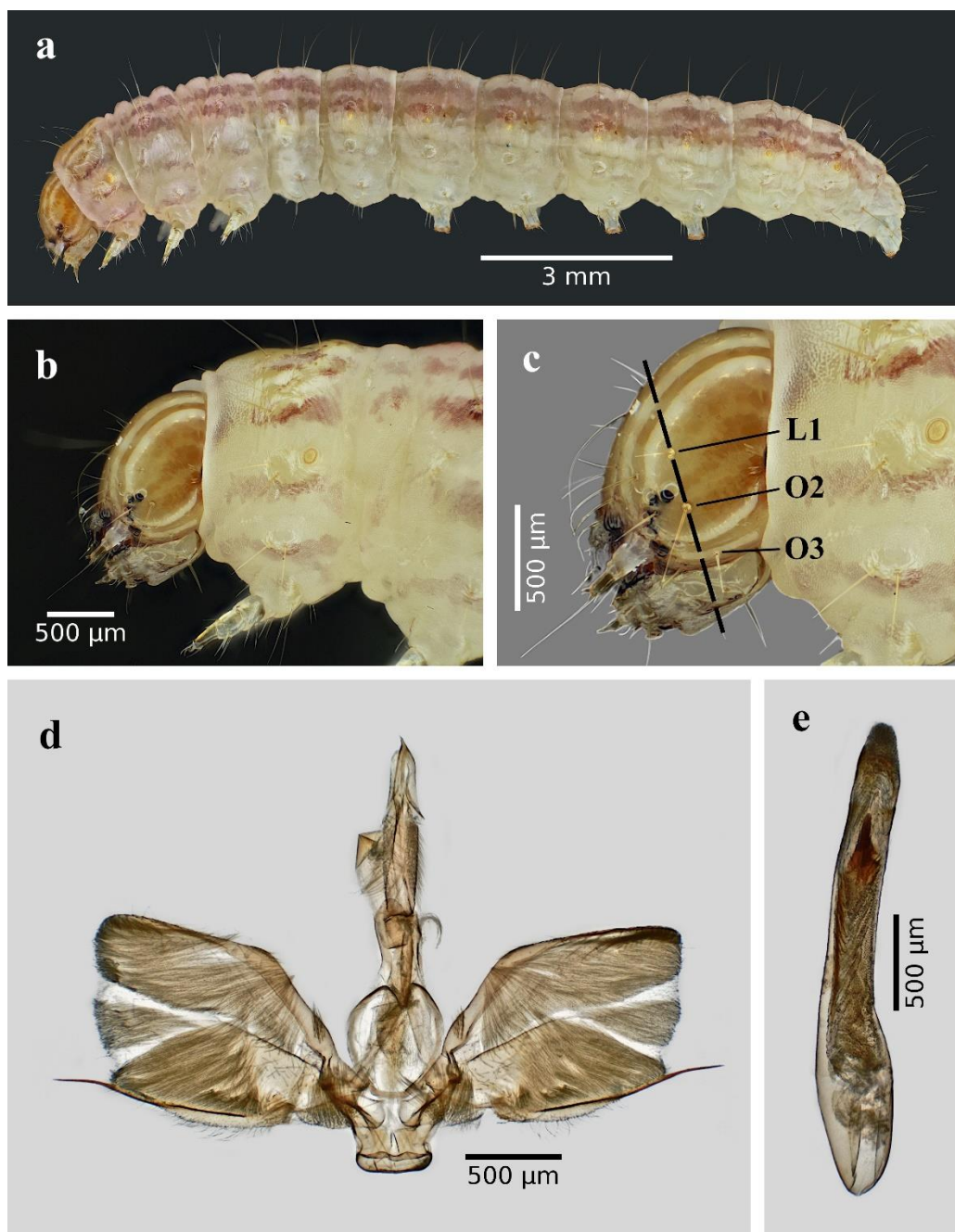


Figura 2. Larva y genitalia del macho de *Hellula phidilealis* a) larva desarrollada; b) quetotaxia de la cápsula cefálica; c) seta O3 es posterior a la línea que une la L1 con la O2; d) genitalia del macho sin eedeago y e) eedeago.

