



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

**IDENTIFICACIÓN DE ENEMIGOS
NATURALES DEL GENERO *Delia*
(Diptera: Anthomyiidae) ASOCIADOS CON
CRUCÍFERAS EN MÉXICO**

PAULINA NAVA RUIZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Paulina Nava Ruiz, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Néstor Bautista Martínez, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Identificación de enemigos naturales de *Delia* (Diptera: Anthomyiidae) asociados con crucíferas en México** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 22 de julio de 2019



Firma del
Alumno (a)



Dr. Néstor Bautista Martínez

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **Identificación de enemigos naturales del genero *Delia* (Diptera: Anthomyiidae) asociados con crucíferas en México**, realizada por la alumna: **Paulina Nava Ruiz**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

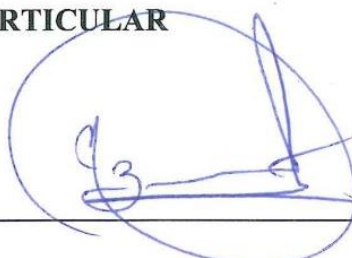
MAESTRA EN CIENCIAS

FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA


CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Néstor Bautista Martínez

ASESOR



Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme

ASESOR



M. C. Jorge Valdez Carrasco

Montecillo, Texcoco, Estado de México, agosto de 2019

IDENTIFICACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES DEL GENERO *Delia* (Diptera: Anthomyiidae) ASOCIADOS CON CRUCÍFERAS EN MÉXICO

Paulina Nava Ruiz, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN

En el género *Delia* (Diptera: Anthomyiidae) se encuentran dentro del complejo de plagas que impactan en el rendimiento de las crucíferas. La hembra oviposita en la base del tallo y raíces, al eclosionar las larvas barrenan y perforan el tejido para alimentarse, en ocasiones puede provocar la muerte de la planta. Estos dípteros están reportados en Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Colombia, Europa y México. El control químico es el único método empleado para el manejo de *Delia* spp., por lo tanto, el control biológico representa una alternativa para reducir poblaciones de plagas y el daño que estas pueden causar en los cultivos. Por lo consiguiente, el primer paso es conocer a los enemigos naturales nativos que se presentan en las diferentes regiones productoras de crucíferas. El estudio se llevó a cabo en plantaciones de *Brassica oleracea* var. capitata L., *B. oleracea* var. italica, *Raphanus raphanistrum* subsp. sativus y *Rapistrum rugosum* en Estado de México, Puebla y Guanajuato. Se realizaron muestreos dirigidos en plantas infestadas con diversos estados de desarrollo de *Delia* spp. Las plantas se recolectaron con suelo (15 cm de diámetro x 10 cm de profundidad), se separaron los puparios de *Delia* spp. y se colocaron en cajas Petri con papel húmedo. De los puparios confinados emergieron tres especies de enemigos naturales *Trybliographa rapae* (Hymenoptera: Figitidae), *Aphaereta pallipes* (Hymenoptera: Braconidae) y *Aleochara bimaculata* (Coleoptera: Staphylinidae). *A. pallipes* fue la especie más abundante en el estudio, se encontró en puparios de *D. planipalpis* y *D. platura*, en los estados de Puebla y Guanajuato. La proporción del número de hembras por cada macho fue de 2.6:1. El segundo parasitoide encontrado fue *T. rapae*, en *D. platura* sólo en el Estado de México. El tercer parasitoide encontrado *A. bimaculata* emergió de puparios de *D. platura* y *D. planipalpis* en los estados de Guanajuato y Puebla. De acuerdo con los resultados obtenidos, son nuevos registros de

A. pallipes para Puebla y para los hospederos. *T. rapae* es nuevo registro para México como parasitoide de *Delia*. Respecto a *A. bimaculata* es nuevo registro para Guanajuato y para sus hospederos.

Palabras clave: control biológico; Braconidae; Figitidae; Staphylinidae.

IDENTIFICATION OF NATURAL ENEMIES OF GENDER *Delia* (Diptera: Anthomyiidae)
ASSOCIATED WITH CRUCIFEROUS IN MEXICO

Paulina Nava Ruiz, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

The genus *Delia* (Diptera: Anthomyiidae) includes a complex of pests that impact on the performance of crucifers. The female oviposits at the base of the stem and roots, when the larvae hatch and perforate the tissue to feed, it can sometimes cause the death of the plant. These diptera are reported in the United Kingdom, the United States, Canada, Colombia, Europe and Mexico. Chemical control is the only method used for the management of cruciferous flies; biological control represents an alternative to reduce populations of pests and the damage they can cause in crops. The first step is to know the native natural enemies that occur in the different crucifer producing regions. The study was carried out in plantations of *Brassica oleracea* var. capitata L., *Brassica oleracea* var. italica, *Raphanus raphanistrum* subsp. sativus and *Rapistrum rugosum* in the State of Mexico, Puebla and Guanajuato. Directed samplings were carried out on infested plants with different stages of development of *Delia* spp. The plants were collected with soil (15 cm in diameter x 10 cm deep), the pupae of *Delia* spp. and they were placed in Petri dishes on moist paper. From the confined pupae emerged three species of natural enemies *Trybliographa rapae* (Hymenoptera: Figitidae), *Aphaereta pallipes* (Hymenoptera: Braconidae) and *Aleochara bimaculata* (Coleoptera: Staphylinidae). *A. pallipes* was the most abundant species in the study, it was found in pupae of *D. planipalpis* and *D. platura*, in the states of Puebla and Guanajuato. The number of females for each male was 2.6: 1. The second parasitoid found was *T. rapae*, in *D. platura* in the State of Mexico. The third parasitoid found *A. bimaculata* emerged from pupae of *D. platura* and *D. planipalpis* collected in the states of Guanajuato and Puebla. According to the

results obtained, there are new records of *A. pallipes* for Puebla and for the hosts. *T. rapae* is new record for Mexico and for the host. Regarding *A. bimaculata*, it is a new record for Puebla and its hosts.

Key words: biological control; Braconidae; Figitidae; Staphylinidae.

DEDICATORIA

A mis padres Valente Nava López y Eva Lilia Ruiz Ramirez, por sus valiosos consejos, su apoyo incondicional y sobre todo por el amor que siempre me han mostrado.

A mis hermanos por el cariño, apoyo que siempre he recibido.

A mi esposo por acompañarme y apoyarme durante en todo el trayecto.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para poder realizar mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados por los conocimientos adquiridos durante el trayecto de la maestría.

