



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN FITOSANIDAD

ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

IDENTIFICACIÓN DE *Delia* spp. (ROBINEAU-DESVOIDY) (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE) HOSPEDEROS, DAÑOS, ENEMIGOS NATURALES Y REPRODUCCIÓN

RICARDO MERÁZ ALVAREZ

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





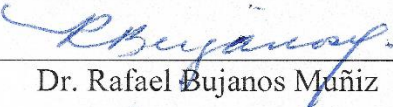
DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2020

La presente tesis titulada: **IDENTIFICACIÓN DE *Delia* spp. (ROBINEAU-DESVOIDY) (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE) HOSPEDEROS, DAÑOS, ENEMIGOS NATURALES Y REPRODUCCIÓN**, realizada por el alumno: **RICARDO MERÁZ ALVAREZ**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
ENTOMOLOGÍA Y ACAROLOGÍA

| CONSEJO PARTICULAR | |
|--------------------|--|
| CONSEJERO |  Dr. Néstor Bautista Martínez |
| ASESOR |  Dr. Héctor González Hernández |
| ASESOR |  Dr. Ángel Lagunes Tejeda |
| ASESOR |  Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme |
| ASESOR |  Dr. Rafael Bujanos Muñiz |

Montecillo, Texcoco, Estado de México, diciembre de 2020

**IDENTIFICACIÓN DE *Delia* spp. (ROBINEAU-DESVOIDY) (DIPTERA:
ANTHOMYIIDAE) HOSPEDEROS, DAÑOS, ENEMIGOS NATURALES Y
REPRODUCCIÓN**

**Ricardo Meráz Alvarez, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2020.**

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue identificar las especies del género *Delia* asociadas con los cultivos de brócoli, col y coliflor; crucíferas de gran importancia en México, en Guanajuato, Puebla y Estado de México; además de determinar su rango de hospedantes y el tipo de daño que causan por efecto de su alimentación, así como la identificación de sus enemigos naturales. Para la identificación de estos dípteros, se realizaron colectas de plantas con síntomas de infestación de junio a noviembre de 2017 y de marzo a diciembre de 2018; se llevaron al laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México con la finalidad de confinar las muestras en una cámara de cría en condiciones de temperatura, humedad y fotoperiodo controlados y de esta manera, obtener ejemplares adultos con los cuales se trabajó en la identificación morfológica, extrayendo la genitalia de los machos. Se identificaron dos especies, *Delia planipalpis* y *D. platura*; adicionalmente, mediante técnicas moleculares se corroboró la identidad de las especies colectadas.

Para la cría de *Delia planipalpis*, se desarrolló una técnica utilizando como sustrato a *Raphanus sativus*. Durante la colecta de material infestado, cría y reproducción de *Delia* spp se obtuvieron distintos enemigos naturales de los cuales se identificaron los siguientes seis parasitoides; *Pentapria* sp. (Hymenoptera: Diapriidae); *Aphaeretha pallipes* (Hymenoptera: Braconidae); *Trybliographa diaphana* y *T. atra* (Hymenoptera: Figitidae), *Spalangia endius* y *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), además de cuatro depredadores asociados con sus estados inmaduros como *Solenopsis* sp. y *Labidus coecus* (Hymenoptera: Formicidae); *Philontus cognatus* y *Pseudopsis* sp. (Coleoptera: Staphylinidae) y un hongo entomopatógeno del orden Entomophthorales.

Palabras clave: plagas del suelo, crucíferas, gusanos de la raíz, genitalia de machos

**IDENTIFICATION OF *Delia* spp. (ROBINEAU-DESVOIDY) (DIPTERA:
ANTHOMYIIDAE) HOSTS, DAMAGES, NATURAL ENEMIES AND MASS
REARING**

**Ricardo Meráz Alvarez, Dr.
Colegio de Postgraduados, 2020.**

ABSTRACT

The main objective of the present investigation was to identify the species of the genus *Delia* associated with broccoli, cabbage and cauliflower crops; crucifers of great importance in the country, in entities such as Guanajuato, Puebla and the State of Mexico. The range of hosts and the type of damage they cause as a result of their diet was also determined, as well as the identification of their natural enemies. For the identification of the pest insect, collections of plants with symptoms of being infested were made and they were taken to the Agricultural Entomology laboratory of the Colegio de Postgraduados Campus Montecillo in order to confine the samples in a breeding chamber with temperature, humidity and photoperiod conditions controlled and thus obtain adult specimens with which we worked on morphological identification by extracting the genitalia of the males. Molecular identification was also carried out, corroborating the identity of the species collected.

During the collection of infested material and breeding and reproduction in laboratory conditions of *Delia* spp. different natural enemies were obtained which were identified as *Pentapria* sp (Hymenoptera: Diapriidae), *Aphaeretha pallipes* (Hymenoptera: Braconidae), sp. *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae), *Trybliographa diaphana* (Hymenoptera: Figitidae), *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae), *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) and an entomopathogenic fungus of Entomophthorales.

Keywords: soil pests, hymenoptera, entomopathogenic fungus, root maggots, genitalia

AGRADECIMIENTOS

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el financiamiento proporcionado para efectuar la investigación.

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y en especial al Postgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, por la oportunidad de formarme en sus aulas y laboratorios como investigador.

Al Dr. Néstor Bautista Martínez por aceptar ser mi consejero durante mi formación académica y por motivarme a ser un buen entomólogo y sobre todo, a fascinarme de la Fitosanidad.

A los demás integrantes de mi consejo particular, Dr. Héctor González Hernández, Dr. Ángel Lagunes Tejeda, Dr. Carlos Patricio Illescas Riquelme y Dr. Rafael Bujanos Muñoz, quienes con su experiencia como investigadores y formación de recursos humanos, me compartieron sus valiosos conocimientos y me orientaron para concluir satisfactoriamente mi formación académica.

Al M. C. Jorge Valdez Carrasco, quien siempre estuvo disponible para la toma de fotografías y procesamiento de imágenes del material biológico ocupado en la presente investigación,

A la M. C. Greta Hanako Rosas Saito de la Unidad de Microscopía Avanzada del INECOL por sus valiosas sugerencias y aportaciones durante la toma de fotografías con microscopio electrónico de barrido.

A todo el personal administrativo del Postgrado en Fitosanidad que siempre me facilitó los trámites para las salidas de campo, comprobación de gastos, préstamo de equipo de cómputo, auditorio, salas de juntas, entre otros.

A toda la comunidad estudiantil, académica y administrativa del Campus Montecillo y otros como los Campus San Luis Potosí y Campeche, que compartieron conmigo las aulas laboratorios, biblioteca y demás inmuebles dentro de esta magnífica Institución, gracias por todo y por ser parte de mi experiencia de vida.

DEDICATORIA

A todos los campesinos de México y el mundo, que han hecho conciencia por producir más y mejores alimentos en armonía con la naturaleza y la sociedad.

A mis familiares y amigos, para que siempre crean en ellos mismos y se convenzan que todo es posible; una vez que comprendan, que las buenas acciones que hagan hoy tendrán un gran beneficio, no solo para su propia persona sino para todos aquellos que los rodean.

A todas aquellas personas que siempre me apoyaron y creyeron en su servidor, ¡Misión Cumplida!

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| RESUMEN..... | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| DEDICATORIA..... | vii |
| LISTA DE FIGURAS..... | x |
| LISTA DE CUADROS..... | xii |
| INTRODUCCIÓN GENERAL..... | 1 |
| Objetivo General..... | 3 |
| Objetivos particulares..... | 3 |
| Hipótesis..... | 3 |
| Literatura citada..... | 4 |
| CAPÍTULO I. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE <i>Delia</i> (ROBINEAU-DESVOIDY) (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE), SU RANGO DE HOSPEDANTES Y TIPO DE DAÑOS..... | 6 |
| 1.1 RESUMEN..... | 6 |
| 1.2 ABSTRACT..... | 8 |
| 1.3 INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| 1.4 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 13 |
| Identificación de especies..... | 14 |
| 1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 14 |
| Daños..... | 22 |
| 1.6 CONCLUSIONES..... | 26 |
| 1.7 LITERATURA CITADA..... | 27 |
| CAPÍTULO II. CRÍA Y REPRODUCCIÓN DE <i>Delia planipalpis</i> (STEIN) y <i>Delia platura</i> (MEIGEN) (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE) E IDENTIFICACIÓN DE SUS ENEMIGOS NATURALES EN MÉXICO..... | 32 |
| 2.1 INTRODUCCIÓN..... | 34 |
| 2.2 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 37 |
| Cría de <i>Delia planipalpis</i> y <i>Delia platura</i> | 37 |

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Obtención de parasitoides..... | 41 |
| 2.3 RESULTADOS..... | 43 |
| 2.4 DISCUSIÓN..... | 47 |
| 2.5 CONCLUSIONES..... | 50 |
| 2.6 LITERATURA CITADA | 53 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1.1. a) Macho de *Delia planipalpis*; b) Macho de *Delia platura*; c) Hembra de *Delia planipalpis* y d) Hembra de *Delia platura*. Escala = 1 mm. Imágenes tomadas por el M. C. Jorge Valdez Carrasco..... 16
- Figura 1.2. Genitalia de los machos. Terminalia de *D. planipalpis* (a) y de *D. platura* (b); V esternito abdominal de *D. planipalpis* (c) y de *D. platura* (d). Escala= 200 nm. Imágenes tomadas por el M. C. Jorge Valdez Carrasco. 17
- Figura 1.3. Árbol filogenético (basado en el modelo de distancia K2P) para 25 secuencias de COI (mínimo 550 bp, 0 bp ambiguas) de especímenes de *Delia*. La línea incluye el nombre de la especie, Identificación de muestra por BOLD, Sexo, y Número de Índice de Código de barras (BIN). 18
- Figura 1.4. Daños causados por el ataque de *D. planipalpis* y *D. platura*. a) Plantas de brócoli dañadas por larvas *Delia* spp.; b) Planta de col con las hojas basales amarillentas y marchitas; c) Tallo principal con galerías en una planta de col; d) Planta de col con orificios de salida de las larvas; e) Larvas de *Delia* spp. alimentándose superficialmente del tallo en una planta de col; f) Pupario de *Delia* spp. en el sitio de extracción de la planta..... 24

CAPÍTULO II

- Figura 2.1. Diferencias morfológicas entre los diferentes estados biológicos de *D. planipalpis* (b) huevo con estrías marcadas longitudinalmente, (d) espiráculo anterior con diez dígitos o más y (f) tubérculos caudales bifurcados y *D. platura* (a) huevo con reticulación, (c) espiráculo anterior con seis dígitos (e) tubérculos caudales no bifurcados 39
- Figura 2.2. Parasitoides emergidos de puparios de *D. planipalpis* y *D. platura*: a) *Trybliographa diaphana*, b) *Trybliographa atra* c) *Pentapria* sp. d) *Aphaeretha pallipes*, e) *Pachycrepoideus vindemmiae*, f) *Spalangia endius*..... 45
- Figura 2.3. Hongos entomopatógenos del orden Entomophthorales esporulando sobre *D. planipalpis* (a) y *D. platura* (b)..... 46