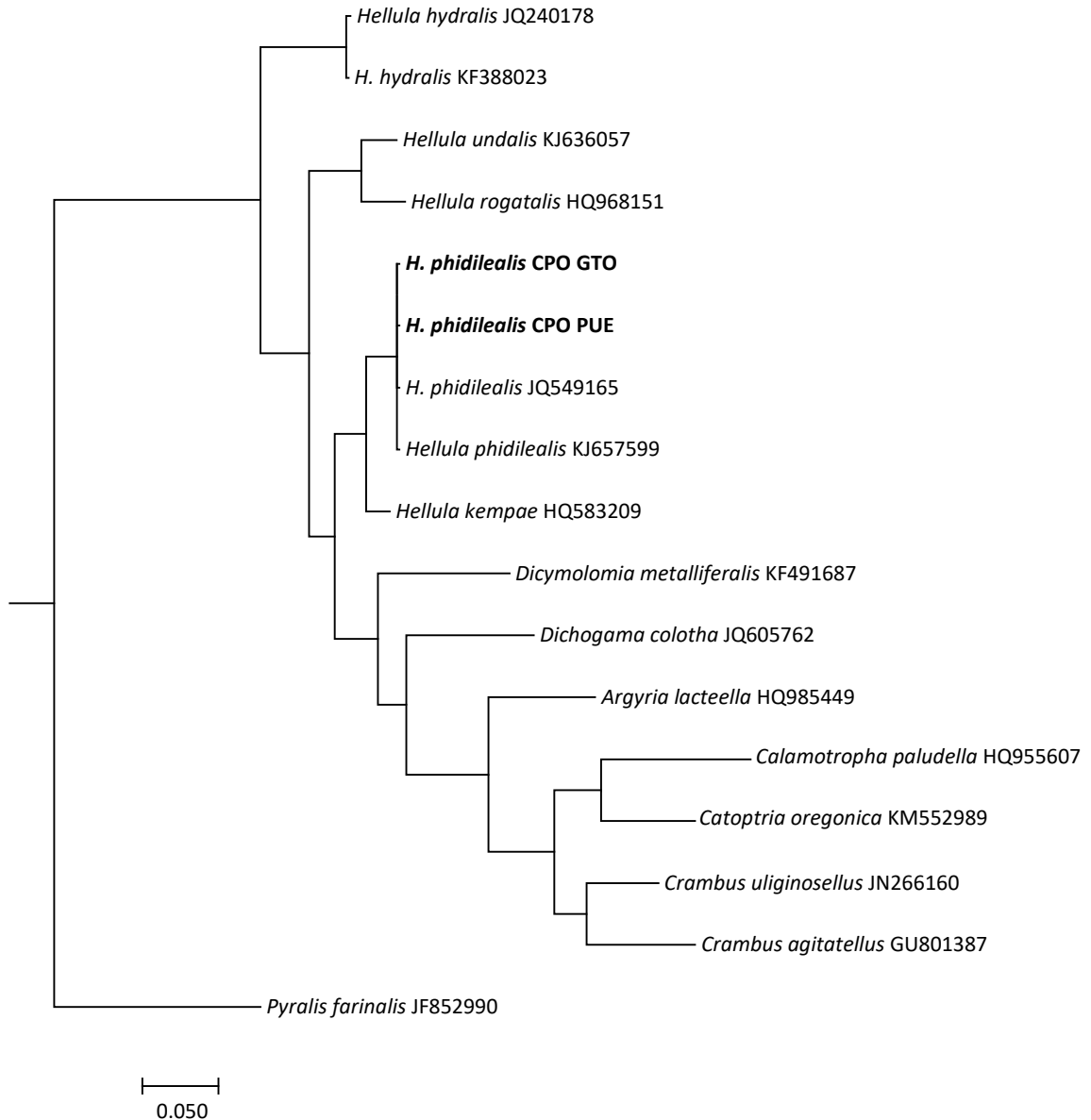


Figura 3. Árbol filogenético resultante de la inferencia bayesiana basada en secuencias parciales de ADN mitocondrial COI que muestra la relación de *Hellula phidilealis* colectada de parcelas comerciales brócoli y coliflor en Puebla y Guanajuato.

1.5.2. Daño

Durante los recorridos de campo, se observó que las larvas de *H. phidilealis* invaden primero el brote de crecimiento de brócoli y coliflor, lo cual coincide con Mewis et al. (2002) quien refiere que las larvas prefieren atacar este sitio por el alto contenido de glucosinolatos. Aunque también

se observaron larvas de diferentes instares en la nervadura central, axilas de las hojas, en el tallo principal cerca de la superficie del suelo y en la parte media de la planta. Este último comportamiento no ha sido reportado a la fecha, probablemente por la adaptación de la especie con sus hospedantes cultivados. Al respecto, se piensa que los hospedantes primarios de *H. phidilealis* son plantas de la familia Cleomaceae (*Cleoma* spp. y *Gynandropsis gynandra*) debido que se han encontrado alta infestación de larvas alimentándose de estas especies en el Caribe y Guyana, a lo largo de todo el año y bajo diferentes condiciones climáticas (Alam, 1982).

Nuestras observaciones dan la certeza que el mayor daño lo causan las larvas cuando se alimentan del punto de crecimiento apical durante la etapa previa a la formación del florete y ocasionan que este no se forme (Fig. 4 a, b) o que se produzcan brotes secundarios con la formación de inflorescencias que no son aptas para el mercado. También se percibió que las larvas barrenan los tallos principales y ocasionan brotes secundarios; de igual manera, éstas se introducen al peciolo de la hoja de plantas que se encuentran en etapas avanzadas de crecimiento, dejando como evidencia excretas y la formación de seda (Fig. 4c).