Al Dr. Néstor Bautista Martínez por siempre apoyarme y compartirme sus conocimientos en este trabajo de investigación.

A Dr. Patricio Illescas y M. C. Jorge Valdez Carrasco por compartirme sus conocimientos, por su paciencia y su asesoría en la realización del presente trabajo.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	vi
DEDICATORIA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Familia Anthomyiidae	3
2.2 Genero <i>Delia</i>	3
2.3 Enemigos Naturales	5
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Zonas de estudio.....	8
3.2 Metodología de recolecta.....	9
3.3 Procesamiento de muestras.....	10
3.4 Identificación del material biológico.....	11
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
VI. CONCLUSIONES	18
VII. LITERATURA CITADA	19

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación, cultivo y fechas de los sitios de recolecta.....	8
Cuadro 2. Parasitoides de <i>Delia planipalpis</i> y <i>Delia platura</i> en México.....	12

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de <i>Delia</i> spp (Diptera: Anthomyiidae) en crucíferas.....	5
Figura 2. Daño de <i>Delia</i> en brócoli (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>).....	9
Figura 3. Puparios en cámara de cría.....	10
Figura 4. <i>Aphaereta pallipes</i> (Braconidae).....	13
Figura 5. <i>Aphaereta pallipes</i> (flecha roja) y larva de <i>Delia</i> spp. (Flecha azul) en el sitio de recolecta en Guanajuato.....	14
Figura 6. <i>Trybliographa rape</i> (Figitidae).....	15
Figura 7. <i>Aleochara bimaculata</i> (Staphylinidae).....	16
Figura 8. A) <i>Aleochara bimaculata</i> alimentándose de huevos de <i>Delia planipalpis</i> , B) Huevos de <i>Delia planipalpis</i> después de la alimentación de <i>Aleochara bimaculata</i>	17

I. INTRODUCCIÓN

A partir del 2013, las crucíferas en México han aumentado su producción de 334, 551 a 574, 960 toneladas anuales y actualmente es el quinto productor a nivel mundial (SIAP, 2018). Del total de la producción nacional, México exporta el 60% a Estados Unidos y Canadá (SIAP, 2018). Y como todos los cultivos una de las principales limitantes son las plagas, dentro del complejo de plagas que generan pérdidas en la producción de las crucíferas se encuentra *Delia* spp (Diptera: Anthomyiidae), este díptero es una de las plagas más dañinas en Reino Unido (Jones, 1986), Estados Unidos (Shimat *et al.*, 2015), Canadá (Du *et al.*, 2017), Colombia (Gil *et al.*, 2007) y varios países de Europa (Bili *et al.*, 2016). En México han reportado la presencia de *Delia* spp. en Acatzingo, Puebla y en los municipios Jaral del Progreso, Celaya, Villagrán, Salamanca y Cortazar del estado de Guanajuato, en cultivos de maíz (*Zea mays*), nabo silvestre (*Raphanus raphanistrum*) y col (*Brassica oleracea* var. *viridis* L.) (Marín, 2001; Barrios *et al.*, 2004). En los últimos años estos insectos han aumentado sus poblaciones e incrementado su área de presencia en varias zonas productoras. La hembra pone huevos en la base del tallo, las larvas se alimentan del interior del tallo y el tejido de la raíz (Chen *et al.*, 2003). La herida que causan al alimentarse retrasa el crecimiento y es foco para una invasión fúngica, esto puede retrasar el crecimiento y ocasionar la muerte de la planta (Shuhang *et al.*, 2016).

Actualmente la única estrategia de control que se emplea para *Delia* spp. es el químico, lo que causa un impacto negativo al medio ambiente. Considerando lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo generar información sobre la diversidad de los enemigos naturales del genero *Delia* asociadas con cultivos de crucíferas en México. Esta información proporcionará

herramientas que contribuyan a diseñar propuestas de control biológico en cultivos de crucíferas de México.

Objetivo general

Generar información sobre la diversidad y abundancia de los enemigos naturales de las especies del género *Delia* asociadas con cultivos de crucíferas en México

Objetivos específicos

- Identificación de las especies de parasitoides y depredadores de *Delia* spp asociados con crucíferas en México.
- Estimar el porcentaje de parasitismo de las especies asociadas con *Delia* spp.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Familia Anthomyiidae

La familia Anthomyiidae posee una distribución mundial, generalmente en zonas templadas y frías (Patitucci *et al.*, 2011). En Norte América están presentes mas de 600 especies pertenecientes a este grupo (Triplehorn & Johnson, 2005). McAlpine *et al.* (1987) afirma que un gran número de ellas fueron introducidas en América del Norte desde Europa por la actividad humana.

Las larvas son en su mayoría fitófagas o saprófagas y viven en tallos, raíces, cabezas de flores y follaje de plantas en descomposición o vivas. Muchas especies de esta familia afectan a la agricultura y los cultivos hortícolas (Abu, 1959).

Barranco (2003) menciona que estos dípteros miden de 2.0-12.0 mm de largo, son delgados y algo aplanados. Se diferencian de Muscidae en que la vena anal (Cu₂ + 2A) alcanza el margen del ala (Triplehorn & Johnson, 2005), con frecuencia holóptica en el macho y dicóptica en la hembra. Usualmente con una coloración amarillo pálido, marrón, gris o negruzco y no metálicas. Las alas presentan coloraciones oscura y rara vez manchadas, las patas pueden ser de color amarillento a negro (McAlpine *et al.*, 1987).

2.2 Genero *Delia*

Las moscas de las crucíferas pertenecientes al genero *Delia* (Diptera: Anthomyiidae) son de las plagas más dañinas en la producción de repollo (*Brassica oleracea* L.) en Europa Occidental y América del Norte (Doddall *et al.* 1994; Finch & Coaker, 1969). De acuerdo con Jiménez *et al.*, 2010 y Savage *et al.*, 2016, cinco especies están asociadas con brasicáceas: *Delia radicum* Linnaeus

(Diptera: Anthomyiidae), *Delia planipalpis* Stein (Diptera: Anthomyiidae), *Delia platura* Meigen (Diptera: Anthomyiidae), *Delia floriga* Zetterstedt (Diptera: Anthomyiidae) y *Delia floralis* Fallen (Diptera: Anthomyiidae). Las principales características taxonómicas para identificar al género *Delia* son dos: una cerda prealar ya sea más larga que la cerda notopleural posterior o ausente y anepisternum generalmente sin un vello fino, corto, pero bien desarrollado debajo de la cerda notopleural anterior (Savage *et al.*, 2016).