Figura 2.4. Depredadores asociados con *Delia* spp. a) *Solenopsis* sp. b) *Labidus coecus*,
c) *Philonthus cognatus* d) *Pseudopsis* sp.....46

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO I

| | |
|---|----|
| Cuadro 1.1. Número de adultos emergidos de <i>D. planipalpis</i> y <i>D. platura</i> en crucíferas cultivadas. | 21 |
| Cuadro 1.2. Número de adultos emergidos de <i>D. planipalpis</i> y <i>D. platura</i> de crucíferas silvestres. | 22 |

CAPÍTULO II

| | |
|---|----|
| Cuadro 2.1. Enemigos naturales obtenidos de <i>D. planipalpis</i> y <i>D. platura</i> | 44 |
| Cuadro 2.2. Insectos asociados con crucíferas infestadas por <i>Delia</i> spp. | 44 |

INTRODUCCIÓN GENERAL

La familia brassicaceae incluye cerca de 360 géneros y alrededor de 3 709 especies de distribución cosmopolita, excepto en la Antártida (Al-Shehbaz, *et al.*, 2006; Warwick *et al.*, 2006). Este grupo de plantas es fácil de reconocer por la estructura característica de su flor, la cual se distingue por presentar cuatro pétalos dispuestos diagonalmente opuestos que forman una cruz (Franzke *et al.*, 2011), de ahí que también se le conoce como cruciferae (Anjum *et al.*, 2012). La familia posee muchas características biológicas interesantes, no solo por su diversidad, plasticidad e historia evolutiva (Vargas-Rincón *et al.*, 2013) sino que incluye especies que son cultivadas en muchos países con diferentes propósitos; producción de aceite, alimento para el ser humano, condimentos o como ornamentales y alimentación de animales; entre otros, esto es debido a sus propiedades nutricionales, medicinales, bioindustriales, biofumigantes y utilidad en la rotación de cultivos (Al-Shehbaz, *et al.*, 2006; Ahuja *et al.*, 2010). También, al menos 120 especies son consideradas arvenses, aunque algunas son tomadas en cuenta como malezas de importancia en los campos agrícolas (Warwick, 2011).

Entre las especies cultivadas están incluidas el brócoli (*Brassica oleracea* var *italica* L), la coliflor (*B. oleracea* var *botrytis* L), la col (*B. oleracea* var *capitata* L), la canola (*B. napus* L), la col de Bruselas (*B. oleracea* var *gemmifera* L), el nabo (*B. rapa* L), el kale (*B. oleracea* var *sabellica*), varias mostazas y otras hortalizas de hoja, las cuales son producidas alrededor del mundo y en variadas condiciones agroclimáticas debido a su amplio espectro de adaptación (Hong *et al.*, 2008).

A nivel mundial, México ocupa el quinto lugar en producción de brócoli y coliflor; y es el tercer mayor exportador de vegetales del género *Brassica*. En el caso de brócoli figuran como principales clientes Estados Unidos de América y Canadá; aunque el primero adquiere 97 % de la oferta exportable. En menor escala, existen otros países como Japón, Corea del Sur y Hong Kong quienes además de México, tienen a otros países proveedores; sin embargo, México es considerado el segundo proveedor de brócoli más importante para el mercado nipón. De igual manera, para la coliflor se tienen como clientes principales los mercados estadounidense y canadiense; aunque también en menor escala están países europeos como Alemania, Francia y Bélgica. Es importante mencionar que 70.8 % del total de divisas por las ventas al exterior de

productos agroalimentarios de origen mexicano, corresponden a 23 productos por su alto valor comercial, entre los cuales se encuentra las crucíferas (brócoli, col y coliflor) (SIAP, 2019).

Por lo anterior; en el territorio nacional, el cultivo de crucíferas es altamente rentable, ya que en algunas regiones como el Bajío éstas se consideran las hortalizas de mayor importancia socioeconómica, debido a la superficie sembrada, por los ingresos que se obtienen de su comercialización y por la gran cantidad de fuentes de trabajo que generan directamente en las labores propias del cultivo en el campo, en particular de los cultivos de brócoli y coliflor, con alrededor de 110 jornales de trabajo por hectárea al año e indirectamente, por la cantidad de personal que se ocupa durante el proceso, empaque y transporte. Adicionalmente, el producto que se cosecha del cultivo de crucíferas, se destina principalmente al mercado de exportación, lo que representa una significativa fuente de divisas para el país (Agenda Técnica Agrícola Guanajuato, 2017).

Al respecto, el brócoli se cultiva en 20 entidades del país, destacando Guanajuato, Puebla y Michoacán, con 23 907, 2 950 y 2 605 ha, respectivamente; en el año 2018 se sembraron 36 000 ha de esta crucífera en todo el país y tan solo en Guanajuato, se sembró el 64 %. De igual manera, para el cultivo de coliflor, sobresale esta última entidad con el 30 % del total sembrado (4 000 ha) seguido de Hidalgo y Puebla con 19 y 17% respectivamente (SIAP, 2019).

En las principales regiones productoras de crucíferas de México, las plagas de importancia económica son la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.), el gusano falso medidor (*Trichoplusia ni* Hübner), el gusano del corazón de la col (*Copitarsia decolora* Guenée), así como el pulgón de la col (*Brevicoryne brassicae* L.). La presencia de varios de los estados biológicos de estas plagas, así como sus excreciones, son contaminantes que afectan la calidad o sanidad de estas crucíferas. Además, existen otras especies secundarias, que si no se manejan adecuadamente, pueden tener impacto negativo en el rendimiento y en la calidad de la cosecha (Barrios-Díaz *et al.*, 2004; Suárez-Vargas *et al.*, 2006; Santoyo y Martínez, 2011; Bujanos *et al.*, 2013a; Bujanos *et al.*, 2013b).

En los últimos años, se han presentado brotes importantes de gusanos de la raíz del género *Delia* en distintas regiones del país; sin embargo, la información que existe sobre la identidad de esta plaga no está suficientemente respaldada y solo se ha hecho a nivel de género. Al respecto, existen reportes en donde se menciona que especies de *Delia* se encuentran atacando cultivos

como maíz y frijol en el estado de Guanajuato (Marín, 2001) y que también se ha presentado en la región de Acatzingo, Puebla, en el cultivo de col durante el ciclo primavera-verano del 2000, en esa ocasión la plaga fue identificada como *Hylemya* sp. (= *Delia*) (Barrios-Díaz *et al.*, 2004).

En virtud de que en el manejo integrado de cualquier plaga es fundamental el diagnóstico confiable de la especie plaga y debido a la importancia económica de este grupo de insectos, los objetivos de la presente investigación fueron los siguientes:

Objetivo General

Identificar las especies de *Delia* asociadas con los cultivos de brócoli (*Brassica oleracea* var *italica*), col (*B. oleracea* var *capitata*) y coliflor (*B. oleracea* var *botrytis*) en México.

Objetivos particulares

- Determinar los tipos de daño que ocasionan las larvas de *Delia* spp. así como sus hospedantes alternos
- Desarrollar una metodología para la cría y reproducción de *Delia* spp.
- Identificar los enemigos naturales asociados con *Delia* spp.

Hipótesis

Existe más de una especie de *Delia* asociada con los cultivos de *Brassica oleracea*

Literatura citada

- Díaz E. L. F. y M. R. Bujanos. 2017.** Fundaciones Produce. Agenda Técnica Agrícola Guanajuato. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 274 p.
- Al-Shehbaz I. A., M. A. Beilstein and E. A. Kellogg. 2006.** Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *Pl. Syst. Evol.* 259: 89–120. DOI 10.1007/s00606-006-0415-z
- Ahuja I., J. Rohloff and A. M. Bones. 2010.** Defense mechanisms of Brassicaceae: implications for plant-insect interactions and potential for integrated pest management. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30: 311–348. DOI: 10.1051/agro/2009025
- Anjum N.A, S. S. Gill, I. Ahmad, M. Pacheco, A. C. Duarte, S. Umar, N. A. Khan, and M. E. Pereira. 2012.** The Plant Family Brassicaceae: An introduction. pp 1-33. In: Anjum NA, I. Ahmad, M. E. Pereira, A. C. Duarte, S. Umar and N. A. Khan (Eds.), *The Plant Family Brassicaceae*. Springer, The Netherlands.
- Barrios-Díaz B, R. Alatorre-Rosas, N. Bautista-Martínez y H. G. Calyecac-Cortero. 2004.** Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var capitata) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. *Agrociencia.* 38:239-248.
- 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.
- Franzke A., M. A. Lysak, I. A. Al-Shehbaz, M. A. Koch and K. Mummenhoff. 2011.** Cabbage family affairs: the evolutionary history of Brassicaceae. *Trend Plant Sci* 16:108–116
- Hong C.P., S. J. Kwon, J. S. Kim, T. J. Yang, B. S. Park, Y. P. Lim. 2008.** Progress in understanding and sequencing the genome of *Brassica rapa*, *Int. J. Plant Genomics*, DOI: 10.1155/2008/582837.
- Marín J. A. 2001.** Insectos plagas de maíz. Guía para su identificación. SAGARPA. INIFAP. Campo experimental Bajío. Folleto técnico No. 1. Celaya, Guanajuato, México. 29 p.
- 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. 2019.** Panorama agroalimentario. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 214 pp.
- Suárez-Vargas A. D., N. Bautista-Martínez, J. Valdez-Carrasco, A. Angulo-Ormeño, R. Alatorre-Rosas, J. Vera-Graziano, A. Equihua-Martínez y V. M. Pinto. 2006** Fluctuación

poblacional de *Copitarsia decolora* (Gueéne) y su asociación con crucíferas comerciales. *Agrociencia*. 40(4): 501-509.

Vargas-Rincón C. G. Sánchez-León y P. Jiménez. 2013. La producción de metabolitos secundarios en la familia Brassicaceae. *Facultad de Ciencias Básicas*, 9 (2): 282-305.

Warwick S. I. 2011. Brassicaceae in agriculture. In: Schmidt R, I. Bancroft (eds) *Genetics and genomics of the Brassicaceae*. *Plant genetics and genomics: crops and models*, Springer, New York, 9:33–65.