En condiciones de laboratorio, se observó que una vez que emergen las larvas, penetran de inmediato a los tejidos de la hoja, comportándose como minadores durante los dos primeros instares, conforme las larvas se van desarrollando (Fig. 4d) se dirigen al brote o axila de la hoja, penetran y barrenan el interior para dirigirse al tallo, el cual barrenan en dirección hacia la raíz sin llegar a ésta. Algunas larvas pupan dentro de los tejidos secos, otras salen en busca de una nueva planta para completar su desarrollo, misma que penetran por el tallo o la yema axilar. Cuando el brote principal de la planta es atacado, no hay formación de florete, la planta se debilita y es atacada por microorganismos fitopatógenos que provocan pudrición y muerte. Es importante notar que, en este estudio se reporta la presencia de hospedantes silvestres que pertenecen a la familia

Brassicaceae, en donde los daños causados por las larvas son similares a los observados en las especies cultivadas (Fig. 4e,f).

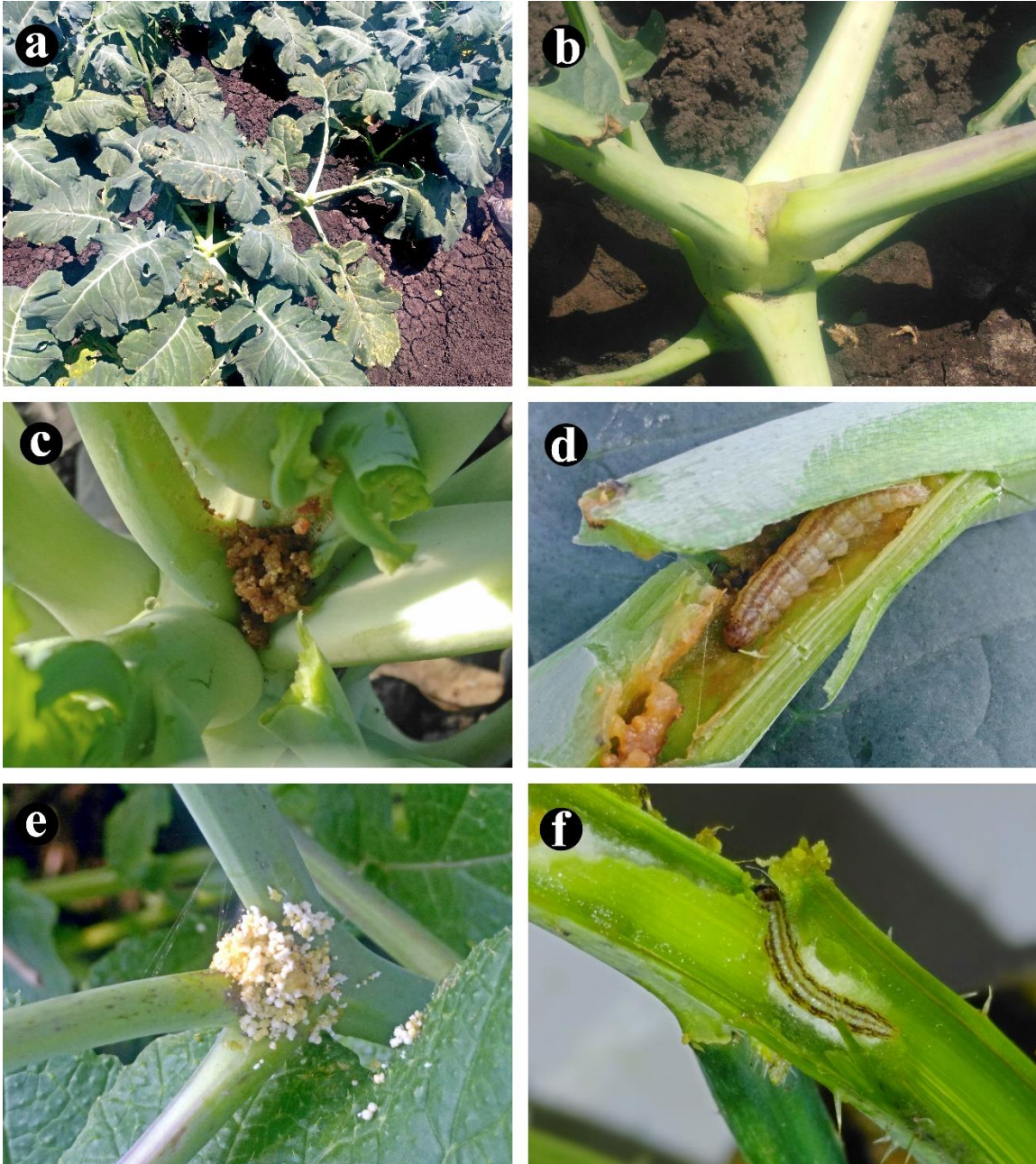


Figura 4. Daños causados en el ataque de *Hellula phidilealis*. a) daño; b) ausencia del punto de crecimiento del florete; c) excretas de la larva en el punto de crecimiento del florete; d) larva desarrollada; e y f) daños y larva en *Sinapis arvensis*.