En las zonas templadas, el daño de la mosca de la raíz es más severo en la primavera y principios del verano, mientras que en los climas más cálidos la mosca de la raíz persiste durante todo el año (Joseph & Martínez, 2014). Las hembras ponen huevos en el suelo o cerca del tallo de la planta, cuando eclosionan los huevos, las larvas se mueven hacia el interior de la planta y se alimentan del interior. Al final del tercer estadio, las larvas salen de la planta y se dirigen al suelo para pupar (Figura 1); lo que provoca retraso de crecimiento y en ocasiones la muerte de hospedante (Abu, 1959).

El número de generaciones varía de un país a otro, Lundbland (1933) en Suecia mencionó que hay al menos 2 generaciones al año, Carlson *et al.* (1947) en EUA mencionaron 4 a 5 generaciones y Brooks (1951) en Canadá mencionó 3 a 5 generaciones.

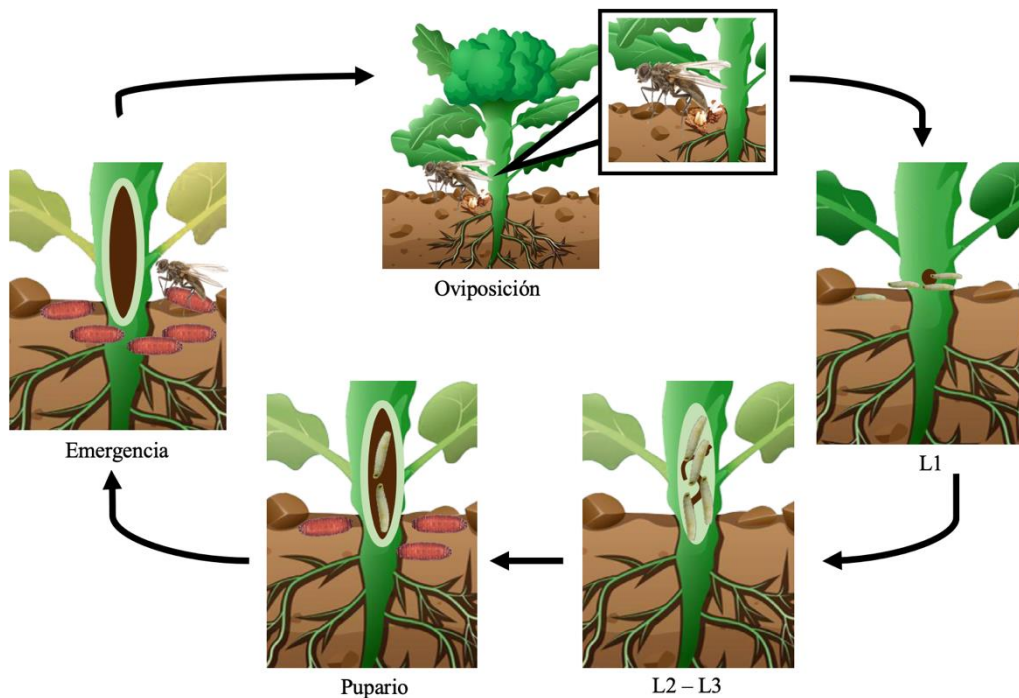


Figura 1. Ciclo de vida de *Delia* spp. (Diptera: Anthomyiidae) en crucíferas.

2.3 Enemigos Naturales

Estudios previos relacionados con la búsqueda de enemigos naturales de *Delia* spp en Canadá, Reino Unido, Europa y Estados Unidos reportan seis especies de parasitoides de las familias Braconidae, Figitidae y Staphylinidae (Tomlin *et al.*, 1985; Bili *et al.*, 2016).

Las especies de la familia Braconidae reportados son *Aphaereta pallipes* Say y *Aphaereta minuta* Nees. Estas especies son endoparasitoides polífagos larval-pupal, gregarios (Vet *et al.*, 1993). *Aphaereta minuta* puede ovipositar en los tres instares de las larvas de *Delia*, sin embargo, prefiere el primero y segundo (Garry & Wingo, 1971). En Canadá han presentado un parasitismo del 20 a 17%, esto se debe a que tienen hospederos alternativos lo que aumenta la disponibilidad para que *A. minuta* parasitar a *Delia platura* (Briseño *et al.*, 2006). Actualmente *A. pallipes* está

distribuido a nivel mundial en: Canadá, Estados Unidos, Bermuda, Guatemala, Corea, Inglaterra y México (Yu *et al.*, 2005). Y en la República Mexicana *A. pallipes* se encuentra en los estados de: Tamaulipas, Chihuahua, Coahuila, Estado de México, Morelos, Nuevo León y Veracruz (Coronado *et al.*, 2004). Está reportado como parasitoide de 25 especies de Diptera, en las familias Sciomyzidae, Muscidae, Sarcophagidae, Tephritidae, Agromyzidae, Fannidae y Anthomyiidae (Yu *et al.*, 2005). También se reportó como parasitoide de algunas especies de Orthoptera y Lepidoptera (Wharton, 1984).

Las especies depredadoras de la familia Staphylinidae reportadas para *Delia* son *Aleochara bipustulata* Linnaeus, *Aleochara bilineata* Gyllenhal y *Aleochara verna* Say. Du *et al.* (2017) menciona que *Aleochara bipustulata* y *A. bilineata* son atraídos por disulfuro de dimetilo, un volátil emitido por la planta de brasicáceas con daño de *Delia radicum*. Una vez localizada la planta, las hembras ovipositan cerca de los puparios y huevos de *Delia* (Du *et al.*, 2017). Las larvas recién emergidas entran al pupario, se alimentan del contenido y emergen después de dos mudas (Finch & Collier, 1984). Los adultos se alimentan de los estados inmaduros de la mosca y bajo condiciones óptimas pueden destruir 1,200 huevos y 128 larvas durante su tiempo de vida (Colhoun, 1953). *A. bilineata* y *A. verna* se encuentran presentes en: el Neártico, Paleartico y regiones orientales (Klimaszewski, 1984; Maus *et al.*, 1998; Navarrete-Heredia *et al.*, 2002). *A. bilineata* esta reportada como parasitoide de *Delia antiqua*, *D. floralis*, *D. platura* y *D. planipalpis*, mientras que *A. verna* solo la reportan como parasitoide de *D. planipalpis* y *D. platura* (Klimaszewski, 1984).