Warwick S. I., A. Francis, and I. A. Al-Shehbaz. 2006. Brassicaceae: Species checklist and database on CD-Rom. *Pl. Syst. Evol.* 259: 249–258. DOI 10.1007/s00606-006-0422-0

CAPÍTULO I. IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE *Delia* (ROBINEAU-DESVOIDY) (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE), SU RANGO DE HOSPEDANTES Y TIPO DE DAÑOS

1.1 RESUMEN

Las plagas subterráneas de los cultivos de crucíferas en México han adquirido importancia en los últimos años; tal es el caso de especies del género *Delia* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Anthomyiidae), de las cuales, a la fecha no existen estudios básicos y precisos sobre su correcta identificación, así como su rango de hospedantes en México. Al respecto, en un programa de manejo integrado de plagas resulta importante conocer esta información, con la finalidad de diseñar e implementar las medidas fitosanitarias adecuadas para ayudar a reducir la población en niveles que no causen daños económicos al productor. La colecta de plantas infestadas por *Delia* spp., se realizó en los estados de Guanajuato, Puebla, y Estado de México, durante los meses de junio a noviembre de 2017 y de marzo a diciembre de 2018, en cultivos comerciales de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), col (*B. oleracea* L. var. *capitata*); coliflor (*B. oleracea* L. var. *botrytis*); *Raphanus sativus* L. y *B. napus*; también se colectaron plantas silvestres de rábano silvestre (*Raphanus raphanistrum* L.), nabo de campo (*Brassica campestris* L.), mostacilla (*Sisymbrium irio* L.), bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris* L.) y lentejilla (*Lepidium virginicum* L.). Las plantas que presentaban síntomas de estar infestadas por *Delia* spp., se trasladaron a una cámara de cría del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo con condiciones controladas de temperatura (26 ± 2 °C), humedad relativa (60 ± 20 %) y fotoperiodo (12:12, luz: oscuridad). La edad de los cultivos en donde se colectó el material, estuvo en el rango de 20 a 70 días después del trasplante en campo. En el caso de las crucíferas silvestres fueron desde plántula hasta planta con producción de flores y semillas. La identificación de las dos especies, utilizando la genitalia de machos y corroborada mediante técnicas moleculares fueron *Delia planipalpis* (Stein) y *Delia platura* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae); ambas especies emergieron de todos los hospedantes muestreados, excepto en *C. bursa-pastoris* y *L. virginicum*, en donde no se observaron daños por la alimentación de las larvas de *Delia* spp. La asociación de las dos especies en cultivos y hospedantes silvestres de crucíferas, aporta información valiosa para el manejo integrado de estos insectos incluso en otros cultivos que son fuertemente atacados por *D. platura*.

Palabras clave: gusanos de la raíz, hospedantes silvestres, plagas de suelo, identificación molecular.

1.2 ABSTRACT

Soil pests of cruciferous crops in Mexico have been gaining importance in recent years; such is the case of species of the genus *Delia* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Anthomyiidae), of which, to date, there are no basic and precise studies on the correct identification of the species or complex of species, as well as its range of hosts within of the national territory; In this regard, in an integrated pest management program it is essential to know this information in order to design and implement adequate phytosanitary measures to reduce the population to levels that do not cause economic damage to the grower. Plants infested by *Delia* spp. (Robineau-Desvoidy) were collected in the states of Guanajuato, Puebla and Mexico from June to November 2017 and March to December 2018 in commercial plantations of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), cabbage (*B. oleracea* L. var. *capitata*), cauliflower (*B. oleracea* L. var. *botrytis*), radish (*Raphanus sativus* L.) and turnip (*Brassica napus*), as well as some weeds as wild radish (*Raphanus raphanistrum* L.), field mustard (*Brassica campestris* L.), London rocket (*Sisymbrium irio* L.), sheperd's purse (*Capsella bursa-pastoris* L.) and Virginia pepperweed (*Lepidium virginicum* L.) The collected specimens that exhibited symptoms of *Delia* spp. infestation were transported to Campus Montecillo of the Colegio de Postgraduados. There they were placed in a rearing chamber with controlled conditions of 26 ± 2 °C, relative humidity of $60\pm 20\%$, and photoperiod of 12: 12 (light: dark). The age of the crops from which infested material was collected ranged from 20 to 70 days after transplant to the field. In the case of wild Cruciferae, the specimens collected were seedlings through plants with flowers and seeds. The identification of the two species found in this study basically carried out using male genitalia and was corroborated by molecular techniques were *Delia planipalpis* (Stein) and *Delia platura* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae). Both species emerged from all the sampled hosts, except in *C. bursa-pastoris* and *L. virginicum*, where no damage from the feeding of the *Delia* spp. larvae was observed. The association of the two species in crops and wild hosts of crucifers, provides valuable information for the integrated management of these insects even in other crops that are strongly attacked by *D. platura*.

Key words: molecular identification, soil pests, root damage, root maggots, wild hosts.

1.3 INTRODUCCIÓN

La familia Anthomyiidae es un grupo grande de moscas estrechamente relacionado con Muscidae (Ding *et al.* 2015; Kutty *et al.* 2019); las larvas que son principalmente fitófagas y saprófagas; se han encontrado en tallos, raíces, cabezas florales, follaje de plantas vivas y en proceso de descomposición. Algunos son carroñeros o coprófagos en excrementos de animales y aves; otros son inquilinos, comensales o parásitos en madrigueras de abejas, avispas solitarias, roedores y tortugas de tierra; también se encuentran en playas, en donde se alimentan de algas marinas arrastradas por el mar y en medios acuáticos cerca de estanques y arroyos de agua dulce (Huckett, 1987; Smith, 1989); aunque igual pueden ser omnívoros, se sabe que ciertas especies son endoparasitoides de chapulines, cleptoparasitoides en nidos de himenópteros (Suwa, 1974; Gilbert y Jervis, 1998), también hay depredadores sobre larvas de simúlidos (Ackland y Werner, 2006).

De acuerdo con Michelsen (2014), se conocen cerca de 2 000 especies a nivel mundial, pero sin duda existen más en espera de ser descritas (Smith, 1989). No obstante que son de distribución mundial, tiene una mejor representación en las zonas templadas, especialmente en la región holártica. Cerca de 600 especies son conocidos en la región neártica y un número similar es conocido en la región paleártica (Huckett, 1987; Smith, 1989).

Desde el punto de vista económico, algunas especies son realmente fitófagas y se alimentan sobre tejidos vivos vegetales (Hill, 1987) sobre cultivos agrícolas, ornamentales, malezas (Huckett, 1987) y árboles forestales (Suwa, 1974; Turgeon y Sweeney, 1993). Al respecto, algunos miembros de la familia son plagas significativas en la agricultura, particularmente las que pertenecen al género *Delia*; entre las cuales están, *D. radicum*, *D. platura*, *D. planipalpis*, *D. florilega*, *D. floralis* y *D. antiqua* (Savage *et al.*, 2016); también están las moscas de los brotes de los cereales (*D. coarctata*, *D. arambourgi*, *D. flavibasis*) (Macharia y Mueke, 1986)

y las que son minadoras (*D. echinata*, *D. cardui*, *D. brunnescens*) (Hill, 1987). Es importante mencionar que ciertas especies de *Delia* tienen un rango de hospedantes relativamente reducido; *D. radicum* por ejemplo, solo ataca plantas de la familia brassicaceae y *D. antiqua* a miembros de la familia amarillidaceae, específicamente del género *Allium*; sin embargo, *D. platura* y *D. florilega* tienen un rango mayor de hospedantes incluyendo plantas en descomposición de la familia brassicaceae y de *Allium* spp.; así como legumbres, cucurbitáceas y algunos cereales (Howard, 1994).

El daño que causa *Delia* spp. en la producción de hortalizas, cereales, ornamentales y especies forestales resulta considerable; un ejemplo de esto es *D. radicum* una de las especies más estudiadas y considerada plaga primaria de varios cultivos de la familia brassicaceae la cual es de origen europeo, con distribución en las latitudes (35-60° N) en Estados Unidos y Canadá; así como en las regiones paleárticas de Europa, Azores, Madeira y Norte de África hasta China (Dixon *et al.*, 2014; Hennig, 1976; Griffiths, 1991a). En lugares como Canadá en donde en la mayoría de las provincias se cultivan crucíferas como la col, coliflor, brócoli y rutabaga (*B. napus* var. *napobrassica* (L.) Rchb.), el problema se ha agudizado debido a que existen pocos insecticidas utilizados para su control como diazinon y clorpirifos (van Herk *et al.*, 2017; por otra parte, en el Reino Unido se utilizan el carbosulfan y dimetoato (Kennedy y Collier 2000); además, recientemente se han empleado spinosad y ciantraniliprol (Witkowska *et al.*, 2018; Mesmin *et al.* 2019); aunado a esto, existe la resistencia confirmada hacia clorpirifos en algunas áreas donde se cultiva rutabaga en Canadá (Blackshaw *et al.*, 2012), sin pasar por alto las altas concentraciones de residuos de plaguicidas en los mantos acuíferos (Joseph y Zarate, 2015) y finalmente las restricciones que se están gestionando en algunos países de Europa para proteger el ambiente y la salud humana representa un reto más para los productores de crucíferas y es

que algunos productos han sido afectados por las nuevas legislaciones, sobre todo los que tienen pequeños mercados como las ensaladas que no se justifica el costo de renovar un registro (Collier et al. 2020); al respecto, el clorfenvifos que se usaba para el control de este insecto, ha sido prohibido en todos los países de la Unión Europea desde diciembre de 2007 (Ferry *et al.*, 2009). También se sabe que *D. radicum* desarrolló resistencia en el pasado a los insecticidas organoclorados (McDonald et al, 1975; MacEwen et al. 1967; Morris, 1963).

Las larvas de moscas que se alimentan de la raíz por si mismas son difíciles de controlar por sus hábitos ya que se encuentran en el suelo o dentro del tejido de la planta y los insecticidas asperjados difícilmente penetran y alcanzan su objetivo.

En México, el 67.7% del total de divisas por las ventas al exterior de productos agroalimentarios corresponden a 20 productos con mayor valor comercial, entre los cuales se encuentra el brócoli, que se cultiva principalmente en Guanajuato (24 885.61 ha), Puebla (2 772.22 ha) y Michoacán (2 224.70 ha); así mismo, es importante mencionar que México es considerado el quinto productor mundial de brócoli y coliflor (SIAP, 2018). En las principales regiones productoras de crucíferas, las plagas de importancia económica son la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella* L.), el gusano falso medidor (*Trichoplusia ni* Hübner), el gusano del corazón de la col (*Copitarsia decolora* Guenée), así como el pulgón de la col (*Brevicoryne brassicae* L.). La presencia de varios de los estados biológicos de estas plagas, así como sus excreciones, son contaminantes que afectan la calidad o sanidad de los productos. Además, existen otras plagas secundarias, que si no se manejan adecuadamente, pueden tener impacto negativo en el rendimiento y en la calidad de la cosecha (Barrios-Díaz *et al.*, 2004; Suárez-Vargas *et al.*, 2006; Santoyo y Martínez 2011; Bujanos *et al.*, 2013a; Bujanos *et al.*, 2013b).

En los últimos años, en distintas regiones del país se han presentados brotes importantes de gusanos de la raíz (*Delia* spp.) en cultivos de crucíferas; sin embargo, la información que existe sobre la identidad de estos insectos no está suficientemente respaldada y solo se ha hecho a nivel de género. Al respecto, existen reportes del estado de Guanajuato en donde se mencionan moscas del género *Hylemia* (= *Delia*) asociadas con maíz y frijol, así como crucíferas (Marín, 2001). En la región de Acatzingo, Puebla, en el ciclo primavera-verano del año 2000, se detectó a esta plaga en el cultivo de col y se identificó como *Hylemya* sp. (= *Delia*) (Barrios-Díaz *et al.*, 2004).