CAPÍTULO II. CRÍA, REPRODUCCIÓN DE *H. phidilealis* (Walter) E IDENTIFICACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES EN MÉXICO

2.1 RESUMEN

Hellula phidilealis al igual que *Plutella xylostela*, son consideradas principales plagas de crucíferas de importancia económica en países como Estados Unidos, Filipinas, India, Trinidad y Marruecos. Por el impacto que han ocasionado especies del género *Hellula spp* en cultivos de importancia económica, se han desarrollado estudios que brindan información en su biología y comportamiento. Bajo este contexto se buscó implementar una metodología para la cría de la especie identificada y generar material para estudios posteriores a manera de aportar conocimientos que permitan establecer medidas de prevención y/o control de esta especie en el país. Durante el periodo de colecta, parte del material obtenido de campo fue depositado de manera individual en cajas Petri de 10 cm de diámetro con un disco de col (5 cm de diámetro) como alimento. Una vez obtenida la pupa, se realizó el sexado para determinar la proporción de hembra y macho a ingresar al contenedor de plástico donde se confinaron. Como resultado, se estableció la cría de *H. phidilealis*, donde la especie se adaptó con facilidad. Del mismo material individualizado en cajas, emergieron parasitoides de larvas de la familia Eulophidae, Ichneumonidae y Braconidae. Por los pocos especímenes obtenidos, estos se encuentran en proceso de identificación.

Palabras clave. Crucíferas, alimento, parasitoides, especímenes.

2.2 ABSTRACT

Hellula phidilealis and *Plutella xylostela*, are considered the main cruciferous pests of economic importance in countries such as the United States, the Philippines, India, Trinidad and Morocco. Due to the impact that species of the genus *Hellula spp* have caused in crops of economic importance, studies have been developed that provide information on their biology and behavior. In this context, it was sought to implement a methodology for the breeding of the identified species and to generate material for subsequent studies in order to provide knowledge that would allow the establishment of prevention and/or control measures for this species in the country. During the collection period, part of the material obtained from the field was deposited individually in Petri dishes of 10 cm in diameter with a disc of cabbage (5 cm in diameter) as food. Once the pupa was obtained, sexing was performed to determine the proportion of female and male to enter the plastic container where it was confined. As a result, *H. phidilealis* breeding was established, where the species easily adapted. From the same material individualized in boxes, parasitoids of larvae of the Eulophidae, Ichneumonidae and Braconidae families emerged. Due to the few specimens obtained, these are in the process of identification.

Keywords. Cruciferae, food, parasitoids, specimens.

2.3 INTRODUCCIÓN

Del género *Hellula* (Lepidoptera: Pyralidae) se encuentran descrito 15 especies, de las cuales tres son reconocidas a nivel mundial como plagas potencias de cultivos de crucíferas *H. undalis*, *H. rogatalis* y *Hellula phidilealis* (Alam, 1982).

El gusano barrenador de la col, es un insecto que en estado inmaduro se alimenta barrenando por dentro la nervadura principal de las hojas y el tallo de brassicaceae (Opfer y McGrath, 2013). Su comportamiento y hábito, dificulta su control con insecticidas. El daño que ocasiona es severo entre el trasplante y la etapa de formación del florete. (Opfer y McGrath, 2013). Las plantas jóvenes no sobreviven al ataque (Youdeowei, 2002). En plantas desarrolladas destruye el florete por completo, lo que las hace inadecuadas para la comercialización. Los principales enemigos naturales del gusano tejedor son las hormigas depredadoras y las avispas parásitas (Youdeowei, 2002).

En países como Barbaros *H. phidilealis* en años anterior la población aumento considerando que los insecticidas no se encuentran controlando a este insecto por su hábito, donde una vez que ingreso a los tejidos de la planta reduce la eficacia de los productos, así como de los enemigos naturales (Alam, 1982).

Es poca la información que existe sobre enemigos naturales de *H. phidilealis*, sin embargo se reportan a manera general, parasitoides en *Oleome* spp. Esta información se podría usar para inducir los enemigos naturales a cultivos como brócoli, coliflor y col (Alam, 1982).

Los productores de brócoli, coliflor y col, realizan aplicaciones desmedidas de plaguicidas en el control de plagas (Tran et al., 2004) esta forma de controlar, causan repercusiones en la salud para el ser humano y el medio ambiente. Uno de los objetivos, es detectar en campo y en el material

colectado enemigos naturales, tal como parasitoides de *Hellula phidilealis* emergidos del algún estado de desarrollo del gusano barrenador de la col. La información obtenida, será de importancia en el desarrollo de estrategias de control.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Cría de *Hellula phidilealis*

Colecta de material infectado. Del material colectado en el periodo de agosto de 2018 a enero de 2021 en los estados de Puebla y Guanajuato e ingresado al laboratorio de Entomología del Colegio de Posgraduados Campus Montecillo, las larvas fueron colocadas de manera individual en cajas Petri de 10 cm de diámetro acondicionadas con papel absorbente y un disco de hoja de brócoli de 5 cm de diámetro, con el objeto de brindarle alimento disponible para permitir completar su desarrollo hasta pupa.