A. bimaculata ha sido utilizada para el control biológico de *Haematobia irritans* L. y *Musca autumnalis* De Geer (Lysyk, 1990). Andreassen *et al.* (2007) menciona que la reproducción de estas especies es difícil y para controlar a *Delia radicum* Linnaeus (Diptera: Anthomyiidae) se necesitan dos staphylinidos por planta.

La especie reportada de la familia Figitidae es *Trybliographa rapae* Westwood, ésta especie es el parasitoide más importante de *Delia radicum* en el norte del Reino Unido, Canadá y resto de Europa (Brown *et al.*, 1998; Andreassen *et al.*, 2007), también es el primero asociado con brasicáceas ya que están adaptadas a la excavación (Forshage & Nordlander, 2008). *T. rapae* al igual que los Aleocharinos es atraído por volátiles emitidos por la planta de col (Nilsson *et al.*, 2012), una vez ubicada la planta con daño, pone huevos en larvas de primero y segundo instar cuando la población de *Delia* es baja, pero prefiere el tercer instar (Neveu *et al.*, 2000) y descarta las larvas que ya están parasitadas (Brown & Anderson, 1998). *T. rapae* se encuentra distribuida a nivel mundial en Corea, Estados Unidos, Reino Unido, Europa, Canada (KISTI, 2007; Hemachandra, *et al.*, 2005; Finch & Collier, 1984; Andreassen, *et al.*, 2007), en la Republica Mexicana aun no hay reportes. Respecto a los hospederos, está reportado en *Delia platura*, *Delia floralis*, *Delia antiqua* Meigen (Diptera: Anthomyiidae), *Delia planipalpis* (Wishart y Monteith, 1954) y *Delia radicum* (Jones, 1986).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zonas de estudio

Se recolectaron puparios de *Delia* spp en cultivos de crucíferas para obtener los enemigos naturales. Se realizaron durante el periodo de septiembre del 2018 a febrero del 2019 en localidades de los estados de México, Puebla y Guanajuato (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación, cultivo y fechas de los sitios de recolecta.

Estado	Municipio	Ubicación	Cultivo	Fecha de recolecta
México	Texcoco (colpos)	19°28'08.2''N 98°54'04.7''W	<i>Raphanus sativus</i> L.	19/05/18
		19°28'08.2''N 98°54'04.7''W	<i>Eruca Sativa</i>	20/10/18
		19°30'09.8''N 98°51'33.1''W	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	24/02/19
		19°30'14.3''N 98°51'47.1''W	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.	24/02/19
		19°30'07''N 98°51'26''W	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.	24/02/19
	San Diego	19°00'01.1''N 97°53'14.4''W	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.	21/09/18
Guanajuato	San Diego de la Unión	21°24'30.4''N 100°45'19.3''W	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	25/10/18
		21°24'30.4''N 100°45'19.3''W	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	04/12/18
Puebla	Tepeaca	18°57'27.18''N 97°50'50.24''W	<i>Eruca Sativa</i>	08/11/18
		18°57'27.18''N 97°50'50.24''W	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	08/11/18
	Los Reyes	19°00'01.1''N 97°53'14.4''W	<i>Eruca Sativa</i>	22/11/18
		19°00'01.1''N 97°53'14.4''W	<i>Raphanus sativus</i> L.	22/11/18
		19°00'01.1''N 97°53'14.4''W	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.	22/11/18
		19°00'01.1''N 97°53'14.4''W	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.	22/11/18
	Guadalupe Calderón	18°57'41.86''N 97°50'32.44''W	<i>Raphanus sativus</i> L.	06/12/18
		18°57'41.86''N 97°50'32.44''W	<i>Eruca Sativa</i>	06/12/18

3.2 Metodología de recolecta

Se seleccionaron diez plantas por predio con daño característico de las moscas de las crucíferas, el cual se refleja en las hojas, con una clorosis y una apariencia de estrés hídrico (Figura 2), se tomaron 10 muestras por cada sitio. La muestra se conformó por la planta completa y suelo, el cual se tomó de forma circular con un diámetro de 15 cm y una profundidad de 10 cm, con la ayuda de un cava hoyos. El tamaño de la muestra de suelo se debe a que Hughes & Salter (1959) y Hughes (1960) reportaron que el 93% de las pupas de *Delia* spp. se encuentran en el suelo cerca del sistema radicular de la planta. Al momento de recolectar las muestras completas se depositaron en una bolsa de polietileno cada una, junto con los datos del sitio donde fue colectada. El material recolectado se traslado a las instalaciones del Colegio de Postgraduados campus Montecillo para su procesamiento y esperar a la emergencia de los parasitoides y/o moscas.



Figura 2. Daño de *Delia* en brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*).

3.3 Procesamiento de muestras

Primero se separó cuidadosamente la planta y el suelo para no dañar la raíz. Para recolectar los puparios del suelo se utilizó un tamiz y la planta se revisó con ayuda de un microscopio estereoscópico (Euromex, Nexius Zoom Modelo NZ. 1903.S, Mataró, España), una vez que se extrajeron todos los puparios de la muestra, se identificaron con ayuda de las claves taxonómicas de Savage *et al.* (2016). Una vez identificados, se contabilizaron con la finalidad de tener un registro. Luego se colocaron individualmente dentro de cajas Petri debidamente marcadas con datos de la muestra y sitio de recolecta, se cubrieron los puparios con papel secante humedecido. Por último, se colocaron en una cámara de cría con condiciones de temperatura, humedad y fotoperiodo controlados ($26\pm 2^{\circ}\text{C}$; $60\pm 10\%$ H. R. 12:12 luz: oscuridad) hasta la emergencia (Figura 3). Se realizaron revisiones cada 24 horas hasta la emergencia, para registrar los parasitoides emergidos. Los adultos emergidos se etiquetaron y preservaron en alcohol al 70% para su posterior identificación, algunos adultos de parasitoides se conservaron para realizar observaciones de su biología.



Figura 3. Puparios en cámara de cría.

3.4 Identificación del material biológico.

Los adultos emergidos, tanto moscas como parasitoides, se separaron por sexo para tener un registro. Los adultos de *Delia* spp. fueron identificados con ayuda de las claves taxonómicas de Savage *et al.* (2016).