En virtud de que el manejo integrado de cualquier plaga exige un diagnóstico confiable y dada la importancia económica, la dificultad para la identificación de este grupo de insectos, así como la escasa investigación realizada a la fecha en el país, se establecieron como objetivos hacer la identificación de las especies de *Delia* asociadas con los cultivos de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), col (*B. oleracea* L. var. *capitata*) y coliflor (*B. oleracea* L. var. *botrytis*) principalmente; así mismo, determinar su rango de hospedantes y los tipos de daños que ocasionan las larvas.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Las colectas para identificar las especies de *Delia* en crucíferas cultivadas y silvestres, se realizaron de junio 2017 a diciembre de 2018, en los estados de Guanajuato, Puebla y Estado de México. Los cultivos incluidos en las colectas fueron brócoli, col y coliflor; así como, nabo, rábano y malezas, como rábano silvestre, nabo de campo, mostacilla, bolsa de pastor y lentejilla, todas pertenecientes a la familia brassicaceae. En el caso de las crucíferas cultivadas, en cada predio se seleccionaron entre 10 y 15 plantas con síntomas de marchitamiento, plantas contiguas con menos desarrollo y algunas con apariencia sana. Para el caso de crucíferas silvestres, las plantas se seleccionaron al azar dentro y en los márgenes externos del cultivo comercial, éstas generalmente no presentaban síntomas de marchitamiento por lo que el tamaño de muestra varió de 5 a 20 plantas, dependiendo de su abundancia dentro del cultivo, como consecuencia del control de la maleza. Las plantas observadas en las que se detectó la presencia de larvas de *Delia* se extrajeron completamente junto con el suelo adherido a las raíces. Posteriormente, todas las plantas colectadas en un mismo predio, se conservaron en recipientes de plástico de 2 a 3 L de capacidad; las muestras se etiquetaron por localidad, fecha y especie de hospedante. El material se trasladó al Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, para su confinamiento. Las muestras se mantuvieron en una cámara de cría con una temperatura de $26 \pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $60 \pm 20\%$ y un fotoperiodo de 12:12 (luz: oscuridad) hasta la emergencia de los adultos. Los adultos emergidos se separaron por sexo y por morfotipos para cada muestra. Se utilizaron como referencia las claves e ilustraciones de Darvas y Szapannos (2003) y Savage *et al.* (2016) para diferenciar sexos y separar especies tomando en cuenta la distancia entre los ojos (machos holópticos, hembras dicópticas) y la quetotaxia del fémur posterior.

Identificación de especies

La identificación taxonómica de los especímenes (incluyendo los caracteres de la genitalia del macho) se realizó en el Laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Las imágenes se tomaron con un Photomicroscope III Carl Zeiss® (Carl Zeiss, Alemania). Para confirmar la identidad de las especies colectadas se utilizaron códigos de barras de ADN (Hebert *et al.*, 2003). Se extrajo y amplificó el ADN del gen mitocondrial de la citocromo C oxidasa subunidad I (COI) (Folmer *et al.*, 1994) para 25 especímenes adultos (19 machos y 6 hembras). Las secuencias de este material pueden ser consultadas en Barcode of Life Data System (BOLD) (www.barcodinglife.org) en la base de datos pública: Delia of Mexico (dx.doi.org/10.5883/DS-DOMEX). Las secuencias de al menos 550 pares de bases fueron agrupadas utilizando el alineador BOLD. Las distancias intraespecíficas e interespecíficas fueron calculadas en BOLD utilizando el modelo de distancia Kimura 2 parámetros (K2P) (Kimura, 1980).

Las especies están depositadas en la Colección Entomológica del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria de la Dirección General de Sanidad Vegetal, SENASICA en Tecámac Estado de México; de igual manera, se proporcionaron ejemplares adultos y larvas para la Colección Entomológica del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo; finalmente, los especímenes utilizados para la identificación molecular se encuentran en la colección de insectos de la en Bishop's University, Quebec, Canadá.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los especímenes de los gusanos de la raíz fueron identificados como *Delia planipalpis* Stein y *Delia platura* Meigen (Figura 1.1); para lo cual se tomó como principal referencia la genitalia

del macho, herramienta fundamental en la identificación de especies de la familia Anthomyiidae (Darvas y Szappanos, 2003). Las genitalias de los machos de *D. planipalpis* y *D. platura* extraídas concuerdan con las ilustradas por Darvas y Szappanos (2003), Wang *et al.*, (2014) y Savage *et al.*, (2016). Existen diferencias morfológicas útiles para separar estas dos especies, Al respecto; la terminalia de *D. planipalpis* en vista frontal, el cercus es corto, en forma acorazonada y con setas arregladas en forma radial que no se extienden más allá de la punta del surstylus, los brazos de éste son más delgados en su parte basal y apical que la parte media; las setas del epandrio son cortas y escasas. En contraste, el cercus de *D. platura* es de forma oval alargada con numerosas setas dirigida hacia el frente y hacia arriba; en longitud, estas pueden alcanzar la punta o ir más allá de la punta de los brazos del surstylus, y se extiende aproximadamente hasta la mitad de éste en medio de los brazos, los cuales tienden a ser más angostos en su parte apical, además de tener setas cortas en sus márgenes laterales. En lo que se refiere al V esternito, difieren porque *D. planipalpis* no presenta el par de setas que *D. platura* tiene en la parte apical de cada uno de los brazos (Figura 1.2).

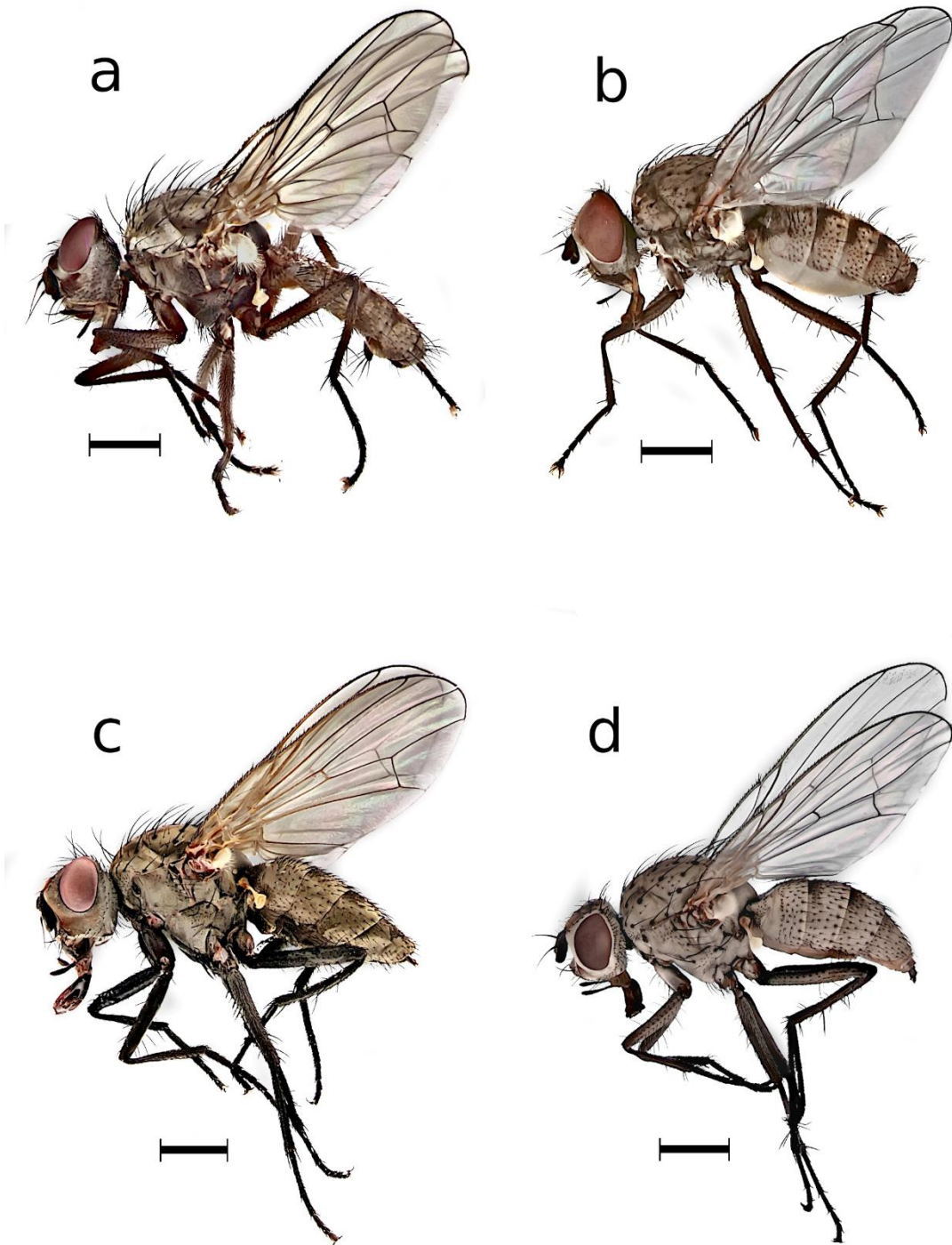


Figura 1.1. a) Macho de *Delia planipalpis*; b) Macho de *Delia platura*; c) Hembra de *Delia planipalpis* y d) Hembra de *Delia platura*. Escala = 1 mm. Imágenes tomadas por el M. C. Jorge Valdez Carrasco.