Sexado. Una vez obtenida la pupa de *Hellula phidilealis*, se realizó la división de individuos por sexo mediante la separación entre la abertura anal y abertura genital, lo que fue determinado observando cada pupa con un microscopio estereoscópico. Las pupas fueron puestas individualmente en caja Petri de 5 cm de diámetro hasta la emergencia del adulto y/o parasitoides. El material fue revisado constantemente.

Establecimiento de la cría. Los adultos fueron instalados en contenedores de plástico con capacidad de 10 L y tapa de rosca de 12 cm con una abertura cubierta con tela de organza para permitir la aireación y manejo de los individuos. Como alimento Dentro de los contenedores se colocó en un recipiente con agua y una mecha de algodón para poner a disponibilidad agua a los adultos. Como alimento se proporcionó en líneas finas en una de las paredes del contenedor miel de abeja comercial. En cada contenedor se colaron de 20 a 30 adultos de *Hellula phidilealis* en proporción 1:1 (H:M) con uno a dos días de emergidos. Dentro de los contenedores se colocaron discos de hoja de col (10 cm de diámetro) lavados con agua previamente para el retiro de posibles contaminantes.

El tiempo de exposición de los discos de col a los adultos fue de 24 horas, una vez retirados fueron colocados sobre papel absorbente humedecido dentro de un nuevo contenedor con las mismas características, continuando con la incubación de los huevos hasta el estado pupa. Las larvas emergidas fueron alimentadas con hojas de col lavadas con agua previamente, cada que se requirió.

Todo el material se etiqueto y mantuvo en una cámara de cría a una temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $60 \pm 10\%$ y un fotoperiodo de 12:12 (L: O).

2.4.2 Parasitoides.

Del material obtenido en campo, las larvas fueron confinadas de manera individual en cajas petrí de 10 cm de diámetros con una abertura en la parte superior, cubierta con malla de acero inoxidable (100 hilos) y con un disco de hoja de col previamente lavada con agua para su alimentación, y de esta manera permitir su desarrollo hasta el estado de pupa o emergencia de adultos y/o parasitoides.

Una vez obtenida la pupa se sexo para ser colocada de manera individual sobre papel absorbente humedecido dentro de un caja Petri de manera individual con las mismas características. Las observaciones se realizaron a diario para detectar la emergencia de adultos y/o parasitoides.

Los parasitoides obtenidos de larvas fueron fijados en frascos con alcohol al 70%, respectivamente.

La identificación de enemigos naturales se realizó por medio de claves dicotómicas y por comparación con ejemplares de la colecta del área de Control biológico del posgrado de Fitosanidad- Entomología y Acarología del Colegio de Posgraduados campus Montecillos con el apoyo del Dr. Refugio Lomeli Flores para la corroboración del material.

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del material obtenido en campo se obtuvo larvas de *Hellula phidilealis* aparentemente sanas sin indicios de parasitismo. La forma como fueron confinadas las larvas de campo fue aceptable de manera que no se observó distorsión en su desarrollo o muerte por manejo. Sin embargo se presentó problemas en la preservación en los discos expuestos a las larvas para la postura, debido a su alto contenido de agua, la descomposición por ataque de un hongo genero problemas en el manejo adecuado de las larvas, para ello se optó lavar las hojas con una concentración baja de hipoclorito de cloro (1 %), sin embargo, se presentó muerte de larvas. Lo anterior indujo preparar un día antes los discos para generar un grado de deshidratación de estos y exponerlos a los adultos para la postura de huevos, de esta forma se logró preservar los discos hasta la eclosión del huevo.

La emergencia de adultos después de la pupa se observó de las 24 a las 36 horas. La postura de huevos después de la emergencia de los dos adultos se observó a las 24 horas y la cantidad de huevos por disco expuesto a *Hellula phidilealis* (H: M) vario en un promedio de 20 a 60 huevos durante los primeros 15 a 24 días de expuestos hembra-macho, considerando que las primera posturas fueron al siguiente días después de ser expuestas las hembras con machos adultos. Durante el desarrollo del estudio se pudo observar estabilidad de la cría hasta la cuarta generación.

Los parasitoides emergieron de larvas colectadas de campo de acuerdo lo indicado en el cuadro 3.

Cuadro 3. Enemigos naturales obtenidos de larvas de *H. phidilealis*.