En el caso de los parasitoides se usaron las claves taxonómicas de Fernandez & Sharkey (2006), Berry (2007), Forshage & Norlander (2008), Quinlan (1978), McComb (1958), Marsh (1969), Wharton (1994), Nordlander (1981) y Klimaszewski (1984). Posteriormente se realizó una visita con la especialista de la familia Braconidae en México, la Dra. Juana María Coronado Blanco de la Universidad Autónoma de Tamaulipas para corroborar el resultado y la Dra. Fabiana Gallardo Facultad de Ciencias Naturales y Museo en Buenos Aires, Argentina, especialista de la familia Figitidae. También se realizó una visita con el especialista de la familia Staphylinidae en México, el Dr. José Luis Navarrete Heredia Universidad Autónoma de Guadalajara. El material se depositó en la Colección Entomológica en el Colegio de Postgraduados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de puparios recolectados emergieron 345 especímenes (Cuadro 2), de los cuales el 9.8% fueron parasitoides. Se identificaron tres especies de parasitoides, *Aphaereta pallipes* (Figura 4), *Trybliographa rapae* (Figura 5) y *Aleochara bimaculata* Gravenhorst (Coleoptera: Staphylinidae) (Figura 6).

Cuadro 2. Parasitoides de *Delia planipalpis* y *D. platura* en México.

Estado	Fecha de colecta	No. de puparios colectados		Parasitoides emergidos					
				<i>A. pallipes</i>		<i>T. rapae</i>		<i>A. bimaculata</i>	
		<i>D. platura</i>	<i>D. planipalpis</i>	♂	♀	♂	♀	♂	♀
México	19/05/18	14	-	-	-	11	2	-	-
Puebla	21/09/18	-	13	3	6	-	-	2	2
Guanajuato	25/10/18	2	11	-	-	-	-	1	-
Puebla	08/11/18	8	57	15	56	-	-	-	-
Puebla	08/11/18	-	13	10	29	-	-	-	-
Puebla	22/11/18	1	44	1	13	-	-	-	-
Puebla	22/11/18	2	34	7	22	-	-	-	-
Guanajuato	04/12/18	-	18	4	7	-	-	-	-
Puebla	06/12/18	2	53	18	29	-	-	-	-
Puebla	06/12/18	-	44	39	93	-	-	-	-

Aphaereta pallipes (Figura 4) fue la especie más abundante, con 5.7 % de parasitismo. Emergió de puparos de *Delia planipalpis* y *D. platura*, se presentó en los estados de Puebla y Guanajuato (Figura 5). Este parasitoide está asociado con *D. platura* en Canadá (Tomlin *et al.*, 1985), Estados Unidos (Wharton, 1977) y Europa (Vet *et al.*, 1993). En Canadá se ha observado el porcentaje más alto de parasitismo que oscila de 17 a 20. En Europa han utilizado especies de *Aphaereta* para el control de *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae), en México se han utilizado especies de la familia Braconidae como agentes de control biológico, como

Diachasmimorpha longicaudata Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) que es reproducida en México para el control de moscas de la fruta del genero *Anastrepha* (Sánchez-García *et al.*, 2007); también para el control de *Therioaphis trifolii* Monell (Hemiptera: Aphididae) se liberaron los braconidos *Praon exolentum* (Ness) y *Trioxys* sp. desde entonces dicho pulgón se ha mantenido bajo control (Coronado, 2011) y para el control de barrenadores de la caña de azúcar fue liberada *Macrocentrus prolificus* Warton (Hymenoptera: Braconidae) (Vejar & Sahagun, 2003). Una de las principales características de *A. pallipes* que se observó en este estudio, fue la emergencia de hasta 15 adultos de un solo pupario de *Delia planipalpis*, lo cual coincide con Vet *et al.* (1993) quienes reportan la emergencia de 20 adultos de un pupario de *D. platura* y mencionan que la variación del número de huevos que depositan en el pupario/larva se debe al tamaño del pupario del huesped.



Figura 4. *Aphaereta pallipes* (Braconidae).



Figura 5. *Aphaereta pallipes* (Flecha roja) y larva de *Delia* spp. (Flecha azul) en el sitio de recolecta en Guanajuato.

Debido a que *A. pallipes* es una especie polífaga y gregaria, Briseño *et al.* (2006) mencionan que esto aumenta la disponibilidad para parasitar a *Delia* ya que tiene hospederos alternativos, se ha reportado en 25 especies del orden Diptera (Yu *et al.*, 2005). Estas características y los antecedentes del uso de especies del mismo genero y familia para el control de plagas en México, hacen que *A. pallipes* sea una buena alternativa como agente de control biológico.

El segundo parasitoide, *T. rapae* (Figura 6) emergió de puparios de *Delia platura* y fue encontrado solo en las muestras recolectadas en el Estado de México con un porcentaje de parasitismo de 3%. La baja incidencia de la especie coincide con los resultados obtenidos por Tomlin *et al.* (1985) quienes mencionan que quizás *T. rapae* no es un parasitoide primario. En otros estudios realizados en Manitoba, Canadá lo reportan como uno de los principales parasitoides de *Delia radicum* (Hemachandra *et al.*, 2007).

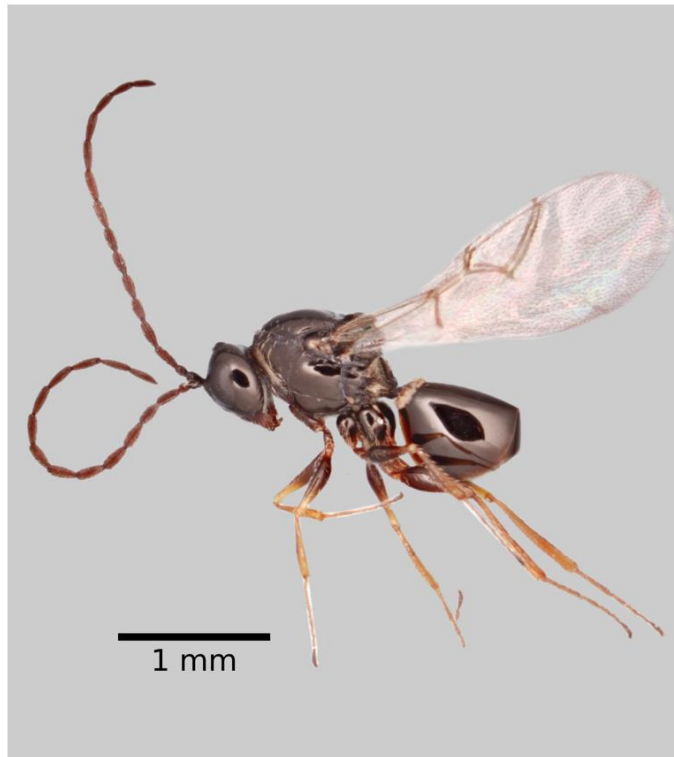


Figura 6. *Trybliographa rape* (Figitidae).