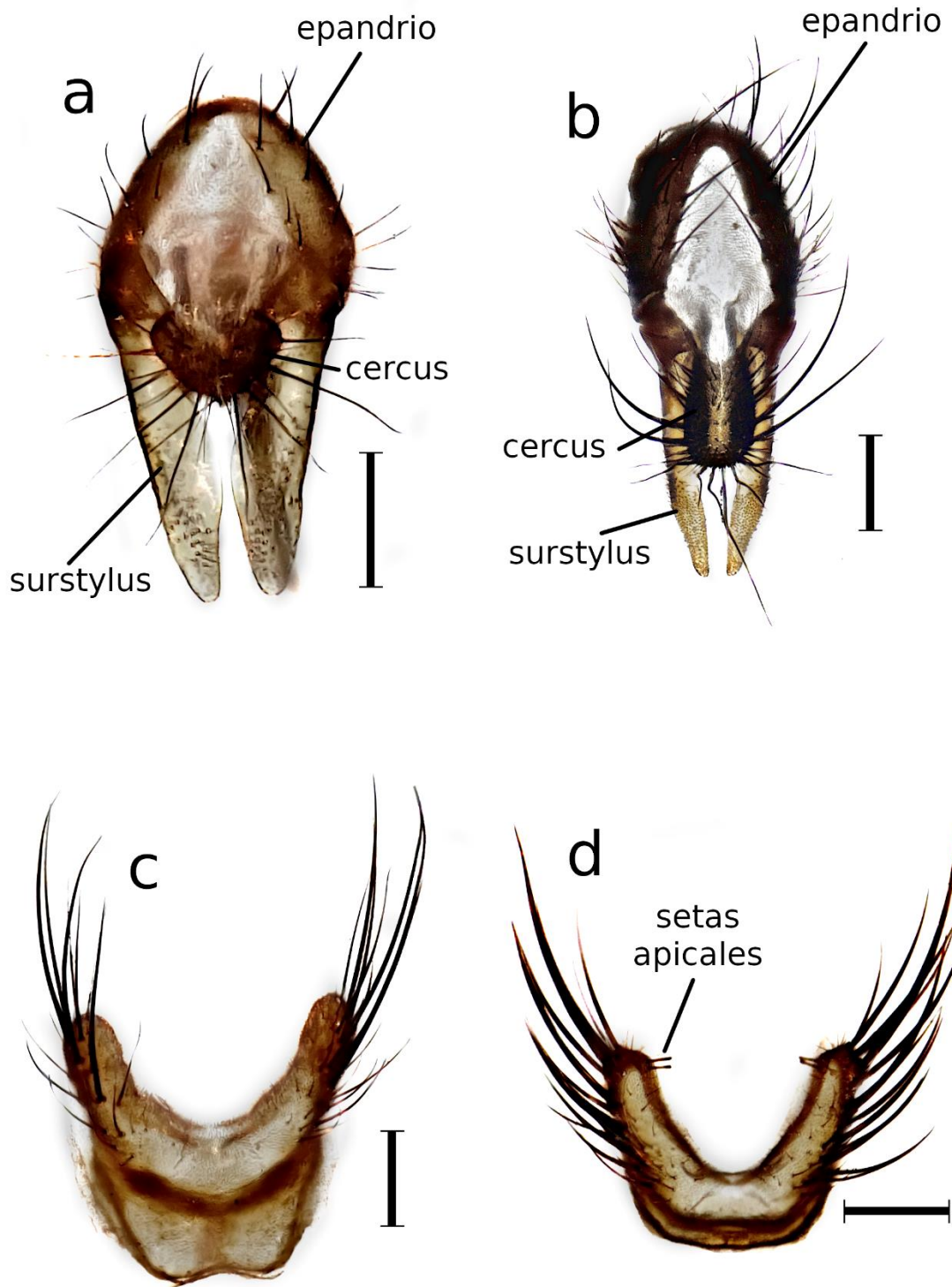


Figura 1.2. Genitalia de los machos. Terminalia de *D. planipalpis* (a) y de *D. platura* (b); V esternito abdominal de *D. planipalpis* (c) y de *D. platura* (d). Escala= 200 nm. Imágenes tomadas por el M. C. Jorge Valdez Carrasco.

Los resultados de los códigos de barras de ADN fueron congruentes con la morfología y además indicaron que todos los especímenes secuenciados para *D. platura* pertenecen a BOLD: AAA3453, uno de los dos diferentes números de índice de código de barras (BIN) para esta especie (Savage et al., 2016) y encontrado casi exclusivamente en el Nuevo Mundo. El material de cada especie formó un clúster compacto en el árbol filogenético (Figura 1.3), cada uno pertenece a diferente número de índice de código de barras (Ratnasingham y Hebert, 2013). La máxima distancia interespecífica fue 10.49% y la máxima distancia intraespecífica fue 0.34% para *D. planipalpis* y 0% para *D. platura*.

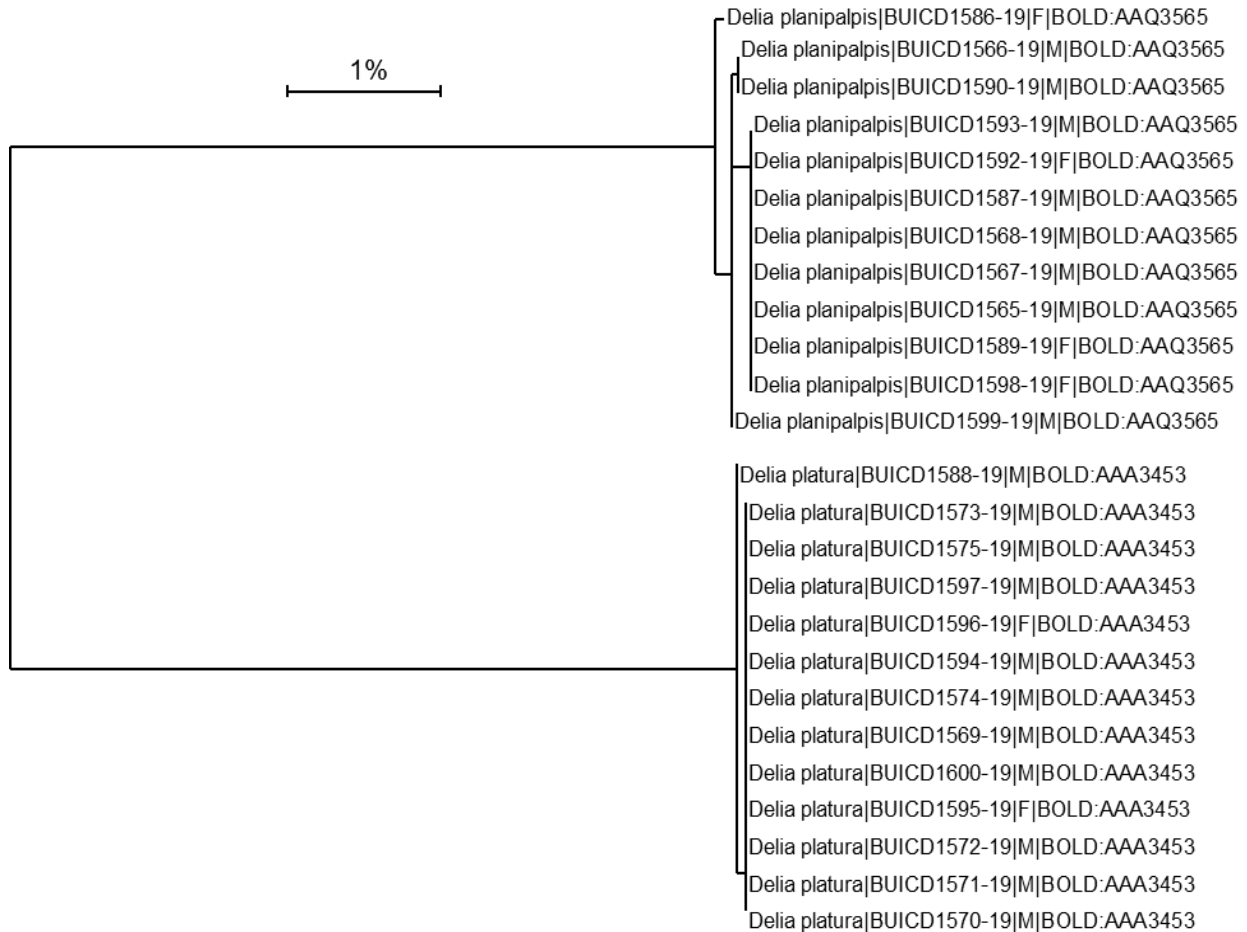


Figura 1.3. Árbol filogenético (basado en el modelo de distancia K2P) para 25 secuencias de COI (mínimo 550 bp, 0 bp ambiguas) de especímenes de *Delia*. La línea incluye el nombre de la especie, Identificación de muestra por BOLD, Sexo, y Número de Índice de Código de barras (BIN).

Este es el primer reporte en México de identificación a nivel de especie en cultivos comerciales de crucíferas y hospedantes silvestres, sustentado con imágenes de la genitalia de machos adultos y corroborado con técnicas moleculares; sin embargo, existen otras características morfológicas externas que son muy útiles para realizar un diagnóstico preliminar, como es el caso del arreglo de las setas a lo largo de los fémures posteriores de los machos y hembras (Savage *et al.*, 2016) y quetotaxia en general; no obstante, la identificación basada solo en la quetotaxia, generalmente no ha resultado suficiente y además de causar confusiones en la literatura, existen muchos registros que son cuestionables (Darvas y Szappanos, 2003). En el caso de las dos especies aquí identificadas, es posible separarlas entre ellas ya que todos sus estados biológicos presentan diferencias morfológicas; no así con otras especies en donde los estados inmaduros son morfológicamente iguales; por ejemplo, en algunas regiones se puede confundir *D. planipalpis* con *D. radicum* y *D. platura* con *D. florilega* (Savage *et al.*, 2016), es por ello que se puede omitir la presencia de una especie por identificaciones erróneas. En general, la familia Anthomyiidae se considera un grupo de insectos taxonómicamente complicado si se le suma que los caracteres para diferenciar los géneros y especies no siempre son constantes (Colyer y Hammond, 1968).

Por lo anterior, resulta comprensible que a la fecha, en el territorio nacional se haya hecho escasa o nula investigación con este grupo de insectos, ya que incluso la plaga más común de *Delia* resulta difícil de identificar sin un adecuado entrenamiento; además, este reto llega a ser mayor cuando se trata con hembras o especímenes inmaduros que parecen carecer de características para diagnosticarlos (Savage *et al.*, 2016); en el caso de las hembras, la mayoría de éstas no pueden ser identificadas sin una clave apropiada para especies (Darvas y Szappanos, 2003). Finalmente, son pocas las personas que trabajan con este tipo de plagas, lo que resulta en

colecciones nacionales con vagas identificaciones y escasos especímenes bien conservados que podrían ser de gran utilidad para conocer su distribución geográfica y sus hospedantes, entre otros.

Ambas especies, *D. planipalpis* y *D. platura* emergieron tanto de hospedantes cultivados (Cuadro 1) como de hospedantes silvestres (Cuadro 2); así mismo, es importante notar que del total de muestras colectadas, la cantidad de adultos emergidos de *D. planipalpis* fue mayor que *D. platura* en 85 y 79%, respectivamente. Lo anterior, coincide con lo reportado por Savage *et al.*, (2016), quienes mencionan que *D. platura* generalmente se encuentra en infestaciones mezcladas con otras especies de *Delia* y en números pequeños (Brooks, 1951); por ejemplo, en semillas de frijol en Canadá, está asociada con la mosca de la semilla del frijol *Delia florilega* Zetterstedt; también se han reportado infestaciones conjuntas de *D. platura/D. antiqua* (Finlayson, 1956) y *D. platura/D. florilega* (Savage *et al.*, 2016) en el cultivo de cebolla. Por otra parte, Finch (1989) mencionó que *D. platura* no es una especie primaria y que solo invade las semillas cuando la cubierta de estas ha sido infestada con patógenos antes de que las semillas germinen.