Enemigo natural	Familia	Estado de desarrollo	Coordenadas de colecta	Hospedante	Fecha de colecta
Eulophidae	<i>Aprostocetus</i>	Larva	18° 52' 16.432" N 98° 25' 29.33" O	<i>Lepidium virginicum</i>	14/12/2019
Bracónido	<i>Habrobracon</i>	Larva	18° 52' 16.432" N 98° 25' 29.33" O	<i>Lepidium virginicum</i>	04/01/2020
Ichneumonidae	En proceso	Larva	18° 52' 16.432" N 98° 25' 29.33" O	<i>Lepidium virginicum</i>	03/01/2021

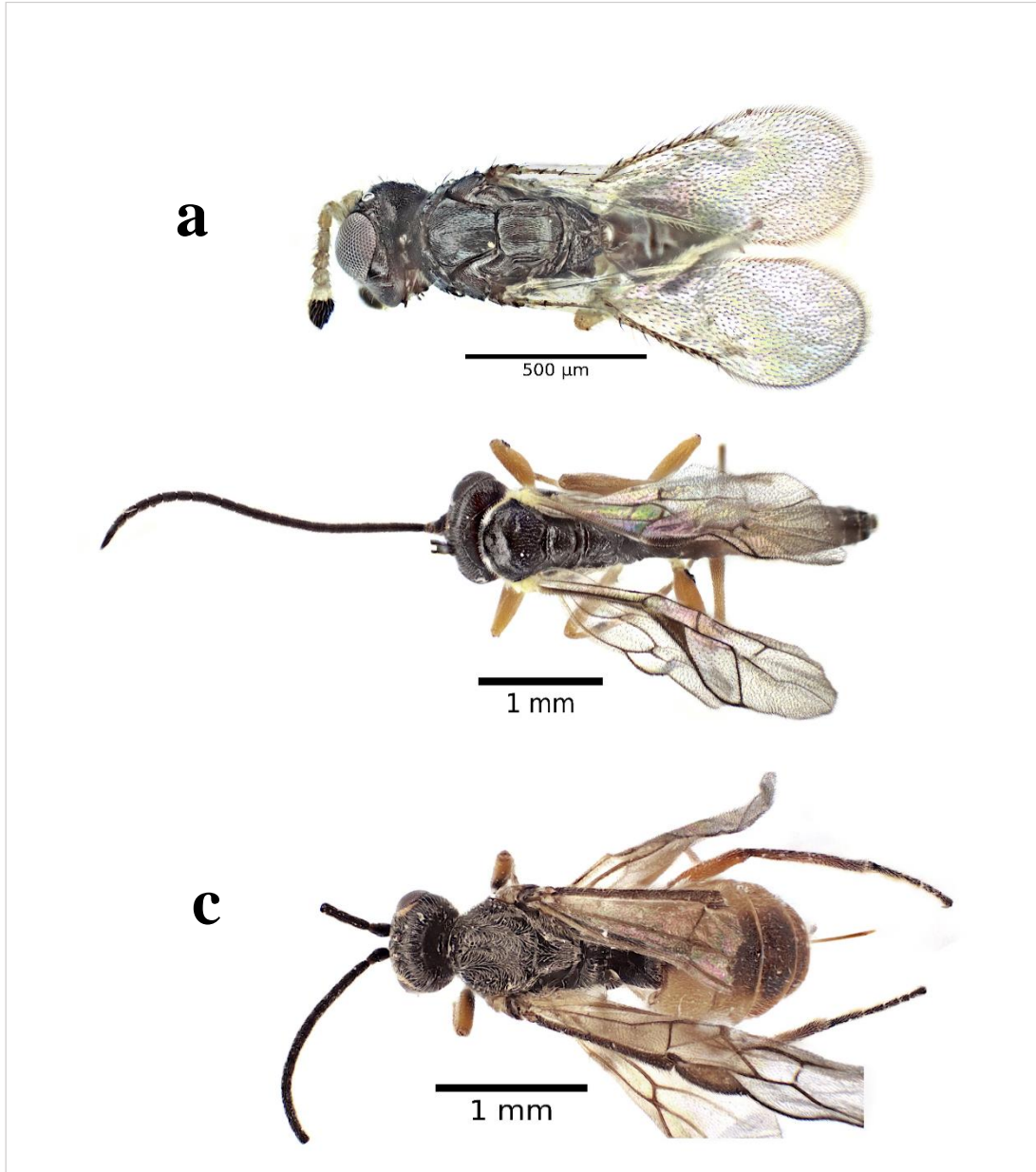


Figura 5. Parasitoides emergidos de larvas de *Hellula phidilealis*; a) Eulophidae (*Aprostocetus* sp); b) Ichneumonidae; c) Braconido (*Habrobracon* sp). Imágenes tomadas por el M.C. Jorge Valdez Carrasco.

Aun cuando se colectaron larvas de *H. phidilealis* no se observaron signos de parasitismo en estas fases de desarrollo, lo cual coincide con lo reportado en la literatura, ya que no se hace mención de parasitoides.

La identificación de los parasitoides de la familia resultó complicada debido a que se obtuvieron muy pocos individuos de cada especie. Se obtuvo un ejemplar del género *Habrobracon*, material

insuficiente para realizar la identificación a especie, así en el caso del Ichneumonidae. En el caso de *Aprostocetus* es un género con más de 800 especies, muchas no descritas, donde no hay una clave para especies americanas, y menos para México. Todos los parasitoides identificados en este estudio emergieron de larvas de *H. phidilealis* y su emergencia ocurrió de manera natural en el laboratorio.