Aleochara bimaculata (Figura 7) fue el parasitoide con más bajo porcentaje de parasitismo, con 1.09%. Se encontró en los estados de Puebla y Guanajuato, emergió de puparios de *D. platura* y *D. planipalpis*. Esta especie no está reportada como parasitoide de *Delia*, sin embargo, Maus *et al.* (1998) lo reportan como parasitoide de *Adia cinerella* Fallen (Diptera: Anthomyiidae) y Navarrete-Heredia *et al.* (2002) mencionan que los miembros del genero *Aleochara* son conocidos como parasitoides de puparios de Diptera.

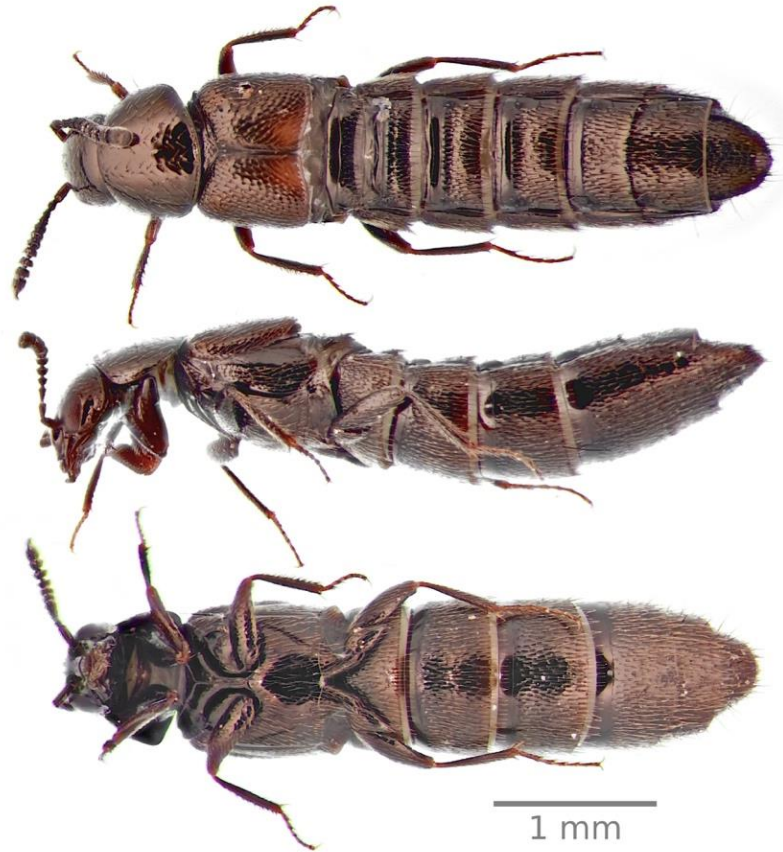


Figura 7. *Aleochara bimaculata* (Staphylinidae).

Los Aleocarinos como se mencionó anteriormente, están reportados como parasitoides de pupario y depredadores de los estados inmaduros de *Delia*. Por esa razón, después de la emergencia de *A. bimaculata* se le colocaron huevos de *D. planipalpis* con intención de confirmarlo. En la figura 8A se observa al adulto que con ayuda de las mandíbulas hace un orificio para poder alimentarse del contenido y en la figura 8B se muestran los huevos después de la alimentación.

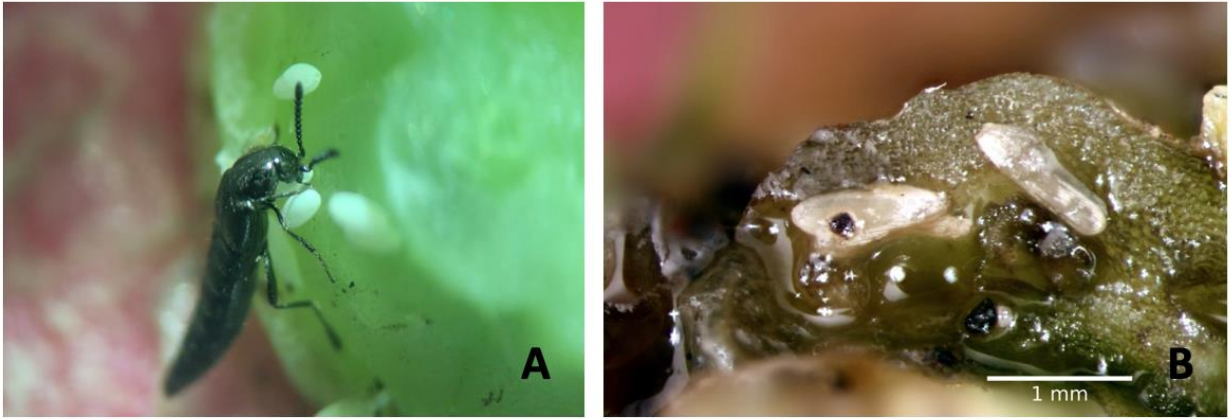


Figura 8. A) *Aleochara bimaculata* alimentándose de huevos de *Delia planipalpis*, B) Huevos de *Delia planipalpis* después de la alimentación de *Aleochara bimaculata*.

VI. CONCLUSIONES

En esta investigación se realizó la exploración de enemigos naturales asociados con la mosca de las crucíferas, *Delia* spp. en diferentes zonas de producción de los estados de Puebla, Guanajuato y México. En cuanto a la abundancia de parasitoides nativos se obtuvo un 9.8% de emergencia, donde se encontraron tres especies *Aphaereta pallipes*, *Trybliographa rapae* y *Aleochara bimaculata*. *A. pallipes* y *A. bimaculata* se encontró en los estados de Puebla y Guanajuato, *T. rapae* en el Estado de México. Lo que representa primer reporte para las dos especies en los estados donde se encontraron y para *Delia* spp. en México.