Cuadro 1.1. Número de adultos emergidos de *D. planipalpis* y *D. platura* en crucíferas cultivadas.

| Sitio de colecta | Cultivo | <i>Delia planipalpis</i> | | | <i>Delia platura</i> | | | Fecha de colecta |
|---|----------|--------------------------|----|-------|----------------------|----|-------|------------------|
| | | ♀♀ | ♂♂ | Total | ♀♀ | ♂♂ | Total | |
| San Felipe Tenextepec, Tepeaca, Puebla 19° 01' 39.80" N y 97° 52' 12.28" O | Coliflor | 3 | 5 | 8 | 2 | 1 | 3 | 31/05/17 |
| | Brócoli | 1 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 25/08/17 |
| | Brócoli | 16 | 12 | 28 | 0 | 0 | 0 | |
| | Nabo | 15 | 9 | 24 | 1 | 0 | 1 | |
| | Brócoli | 4 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | |
| San Mateo Parra, Tepeaca, Puebla 18° 59' 35.98" N y 97° 51' 43.20" O | Brócoli | 2 | 2 | 4 | 1 | 0 | 1 | 12/07/17 |
| Guadalupe Calderón, Tepeaca, Puebla 18° 57' 27.35" N y 97° 50' 43.51" O | Coliflor | 0 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | 12/07/17 |
| Acatzingo, Puebla 18° 58' 30.72" N y 97° 47' 53.55" O | Col | 2 | 4 | 6 | 3 | 0 | 3 | 12/07/17 |
| | | 25 | 17 | 42 | 11 | 15 | 26 | 18/10/17 |
| | | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 | 6 | 13/04/18 |
| Montecillo, Texcoco, Estado de México 19° 28' 10" N y 98° 54' 00.81" O | Rábano | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 27/04/18 |
| | Rábano | 4 | 2 | 6 | 3 | 1 | 4 | 11/05/18 |
| | Rábano | 5 | 3 | 8 | 3 | 2 | 5 | 19/05/18 |
| Dolores Hidalgo, Guanajuato 21° 09' 52" N y 100° 57' 18" O | Brócoli | 4 | 3 | 7 | 1 | 0 | 1 | 08/05/18 |
| San Luis de la Paz Guanajuato 21° 19' 23" N y 100° 33' 22" O | Brócoli | 6 | 4 | 10 | 2 | 1 | 3 | 06/04/18 |

Cuadro 1.2. Número de adultos emergidos de *D. planipalpis* y *D. platyura* de crucíferas silvestres.

| Sitio de colecta | Hospedante | <i>Delia planipalpis</i> | | | <i>Delia platyura</i> | | | Fecha de colecta | |
|---|---|--------------------------|----|-------|-----------------------|----|-------|------------------|----------|
| | | ♀♀ | ♂♂ | Total | ♀♀ | ♂♂ | Total | | |
| Acatzingo, Puebla 18° 58' 30.72" N y 97° 47' 53.55" O | <i>R. raphanistrum</i> | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 12/07/18 | |
| | <i>S. irio</i> | 3 | 1 | 4 | 0 | 1 | 1 | 12/07/18 | |
| San Felipe Tenex-tepec, Puebla 19° 01' 39.80" N y 97° 52' 12.28" O | <i>R. raphanistrum</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 12/07/18 | |
| | <i>R. raphanistrum</i> | 3 | 1 | 4 | 11 | 8 | 19 | 26/03/18 | |
| | <i>C. bursa-pastoris</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26/03/18 | |
| | <i>S. irio</i> | 5 | 3 | 8 | 1 | 3 | 4 | 29/03/18 | |
| | <i>B. campestris</i> | 7 | 2 | 9 | 0 | 0 | 0 | 29/03/18 | |
| | <i>R. raphanistrum</i> | 3 | 5 | 8 | 1 | 2 | 3 | 01/04/18 | |
| | <i>L. virginicum</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 01/04/18 | |
| | <i>B. campestris</i> | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 03/04/18 | |
| | Montecillo, Texcoco, Estado de México 19° 28' 10" N y 98° 54' 00.81" O | <i>S. irio</i> | 2 | 5 | 7 | 0 | 0 | 0 | 11/04/18 |
| | | <i>R. raphanistrum</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 16/04/18 |
| | | <i>B. campestris</i> | 17 | 10 | 27 | 2 | 1 | 3 | 27/04/18 |
| | | <i>S. irio</i> | 1 | 2 | 3 | 2 | 0 | 2 | 06/05/18 |
| | | <i>S. irio</i> | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 06/05/18 |
| | | <i>R. raphanistrum</i> | 6 | 7 | 13 | 0 | 0 | 0 | 20-10-18 |
| | | <i>C. bursa-pastoris</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20-10-18 |
| <i>L. virginicum</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20-10-18 | |

Daños

Las hembras de *Delia* spp., ovipositan en la base del tallo de la planta y en el suelo cercano a ésta; una vez emergida la larva, se alimenta del tejido externo del tallo y se introduce en él o en las hojas basales. El nivel de daño que ocasionan las larvas de *Delia* spp., está en función de la edad de la planta, ya que entre los 10 a 30 días después del trasplante, las plantas dañadas presentan síntomas parecidos a los que ocasiona la falta de agua (Figura 1.4 a y b). Las larvas de *Delia* spp., en los cultivos de *B. oleracea* (var. *italica*, *capitata* y *botrytis*), generalmente se

encuentran en la base de la planta alimentándose de la corona de la raíz, por lo que al dañar el tallo principal y en consecuencia el sistema radicular, la planta muere o retrasa su crecimiento notablemente. Además, se pueden ver galerías en el tallo principal por el efecto de su alimentación, así como los orificios de salida de las larvas de tercer instar que salen para pupar en el suelo (Figura 1.4 c y d). Las pupas se pueden observar en el sitio donde se extrae la planta atacada (Figura 1.4 f) y en el sustrato adherido a las raíces de ésta. En plantas que son atacadas después de los 30 días del trasplante, se observa que éstas pueden tolerar el daño ocasionado por la alimentación de las larvas, lo cual en cierta forma está relacionado con plantas vigorosas ya que de acuerdo con Wheatley y Finch (1984), los cultivos que crecen vigorosamente, pueden soportar grandes poblaciones sin mostrar síntomas del ataque; sin embargo, dichas plantas serán de menor tamaño con la consecuente reducción de la calidad del producto final; esto ocurre cuando las larvas de *Delia* spp. se alimentan de manera superficial de los tejidos externos del tallo principal de la planta (Figura 1.4 e) y penetran las hojas basales las cuales se observan amarillentas tornándose marchitas (Figura 1.4 b).

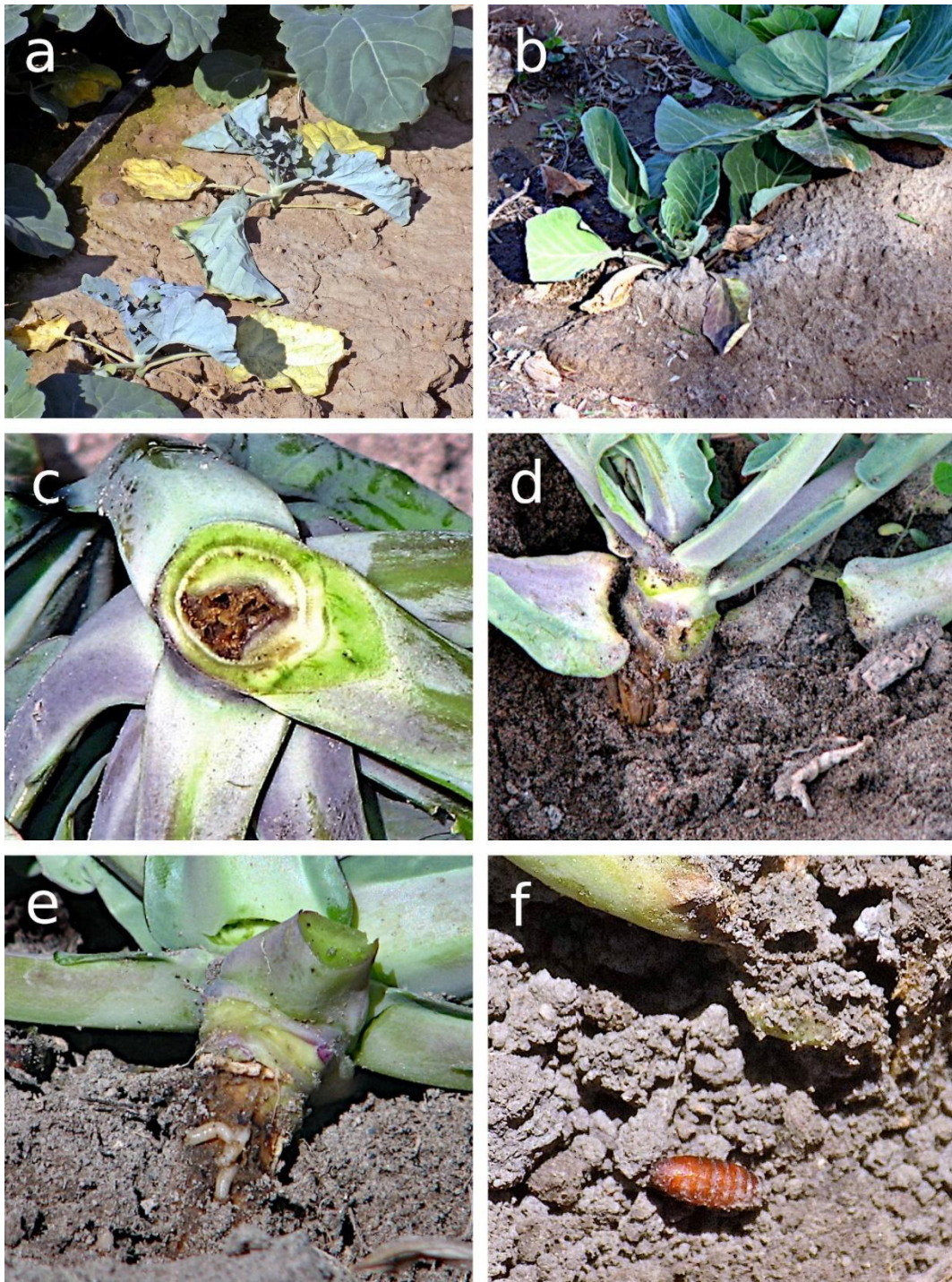


Figura 1.4. Daños causados por el ataque de *D. planipalpis* y *D. platura*. a) Plantas de brócoli dañadas por larvas *Delia* spp.; b) Planta de col con las hojas basales amarillentas y marchitas; c) Tallo principal con galerías en una planta de col; d) Planta de col con orificios de salida de las larvas; e) Larvas de *Delia* spp. alimentándose superficialmente del tallo en una planta de col; f) Pupario de *Delia* spp. en el sitio de extracción de la planta.

En una plantación de brócoli cercana a la cosecha, se observaron larvas de tercer instar de *D. planipalpis* en la base de las hojas del estrato superior de la planta muy cerca del florete, lo cual, en condiciones de alta humedad relativa, provocó la entrada de otros insectos y organismos saprófagos; en consecuencia, la pérdida de la inflorescencia.

Otro tipo de daño causado en rábano y nabo, es la formación de galerías en la parte comestible; es común que los daños en estos hospedantes inicien en el cogollo de la planta y aunque generalmente no causa la muerte de la planta, los daños ocasionados a la parte comestible de estos cultivos, provocan que el producto obtenido no sea comercializable. La muerte de la planta en rábano ocurre cuando las infestaciones son fuertes o las plantas aún son pequeñas.

Durante los recorridos de campo, se pudo constatar la presencia de adultos de *D. planipalpis* y *D. platura* en las orillas de los cultivos referidos; sin embargo, esto no es un indicativo de que haya larvas ocasionando daños al cultivo, lo cual coincide con Savage *et al.* (2016), quienes mencionan que algunas especies de *Delia* pueden ser muy abundantes como adultos, pero que raramente están involucradas en los daños en el cultivo. Incluso, en cultivos de col próximos a la cosecha, se observaron adultos en la periferia del cultivo, los cuales probablemente provenían de cultivos de crucíferas aledaños y de crucíferas silvestres de la región. Estas observaciones coinciden con lo observado por Hawkes (1972), quien señala que los adultos de *Erioischia brassicae* (Bouché) (= *Delia radicum* L.) una vez que localizan el cultivo, permanecen en las orillas durante la mañana y por la tarde se mueven dentro del cultivo para ovipositar y finalmente regresan a las orillas del cultivo al atardecer.