CONCLUSIONES GENERALES

Se identificó a *Hellula phidilealis* asociada con plantas cultivadas y silvestres de la familia Brassicaceae. Fue colectada de coliflor (*B. oleracea* var. *Botrytis*) y brócoli (*B. oleracea* var. *Italica*), cultivos de importancia agrícola en México y otras regiones del mundo. También se halló en *S. irio*, *L. virginicum*, *B. nigra* y *S. arvensis*, considerados como hospedantes alternos. *L. virginicum* y *S. arvensis*, pueden ser de importancia por hallar la mayor abundancia de la plaga. Los daños están asociados con la muerte de la parte apical de la planta, barrenación de tallos, y formación de floretes no comercializables. El principal daño es la afectación de los brotes, este impacta en la producción de crucíferas con fines de comercialización, reduciendo la calidad del fruto o reduciendo la producción con la muerte de la planta. Las perforaciones realizadas por larvas de los tres últimos instars las cubren con excretas y seda (telaraña) así todo el túnel realizado detrás de ellas, este es una característica del daño y presencia de individuos del género *Hellula spp.* Los daños son iguales en hospedantes silvestres y cultivados, es indudable que la importancia radica en el destino final del hospedante.

Los individuos de *Hellula phidilealis* se adaptaron a las condiciones de laboratorio, obteniendo larvas sanas hasta la f4 en la metodología establecida. Esta metodología representa un avance y una herramienta importante para el desarrollo de estrategias que contribuyan a su control.

La información generada a partir de este trabajo permite generar herramientas o estrategias que contribuyan a su control.

LITERATURA CITADA

- Abbey, L., Manso, F. 2004.** Correlation studies on yield and yield components of two cultivars of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata L.). Ghana Journal of Science 44:3–9. <https://doi.org/10.4314/gjs.v44i1.15899>
- Alam, M. M. 1982.** Cabbage pests and their natural enemies in Barbados. In: Caribbean Food Crops Society (Ed). Eighteen Annual Meeting August, 1982. Dover Convention Centre Barbados. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.262972>
- Allyson, S. 1981.** Last instar larve of Pyraustini of America north of Mexico (Lepidoptera: Pyralidae). Canadian Entomologist 113: 463-518.
- Allyson, S. 1981.** Description of the last instar larva of the cabbage webworm, *Hellula rogatalis* (Lepidoptera: Pyralidae), with a key to larvae of North American species of *Hellula* Guenée. The Canadian Entomologist 113: 361-364. <https://doi.org/10.4039/Ent113361-5>
- Altschul, S.F., Madden, T.L., Schaffer, A.A., Zhang, J., Zhang, Z., Miller, W., Lipman D.J. 1997.** Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. Nucleic Acids Research 25: 3389–3402.
- Cadogan, B.L. 1983.** Biology and Potential for Increase of *Hellula Phidilealis* (Lepidoptera: Pyralidae) in Barbados. Env ironmental Entomology 12: 1805–1807. <https://doi.org/10.1093/ee/12.6.1805>
- Bujanos M. R., A. Marín J., L. F. Díaz E. y R. Herrera, V. 2013.** Control de plagas del cultivo de brócoli en la región del Bajío, México: El cuadro básico de recomendación de insecticidas. SAGARPA. INIFAP. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Bajío. Folleto Técnico No. 26. 26 p.
- Bujanos, M. R., A. Marín, J., L. F. Díaz, E., A. J. Gámez, V., M. A. Ávila, P., R. Herrera, V., J. R. A. Dorantes, A. y F. P. Gámez, V. 2013.** Manejo integrado de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* en la región del Bajío, México. SAGARPA. INIFAP. Centro de Investigación Regional Centro. Campo Experimental Bajío. Folleto Técnico No. 27. 40 p.
- Doyle, J. J. 1997.** DNA protocols for plants, pp. 283–293 In Hewitt G, Johnson AWB, Young JPW [eds.], Molecular Techniques in Taxonomy. NATO ASI Series H. Cell Biology 57.
- Dhawan, A.K., Matharu, K. S. 2011.** Biology and morphometry of cabbage head borer, *Hellula undalis* Fab (Pyralidae: Lepidoptera). Indian Journal of Applied Entomology 25: 100–102
- FAO-FAOSTAT. 2020.** Crop statistic. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Acceso en: 2022-04-28.
- Fening, K.O., Amoabeng, B.W., Adama, I., Mochiah, M.B., Braimah, H., OwusuAkyaw, M., Narveh, E., Ekyem, S.O. 2013.** Sustainable management of two key pests of cabbage, *Brassica oleracea* var. capitata L. (Brassicaceae), using homemade extracts from garlic and hot pepper. Organic Agriculture 3:163–173. <https://doi.org/10.1007/s13165-014-0058-2>