VII. LITERATURA CITADA

- Abu, I. K. 1959. Natural control in cabbage root fly populations and influence of chemicals. Thesis for the degree of doctor of agrarian sciences at the Agricultural University of Wageningen, Holland, pp. 1-57.
- Andreassen, L.D., U. Kuhlmann, P. G. Mason y N. J. Holliday. 2007. Classical biological control of the cabbage root fly, *Delia radicum*, in Canadian canola: an analysis of research needs. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, Vol. 2, No. 86:13.
- Barrios, D. B., R. R. Alatorre, N. Bautista y H. G. Calyecac. 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. Agrociencia. 38, 2:239-248.
- Barranco, P. 2003. Dípteros de interés agronómico. Agromicidos plaga de cultivos hortícolas intensivos. Bol. S. E. A. No. 33:293-307.
- Berry, J. A. 2007. *Alysiinae* (Insecta: Hymenoptera: Braconidae). Fauna of New Zealand. Pp. 58-95.
- Bili, M., A. M. Cortesero, C. Mougél, J. P. Gauthier, G. Ermel y Simon. 2016. Bacterial Community Diversity Harboured by Interacting Species. PLOS ONE 11(6).

- Briseño, R. A., D. Torres P. y L. Romero T. 2006. Biodiversidad y distribución de la subfamilia *Alysiinae* (Hymenoptera: Braconidae) en tres ecosistemas naturales de Venezuela. *Entomotropica*, Vol. 21, No. 2: 73-82.
- Brooks, A. R. 1951. Identification of the root maggot (Diptera: Anthomyiidae) attacking crucifers garden crops in Canada, with notes on biology and control. *Rev. Appl. Ent.* 39:432-433.
- Brown, P. E., C. P. Frank, H. L. Groves y M. Anderson. 1998. Spectral sensitivity and visual conditioning in the parasitoid wasp *Trybliographa rapae* (Hymenoptera: Cynipidae). *Bulletin of Entomological Research*, Vol. 88: 239-245.
- Brown, P. E. y M. Anderson. 1998. Morphology and ultrastructure of sense organs on the ovipositor of *Trybliographa rapae*, a parasitoid of the cabbage root fly. *Journal of Insect Physiology*, 44: 1017-1025.
- Carlson, E. C., Breaky, E. P. y Webster, R. L. 1947. The cabbage maggot in Northwest Washington. *Journal Economic Entomology*, 43:57-64.
- Chen, S., X. Han y M. Moens. 2003. Biological control of *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) with entomopathogenic nematodes. *Applied Entomology Zoology* Vol. 38: 441-448.
- Colhoun, E. H. 1953. Notes on the stages and the biology of *Baryodma ontarionis* Casey (Coleoptera: Staphylinidae) a parasite of the cabbage maggot, *Hylemia brassicae* Bouche (Diptera: Anthomyiidae). *Canadian Entomology* 8511: 1-8.

Coronado-Blanco, J. M. 2011. Braconidae (Hymenoptera) de Tamaulipas, México. Editorial Planea. México. 52 p.

Coronado-Blanco, J. M., E. Ruíz-Cancino y S. E. Varela-Fuentes. 2004. Agenda a Braconidae (Hymenoptera). In Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. UNAM. México. Vol. 4. pp. 713-720.

Du, J., L. D. Andreassen y N. J. Holliday. 2017. Behavioural responses to dimethyl disulphide by *Aleochara bilineata* and *Aleochara bipustulata*. *Physiological Entomology*, DOI: 10.1111.

Dosdall, L. M., M. J. Herbut, and N. T. Cowle. 1994. Susceptibilities of species and cultivars of canola and mustard to infestation by root maggots (*Delia* spp.) (Diptera: Anthomyiidae). *Can. Entomol.* 126: 251–260.

Fernandez, F. y M. J. Sharkey. 2006. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Universidad Nacional de Colombia y Sociedad Colombiana de Entomología. Pp 137-346.

Finch, S. y T. H. Coaker. 1969. Comparison of the nutritive values of carbohydrates and related compounds to *Erioischia brassicae*. *Entomologia exp. appl.* 12,441-453.

Finch, S. y R. H. Collier. 1984. Parasitism of overwintering pupae of cabbage root fly, *Delia radicum* (L.) (Diptera: Anthomyiidae), in England and Wales. *Bull. Ent. Res.* 74:79-86.

- Forshage, M. y G. Nordlander. 2008. Identification Key to European genera of *Eucoilinae* (Hymenoptera, Cynipoidea, Figitidae). *Insect Syst. Evol.* 39:341-359.
- Garry, C. E. y C. W. Wingo. 1971. Factors affecting Parasitism of the Face Fly by *Aphaereta pallipes* in laboratory studies. *Journal of Economic Entomology*. Vol. 64, No. 1:104
- Gil, R., D. Carrillo y J. Jiménez. 2007. Determinación de las principales plagas de espinaca (*Spinacea oleracea*) en Cota, Colombia. *Revista Colombiana de entomología*, 33 (2): 124-128.
- Hemachandra, K. S., N. J. Holliday, P. G. Mason, J.J. Soroka y U. Kuhlmann. 2007. Comparative assessment of the parasitoid community of *Delia radicum* in the Canadian prairies and Europe: a search for classical biological agents. *Biological Control*. 43:85-94.
- Hughes, R. D. y D. D. Salter. 1959. Natural Mortality of *Erioischia brassicae* (Bouche) (Diptera, Anthomyiidae) During the Immature Stages of the First Generation. Source: *Journal of Animal Ecology*, Vol. 28, No. 2:231-24.
- Hughes, R. D. 1960. Method of estimating the numbers of cabbage root fly pupae in the soil. *Plant Pathology* 9 (1) 15-17.
- Jiménez, J., L. A. Arias, L. Espinosa, L. S. Fuentes, C. Garzón, R. Gil, N. Niño y M. Rodríguez. 2010. El cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y su manejo fitosanitario en Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo.

Jones, T. 1986. Patterns of parasitism by *Trybliographa rapae* (Westw.), a Cynipid Parasitoid of Cabbage root fly. Tesis de doctorado de la Universidad de Londres.

Joseph, S. V. y J. Martinez. 2014. Incidence of cabbage maggot (Diptera: Anthomyiidae) infestation and plant damage in seeded Brassica fields in California's central coast. *Crop Prot* 62:72–78. doi: 10.1016/j.cropro.2014.04.016

Klimaszewski, J. 1984. A revision of the genus *Aleochara* Gravenhorst of America north of Mexico (Coleoptera: Staphylinidae, Aleocharinae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, No. 129:17-29.

Korea Institute of Science and Technology Information. 2007. Korean Insect Database (Hymenoptera: Ichneumonidae). Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/3a6noo> accessed via GBIF.org on 2019-06-29.