1.6 CONCLUSIONES

Se identificaron dos especies de gusanos de la raíz, *Delia planipalpis* y *Delia platura*, las cuales se encontraron asociadas con los cultivos de brócoli, col y coliflor; así mismo, con rábano y nabo. El nivel de daño que causan las larvas de *Delia* spp. depende básicamente de la edad de la planta y tipo de cultivo. Por ejemplo, en *B. oleracea* pueden causar desde la muerte de la plántula, hasta un retraso en su crecimiento, con la consecuente producción de inflorescencias de calidades inferiores. En el caso de *R. sativus* y *B. napus*, inhabilita la comercialización del producto por los daños causados a la parte comestible.

Las larvas de *D. planipalpis* y *D. platura*, generalmente se encuentran alimentando en la misma planta y pupan en el suelo cerca de la raíz de la planta o en el mismo sustrato de germinación, que aún permanece adherido a las raíces de ésta.

En las crucíferas silvestres *R. raphanistrum*, *B. campestris* y *S. irio* que sirven como hospedantes alternos, también es común encontrar a ambas especies alimentándose en la misma planta; sin embargo, no causan la muerte de la planta atacada, aún en etapa de plántula.

Con base en las observaciones de campo y la revisión de literatura; es factible suponer que *D. planipalpis* es la especie que invade primero a la planta sana; posteriormente, conforme avanzan los daños causados por la alimentación de las larvas; es posible que los adultos de *D. platura*, sean atraídos por los volátiles que desprende la planta dañada. Finalmente, es conveniente realizar estudios sobre los posibles compuestos volátiles emitidos durante la descomposición de los tejidos de la planta por efecto de la alimentación de las larvas de *D. planipalpis* con el objeto de determinar el momento en que *D. platura* invade a la misma planta.

1.7 LITERATURA CITADA

Ackland, D. M., and D. Werner. 2006. Description of a new species of *Alliopsis* Schnabl & Dziedzicki (Diptera, Anthomyiidae) from Armenia and Georgia that is predaceous on black fly larvae (Diptera, Simuliidae). *Zool. Middle East* 39: 81-88.

Barrios-Díaz, B. R., Alatorre R., N. Bautista M., H. G. Calyecac C. 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var *Capitata*) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. *Agrociencia* 38:239-248.

Blackshaw, R. P., R. S. Vernon, and R. Prasad. 2012. Reduction of *Delia radicum* attack in field brassicas using a vertical barrier. *Entomol. Exp. Appl.* 144: 145–156.

Brooks, A. R. 1951. Identification of the root maggots (Diptera: Anthomyiidae) attacking cruciferous garden crops in Canada, with notes on biology and control. *Can. Entomol.* 83:109-120.

Bujanos M., R., A. Marín J., L. F. Díaz E. y R. Herrera V. 2013a. 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., P. M. Ávila., R. Herrera V., J. R. A. Dorantes G. y F. P. Gámez V. 2013b. 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.

Brühl, C. A.; and J. G. Zaller. 2019. Biodiversity decline as a consequence of an inappropriate environmental risk assessment of pesticides. *Front. Environ. Sci.* 7: 27. Srivastava, A.K.;

Colyer, C. N., and O. Hammond C. 1968. Flies of the British Isles. London/New York: Warne. 383 pp.

- Darvas, B., and A. Szappanos. 2003.** Male and female morphology of some central European *Delia* (Anthomyiidae) pests. *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.* 49: 87-101.
- Ding, S., X. Li, N. Wang, S. L. Cameron, M. Mao, Y. Wang, Y. Xi, D. Yang. 2015.** The phylogeny and evolutionary timescale of Muscoidea (Diptera: Brachycera: Calypttratae) inferred from mitochondrial genomes. *PLoS ONE* 10 (7): e0134170. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134170>
- Dixon, P., L. Cass, C. Vincent, and O. Olfert. 2014.** Implementation and adoption of integrated pest management in Canada: *Insects*, 221–252.
- Finch, S. 1989.** Ecological considerations in the management of *Delia* pest species in vegetable crops. *Annu. Rev. Entomol.* 34:117-37.
- Finlayson, D. G. 1956.** Maggots and puparia in stems and seed balls of onions at harvest. *J. Econ. Entomol.* 49: 460–462.
- Folmer, O., M. Black, W. Hoeh, R. Lutz, and R. Vrijenhoek. 1994.** DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome C oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol. Mar. Biol. Biotechnol.* 3: 294–299.
- Griffiths, G. C. D. 1991a.** Flies of the nearctic region. Anthomyiidae. *Flies of the Nearctic Region* (ed. by G. C. D. Griffiths), Vol. VIII, Part 2, No. 7, pp. 969–984. E. Schweizerbart'sche-Verlagsbuchhandlung, Germany.
- Gilbert, F., and M. Jervis. 1998.** Functional, evolutionary and ecological aspects of feeding-related mouthpart specializations in parasitoid flies. *Biol. J. Linnean Soc.* 63: 495–535.
- Hawkes, C. 1972.** The diurnal periodicity and cycle of behaviour of the adult cabbage root fly (*Erioischia brassicae*). *Ann. App. Biol.* 70: 109-118.

Hebert, P. D., A. Cywinska, S. L. Ball, and J. R. deWaard. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proc Biol Sci.* 270: 313–321.

Hennig, W. 1976. Anthomyiidae 63a. Die Fliegen der Paäarktischen Region BD. (ed. by E. Lindner), pp. 956–957. E. Schweizerbart'sche-Verlagsbuchhandlung, Germany.

Hill, D. S. 1987. Agricultural insect pests of temperate regions and their control. Cambridge University Press.

Howard, R. J. A. Garland, and W. L. Seaman. 1994. Disease and Pests of vegetable Crops in Canada. An Illustrated compendium. The Canadian Phytopathological Society and The Entomological Society of Canada, Ottawa, Canada. 1021 pp.

Huckett, H. C. 1965. The Muscidae of Northern Canada, Alaska, and Greenland (Diptera). *Memoirs of the Entomological Society of Canada.* 369 p.

Huckett, H. C. 1987. Anthomyiidae. In: *Manual of Nearctic Diptera Vol. 2.* Coordinated by J. F. McAlpine (Editor), B. V. Peterson, G. E. Shewell, H. J. Teskey, J. R. and Vockeroth, D. M. Wood. Biosystematics Research Centre (formerly Institute). Ottawa, Ontario. Research Branch Agriculture Canada. Monograph No. 28. pp. 1099-1114.

Joseph, S. V., and J. Zarate. 2015. Comparing efficacy of insecticides against cabbage maggot (Diptera: Anthomyiidae) in the laboratory. *Crop Prot.* 77: 148-156.

Kelleher, J. S. 1958. Life-history and ecology of *Hylemya planipalpis* (Stein) (Diptera: Anthomyiidae), a root maggot attacking radish in Manitoba. *Can. Entomol.* 90: 675–680.

Kennedy, R., and Collier R. 2000. Pests and diseases of field vegetables. *Pest and Disease Management Handbook.* David V. Alford (ed). British Crop Protection Council by Blackwell Science. Pp. 185-257.

Kesavachandran, C. 2019. *Health Effects of Pesticides;* CRC Press: London, UK.

Kimura, M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J. Mol. Evol.* 16: 111-120.

Kutty, S. N., K. Meusemann, K. M. Baylesse, M. A. T. Marinho, A. C. Pont, X Zhou, B. Misof, B. M. Wiegmann, D. Yeates, P. Cerretti, R. Meier, T. Pape. 2019. Phylogenomic analysis of Calyptratae: resolving the phylogenetic relationships within a major radiation of Diptera. *Cladistics* 35: 605–622. <https://doi.org/10.1111/cla.12375>

Macharia, M., and J. M. Mueke. 1986. Resistance of barley varieties to barley fly *Delia flavibasis* Stein (Diptera: Anthomyiidae). *Insect. Sci. Appl.* 7:75–77.

Marín, J. A. 2001. Insectos plagas de maíz. Guía para su identificación. SAGARPA. INIFAP. Campo experimental Bajío. Folleto técnico No. 1. Celaya, Guanajuato, México. 29 p.

Mesmin, X., M. Vincent, Y. Tricault, V. Estorgues, L. Daniel, A. M. Cortesero, V. Faloya, and Le Rale A. 2019. Assessing the relationship between pest density and plant damage: a case study with the belowground herbivore *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) on broccoli. *Applied Entomology and Zoology* 54:155–165. <https://doi.org/10.1007/s13355-019-00607-3>

Michelsen, V. 2014. Checklist of the family Anthomyiidae (Diptera) of Finland. *ZooKeys* 441: 369–382.

Ratnasingham, S., and P. D. N. Hebert. 2013. A DNA-based registry for all animal species: the Barcode Index Number (BIN) System. *PLoS ONE* 8: e66213

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.

Savage, J. A. M. Fortier, F. Fournier, and V. Bellavance. 2016. Identification of *Delia* pest species (Diptera: Anthomyiidae) in cultivated crucifers and other vegetable crops in Canada. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 29: 1-40.

SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (SIAP). <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.

Suárez-Vargas, A. D., N. Bautista-Martínez, J.- Valdez-Carrasco, A. Angulo-Ormeño, R. Alatorre-Rosas, J. Vera-Graziano, A. Equihua-Martínez y V. M. Pinto. 2006. Fluctuación poblacional de *Copitarsia decolora* (Gueéne) y su asociación con crucíferas comerciales. *Agrociencia*. 40: 501-509.

Turgeon, J. J., and J. D. Sweeney. 1993. Hosts and distribution of spruce cone maggots (*Strobilomyia* spp.) (Diptera: Anthomyiidae) and first record of *Strobiomyia appalachensis* Michelsen in Canada. *Can. Entomol.* 125: 637-642.

Suwa, M. 1974. Anthomyiidae of Japan (Diptera). *Insecta Matsumurana*, 4: 1–247.

Van Herk, W. G., R. S. Vernon, D. R. Waterer, J. H. Tolman, P. J. Lafontaine, and R. P. Prasad. 2017. Field Evaluation of Insecticides for Control of Cabbage Maggot (Diptera: Anthomyiidae) in Rutabaga in Canada. *J. Econ. Entomol.* 110: 177–185.

Wang, Q. K., Y. Z. Yang, M. Q. Liu, and D. Zhang. 2014. Fine Structure of *Delia platura* (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae) Revealed by Scanning Electron Microscopy. *Microsc. Res. Tech.* 77: 619-630.

Witkowska, E., R. Edwin, M. A. Jukes, M. S. Elliott, and R. H. Collier. 2018. Implementing Integrated Pest Management in commercial crops of radish (*Raphanus sativus*). *Crop Protection*, 114:148–154.

Wheatley, G. A., and S. Finch. 1984. Effects of oilseed rape on the status of insect pests of vegetable brassicas. *Proc. Hr. Crop Prot. Conf.* 2:807-14.