- Fening, K.O., Forchibe, E.E., Afreh-Nuamah, K. 2017.** Sustainable management of the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) on cabbage. In: Proceedings of the Scientific Conference “Innovative Research for Organic Agriculture 3.0”, New Delhi (India) November 2017.
- Fening, K.O., Forchibe, E.E., Afreh-Nuamah, K. 2020.** Neem as a cost-effective and potent biopesticide against the diamondback moth *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae) and the cabbage webworm *Hellula undalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). *West African Journal of Applied Ecology* 28: 52-63.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R., 1994.** DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3: 294–299.
- Hall, T.A. 1999.** BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* 41: 95–98.
- Kalbfleisch, S. 2005.** Integrated pest management of *Hellula undalis* Fabricius on crucifers in Central Luzon, Philippines with E, E-1, 13-Hexadecadienal as synthetic sex pheromone. PhD Thesis. Central Luzon State University. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2905.8328>
- Kumar, S., Stecher, S., Tamura, K. 2016.** Mega 7. Molecular evolutionary genetics analysis version 7 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution* 33: 1870–1874.
- Landry, B., Roque-Albelo, L. 2008.** The Glaphyriinae (Lepidoptera: Pyralidae) of the Galapagos Islands, Ecuador, with keys to the Neotropical species of *Hellula* Guenée. *Tijdschrift voor Entomologie* 151: 193-203. <https://doi.org/10.1163/22119434-900000264>
- Meijerman, L., Ulenberg, S.A. 1996.** Identification of African stemborer larvae (Lepidoptera: Noctuidae, Pyralidae) based on morphology. *Bulletin of Entomological Research*, 86: 567-578.
- Mewis, I., Ulrichs, Ch., Schnitzler, W.H. 2002.** The role of glucosinolates and their hydrolysis products in oviposition and host-plant finding by cabbage webworm, *Hellula undalis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 105: 129-139. <https://doi.org/10.1023/A1022176524227>
- Munroe, E.G. 1972.** Pyraloidea, Pyralidae (part). – In: RB Dominick et al. (Eds). *The Moths of America North of Mexico*, 13.1B & 13.1C. The Curwen Press, London. pp. 137-250
- Munroe, E.G. 1995.** Glaphyriinae. – In: JB Heppner (Ed), *Atlas of Neotropical Lepidoptera*, 3: 43–45. Association for Tropical Lepidoptera and Scientific Publishers, Gainesville.
- Munroe, E.G., Solis, M.A. 1998.** The Pyraloidea. In: NP Kristensen (Ed), *Lepidoptera, moths and butterflies*, 1: Evolution, systematics, and biogeography: 232-256. – In: M. Fischer (Ed.) *Handbook of zoology*. 4. Arthropoda.
- Munroe, E.G., Solis, M.A. 1999.** Pyraloidea. *Lepidoptera, Moths and Butterflies*, Vol.1, Arthropoda, Insecta, Vol. 4, Part 35, *Handbook of Zoology*. Kristensen (Ed), pp. 233–256, 491 pp. Walter de Gruyter & Co, Berlin

Opfer, A. and McGrath, P. 2013. The biology of the three common pests of cabbage in Cameron Highlands, Malaysia. Malaysia Journal of Agriculture 52: 85-101. University of Ghana <http://ugspace.ug.edu.gh>

Ronquist, F., Teslenko, M., van der Mark, P., Ayres, D.L., Darling, A., Höhna, S., Larget, B., Liu, L., Suchard, M. A., Huelsenbeck, J. P. 2012. Mr Bayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. Systematic Biology 61: 539–542.

Santoyo, S. J. A, y C. Martínez, A. 2011. Tecnología de producción de brócoli. Fundación Produce Sinaloa A.C. SAGARPA. Gobierno del Estado de Sinaloa. 29 p.

SIAP (Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Anuario Estadístico de la producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> acceso en 2022-03-26.

Sivapragasam, A., Chua, T.H. 1997. Natural enemies for the cabbage webworm, *Hellula undalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) in Malaysia. Researches on Population Ecology 39: 3-10. <https://doi.org/10.1007/BF02765244>

Solis, M. A., Shaffer, M. 1999. Contribution towards the study of the Pyralinae (Pyralidae): historical review, morphology, and nomenclature. Journal of the Lepidopterists' Society 53 (1): 1-10.

Solis, M. A., Adamski, D. 1998. Review of the Costa Rican Glaphyriinae (Lepidoptera: Pyraloidea: Crambidae). Journal of the New York Entomological Society 106: 1–55.

Srihari, D., Satyanarayana, M. 1992. Evaluation of some exotic cabbage F1 hybrids and cultivars. South Indian Horticulture. 40 (1): 28-33.

Tran, D.H., Takagi, M., Takasu, K. 2004. Effects of selective insecticides on host searching and oviposition behavior of *Neochrysocharis formosa* (Westwood) (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of the American serpentine leafminer. Applied Entomology and Zoology. 39:435-441.

Youdeowei, A. 2002. Integrated Pest Management Practice for the Production of vegetables in Ghana. Integrated Pest Management Extension Guide 4. MOFA/GTZ. Pp 12-14.

Zalucki, M.P., Shabbir, A., Silva, R., Adamson, D., Liu, S. S., Furlong, M. J. 2012. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string Journal of Economic Entomology 105: 1115-1129. <https://doi.org/10.1603/EC12107>