Lundbland, O. 1993. The cabbage flies. Concerning some Anthomyiids living in the roots and stems of cultivated crucifers, with special reference to *Phorbia floralis* Fall. *Rev. Appl. Ent.* 21, 499.

Lysyk, T. J. 1990. Biological control of livestock pests. *Alta. Environ. Centre. Vegreville, AB*. Pp. 69-80.

- Maus, Ch., B. Mittmann y K. Peschke. 1998. Host records of parasitoid *Aleochara Gravenhorts* species (Coleoptera: Staphylinidae) attacking puparia of Cyclorrhapheous Diptera. Dtsch. Entomol. Z. Vol. 45, No. 2: 231-254.
- Marín, J. A. 2001. Insectos plagas de maíz. Guía para su identificación. SAGARPA. INIFAP. Campo experimental Bajío. Folleto técnico No. 1. Celaya, Guanajuato, México.
- Marsh, P. M. 1969. Two new species of *Aphaereta* with notes on other nearctic species. Proc. Ent. Soc. Wash., Vol., 71, No. 3:416-420.
- McAlpine, J.F., B.V. Peterson, G.E. Shewell, H.J. Teskey, J.R. Vockeroth y D.M. Wood. 1987. Manual of Nearctic Diptera, vol. 2. Agriculture Canada Monograph 28. I-VI,675-1332.
- McComb, C. W. 1958. New synonymy in the genus *Aphaereta* with a redescription of *Aphaereta pallipes* (Say). Proc. Ent. Soc. Wash., Vol., 60, No. 5:223-224.
- Navarrete-Heredia, J. L., A. F. Newton, M. K. Thayer, J. S. Ashe y D. S. Chandler. 2002. Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias y CONABIO. Pp. 121- 164.
- Neveu, N., L. Krespi, N. Kacem y J. Nénon. 2000. Host-stage selection by *Trybliographa rapae*, a parasitoid of the cabbage root fly *Delia radicum*. Entomología Experimentalis et Applicata, Vol. 96: 231-237.

- Nilsson, U., A. Eriksson y B. Rämert. 2012. Male and female *Trybliographa rapae* (Hymenoptera: Figitidae) behavioral responses to food plant, infested host plant and combined volatiles. *Arthropod-Plant Interactions*, 6:251-258.
- Nordlander, G. 1981. A review of the genus *Trybliographa rapae* Föster, 1869 (Hymenoptera, Cynipoidea: Eucoilinae). *Ent. Scand.* 12: 381-402.
- Patitucci, L. D., P. R. Mulieri, M. C. Domínguez, J. C. Marilius y J. A. Schnack. 2011. Estudio preliminar de *Calyptratae* (Diptera) en la Reserva Natural Estricta Otamendi, Buenos Aires, Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 70(3-4):157-168.
- Quinlan, J. 1978. Hymenoptera Cynipoidea, Eucoilidae. Handbooks for the identification of British Insects. Vol. III, Part 1b.
- Sánchez-García, J. A., S. Avendaño-Flores, L. Martínez-Martínez, J. I. Figueroa-De la Rosa y R. Jarquín-López. 2007. Parasitoides asociados a moscas de la fruta del género *Anastrepha Schiner* (Diptera: Tephritidae) en Oaxaca, México. *Naturaleza y desarrollo Volumen 12 Núm. 1*:46-58.
- Savage, J., A. M. Fortier, F. Fournier y V. Bellavance. 2016. Identification of *Delia* pest species (Diptera: Anthomyiidae) in cultivated crucifers and other vegetable crops in Canada. *Canadian Journal of Arthropod Identification No. 29*.

SIAP. 2018. Atlas agroalimentario 2017-2018. Benjamin Franklin 146, Colonia Escandón, Delegación Miguel Hidalgo, Ciudad de México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Shimat, V. J., E. R. Hoebeke y J. V. 2015. McHugh. Rove Beetles of the Genus *Aleochara* Gravenhorst (Coleoptera: Staphylinidae) Parasitizing the Cabbage Maggot, *Delia radicum* (L.) (Diptera: Anthomyiidae), in the Northern Central Coast of California. Entomological Society of Washington Vol. 117, No.4: 525-528.

Shuhang, W., R. E. Voorrips, G. Steenhuis-Broers, B. Vosman y J. J. A. van Loon. 2016. Antibiosis resistance against larval cabbage root fly, *Delia radicum*, in wild Brassica-species. Euphytica 211:139-155.

Tomlin, A., J. Miller, C. Harris y J. Tolman 1985. Arthropod parasitoids and predators of the onion maggot (Diptera: Anthomyiidae) in southwestern Ontario. Journal Economic Entomology, Vol. 781, No. 4: 975-981.

Triplehorn, C.A. y N.F Johnson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Thomson Brooks/Cole, USA, 864 pp., Seventh Edition, ISBN 003-096835-6.

Vejar, C., G., D. Sahagun H. 2003. Introducción, colonización y establecimiento de *Macrocentrus prolificus* Wharton (Hymenoptera: Braconidae) en el cultivo de la caña de azúcar en el norte de Sinaloa. Mem. XXVI Congr. Nal. de C. Biol. pp. 180-183.

- Vet, L. E. M., A. Datema, K. van Welzen y H. Snellen. 1993. Clutch size in a larval-pupal endoparasitoid. *Oecologia*, Springer-Verlag 95: 410-415.
- Wharton, R. A. 1977. New world *Aphaereta pallipes* (Hymenoptera: Braconidae: Alysiinae), with a discussion of terminology used in the Tribe *Alysiini*. *Annals of the Entomological Society of America*, Vol. 70, No. 5:782-803.
- Wharton, R. A. 1984: Biology of the Alysiini (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of *Cyclorrhaphous* Diptera. Texas Agricultural Experiment Station Technical Monograph, Vol.11, 1–39.
- Wharton, R. A. 1994. New genera, species, and records of new world *Alysiinae* (Hymenoptera: Braconidae). *Proc. Ent. Soc. Wash.*, Vol., 96, No. 4:630-664.
- Wishart, G. y E. Monteith. 1954. *Trybliographa rapae* (West.) (Hymenoptera: Cynipidae), a parasite of *Hylemya* spp (Diptera: Anthomyiidae). *The Canadian Entomologist*. Ottawa, Canada, April, Vol. 86 No. 5:145-154.
- Yu, D. S., K. van Achterberg y K. Horstmann K. 2005. World Ichneumonoidea 2004. Taxonomy, biology, morphology and distribution. Taxapad CD. Vancouver, Canadá.