CAPÍTULO II. CRÍA Y REPRODUCCIÓN DE *Delia planipalpis* (STEIN) y *Delia platura* (MEIGEN) (DIPTERA: ANTHOMYIIDAE) E IDENTIFICACIÓN DE SUS ENEMIGOS NATURALES EN MÉXICO

2.1 RESUMEN

El control de los gusanos de la raíz está basado principalmente en el uso de insecticidas, lo cual ha agudizado el control de especies del género *Delia*; influye el bajo número de insecticidas autorizados, el desarrollo de poblaciones resistentes y las nuevas legislaciones ante la demanda de productos libres de residuos de insecticidas, cuidado de la salud humana y del ambiente, entre otros. La búsqueda de enemigos naturales resulta fundamental, con el objeto de conocer la diversidad de los agentes de control natural de *D. planipalpis* y *D. platura*; una vez identificados y evaluar sus atributos, analizar la factibilidad de ser contemplados en algún esquema de control biológico.

La colecta de plantas infestadas por *Delia* spp., se realizó en los estados del Estado de México, y ocasionalmente Puebla, durante los meses de marzo de 2018 a agosto de 2020, en plantas de crucíferas cultivadas (*Brassica oleracea* var *italica*; *Raphanus sativus*) y silvestres (*Brassica campestris*; *Sisymbrium irio*; *Raphanus raphanistrum*). Las plantas infestadas por *Delia* spp., se trasladaron al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y el material procesado se incubó en una cámara de cría a 26 ± 2 °C, humedad relativa de 60 ± 20 % y fotoperiodo 12:12, (luz: oscuridad). Una vez obtenidos los adultos de los parasitoides, se identificaron mediante claves dicotómicas y con la ayuda de especialistas en los respectivos grupos de insectos y hongos entomopatógenos. Las especies identificadas que emergieron de puparios de *D. planipalpis* fueron: *Aphaereta pallipes* (Say) (Hymenoptera: Braconidae), *Pentapria* sp. (Hymenoptera: Diapriidae), *Sphalangia endius* Walker y *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) y *Tribliographa atra* (Hartig) (Hymenoptera:

Figitidae). De igual manera, se identificó a *Trybliograpsa diaphana* (Hartig) como parasitoide de *D. platura* el cual emergió de un pupario. También se logró constatar la presencia de hongos entomopatógenos pertenecientes al orden Entomophthorales en adultos micosados en campo. Adicionalmente, se identificó a *Philontus cognatus* Stephens y *Pseudopsis* sp. (Coleoptera: Staphylinidae) y a *Labidus coecus* Latreille y *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae) asociados con las plantas infestadas por *Delia* spp. El conocimiento de la diversidad de enemigos naturales y la técnica de cría descrita para *D. planipalpis* y *D. platura* son fundamentales para iniciar los estudios básicos de biología de estas especies y desarrollar las tácticas adecuadas, para ser incorporadas en un programa de manejo integrado de plagas.

Palabras clave: Control biológico, depredadores, entomophthorales, hymenoptera, parasitoides.

2.2 ABSTRACT

The control of root maggots is based mainly on the use of insecticides, which has sharpened the control of species of the genus *Delia*; the low number of authorized insecticides, the development of resistant populations and the new laws are influenced by the demand for products free of insecticide residues, care for human health and the environment, among others. The search for natural enemies is essential, in order to know the diversity of the natural control agents of *D. planipalpis* and *D. platura*; once their attributes have been identified and evaluated, analyze the feasibility of being included in a biological control scheme.

The collection of plants infested by *Delia* spp., was carried out in the State of Mexico, and occasionally Puebla, during the months of March 2018 to August 2020, in cultivated cruciferous plants (*Brassica oleracea* var *italica*; *Raphanus sativus*) and wild (*Brassica campestris*; *Sisymbrium irio*; *Raphanus raphanistrum*). Plants infested by *Delia* spp., were transferred to the Montecillo Campus Postgraduate College and the processed material was incubated in a

rearing chamber at $26 \pm 2^\circ\text{C}$, relative humidity of $60 \pm 20\%$ and 12:12 photoperiod, (light: darkness). Once the adults of the parasitoids were obtained, they were identified using dichotomous keys and with the help of specialists in the respective groups of insects and entomopathogenic fungi. The identified species that emerged from puparia of *D. planipalpis* were: *Aphaereta pallipes* (Say) (Hymenoptera: Braconidae), *Pentapria sp.* (Hymenoptera: Diapriidae), *Sphalangia endius* Walker and *Pachycrepoides vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) and *Tribliographa atra* (Hartig) (Hymenoptera: Figitidae). In the same way, *Trybliographa diaphana* (Hartig) was identified as a parasitoid of *D. platura* which emerged from a puparium. The presence of entomopathogenic fungi belonging to the Entomophthorales order was also verified in adult mycoses in the field. Additionally, *Philontus cognatus* Stephens and *Pseudopsis sp.* (Coleoptera: Staphylinidae) and *Labidus coecus* Latreille and *Solenopsis sp.* (Hymenoptera: Formicidae) associated with plants infested by *Delia* spp. Knowledge of the diversity of natural enemies and the rearing technique described for *D. planipalpis* and *D. platura* are essential to start the basic biology studies of these species and develop the appropriate tactics, to be incorporated into an integrated management program of pests.

Key words: Biological control, insect predators, entomophthorales, hymenoptera, parasitoids.

2.3 INTRODUCCIÓN

El género *Delia* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Anthomyiidae) comprende varias especies que atacan las raíces de plantas cultivadas y silvestres; debido a sus hábitos de alimentación, son conocidos como “gusanos de la raíz” y algunas de ellas se han convertido en plagas de

importancia económica a nivel mundial; se encuentran ampliamente distribuidas en Europa, Norteamérica y algunos países de Asia (Collier *et al.*, 2020; Shuhang *et al.*, 2016).

Debido a la problemática que representan los gusanos de la raíz, en un estudio reciente Collier *et al.* (2020) analizaron el potencial de las herramientas de apoyo que existen para mejorar el manejo de estos insectos en el occidente de Europa; al respecto, citan que hay varias alternativas disponibles al uso de insecticidas como componentes de las tácticas en un programa de manejo integrado de plagas; dentro de las cuales mencionan, la técnica del insecto estéril, nematodos y hongos entomopatógenos, ácaros depredadores, barreras físicas, control cultural (rotación de cultivos, cultivos intercalados), cultivos trampa, aplicación de compuestos orgánicos volátiles y el desarrollo de un sistema de manejo usando la técnica atracción-repulsión (push & pull). Del mismo modo, estos autores mencionan que para un control inmediato, no es recomendable el uso de parasitoides como *Trybliographa rapae* (Hymenoptera: Figitidae) y el depredador-parasitoide *Aleochara bilineata* (Coleoptera: Staphilinidae), principales enemigos naturales de los gusanos de la raíz (Brooks, 1951; Finch, 1989), porque consideran que al atacar a la plaga en el estado de larva o pupa, respectivamente, esta muere hasta después de que ha causado un nivel de daño al cultivo. Por el contrario, la liberación *A. bilineata*, reproducido masivamente para controlar huevos de *D. radicum* tiene un efecto inmediato en la disminución de las poblaciones (Finch *et al.*, 1997); no obstante, es necesario conocer los niveles de población de la plaga para saber la cantidad de depredadores que se necesitan liberar.

En Canadá y en muchas partes del mundo, los insectos del suelo están entre las plagas agrícolas más serias y el desarrollo de resistencia a insecticidas ha dificultado su control. Desde finales de la década de los 60's, se ha llevado a cabo investigación sobre la factibilidad para implementar el control genético de *D. radicum* en Bélgica por medio de la técnica del insecto

estéril (Keymeulen *et al.*, 1981). El desarrollo de tácticas de control alternativo ha sido obstaculizado por la carencia de técnicas adecuadas de cría masiva; sin embargo, existen laboratorios que se ha enfocado en el desarrollo de tales técnicas y específicamente con gusanos de la raíz (Harris *et al.*, 1966). Se han desarrollado procedimientos para criar la mosca de la zanahoria, *Psila rosae* (F.) (McClanahan & Niemczyk, 1963); el gusano de la cebolla, *Delia antiqua* (Meigen) (Niemczyk, 1964) y el gusano de la col, *H. brassicae* (= *D. radicum*) (Bouché) (Harris & Svec, 1966); sin embargo, hay una especie particularmente difícil de criar, el gusano de la semilla del maíz, *D. platura* (Rondani) (Harris *et al.*, 1966).

Por lo anterior, se requiere tener suficientes individuos para realizar estudios básicos con *Delia planipalpis* y *D. platura*, en aras de conocer su potencial como plagas en el país; además de conocer su biología y comportamiento, a fin de implementar las medidas de control adecuadas para prevenir que sus poblaciones crezcan en niveles que causen pérdidas económicas en la producción de hortalizas.

En México se conoce la existencia de *Delia* (= *Hylemya*) atacando cultivos de crucíferas desde hace varios años (Marín, 2001; Barrios-Díaz *et al.*, 2004); sin embargo, aún prevalecía la incertidumbre sobre la identidad de la especie. En el capítulo I del presente trabajo se identificó a *D. planipalpis* y *D. platura* asociadas con cultivos comerciales (*Brassica oleracea* var *italica*, botritis y capitata, *Raphanus sativus* y *B. napus*) y crucíferas silvestres (*Sisymbrium irio*, *Raphanus raphanistrum* y *Brassica campestris*) (Meraz-Álvarez *et al.*, 2020). Adicionalmente, Nava-Ruiz *et al.* (2020) reportaron tres enemigos naturales asociados con *Delia* spp.; como son; *Triblyographa rapae* (Hymenoptera: Figitidae), *Aphaereta pallipes* (Hymenoptera: Braconidae) y *Aleochara bimaculata* (Coleoptera: Staphylinidae).

No obstante que ya se han hecho los primeros trabajos de investigación con estos insectos, resulta conveniente y prioritario realizar estudios con *D. planipalpis* y *D. platura* y sus enemigos naturales en las condiciones particulares de las zonas con producción de crucíferas del país; lo anterior, con la finalidad de generar información útil a los productores para el manejo de esta plaga que amenaza la producción y comercialización de productos sanos e inocuos. Por lo anterior, resulta de interés fundamental contar con una metodología práctica y económica para criar y reproducir a *D. planipalpis* y *D. platura*, como punto de partida para realizar estudios básicos de su biología, pruebas de efectividad biológica de plaguicidas, cría, reproducción y evaluación de enemigos naturales en condiciones de laboratorio y en campo. Todo esto encaminado a desarrollar tácticas de control que permitan integrarse a un plan de manejo integrado para mantener las poblaciones de *Delia* spp. en niveles que no causen daños significativos a esta importante agroindustria.

Debido a que *D. planipalpis* y *D. platura* se encuentran asociadas con crucíferas cultivadas y silvestres en el estado de México y que la aplicación de plaguicidas para el control de plagas es nula o mínima, se planteó coleccionar plantas infestadas con larvas de *Delia* spp., para establecer una cría de estos insectos; además, de manera paralela continuar con la búsqueda e identificación de sus enemigos naturales.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Cría de *Delia planipalpis* y *Delia platura*

Colecta de material infestado. En los alrededores de Texcoco, Estado de México y ocasionalmente en Puebla, se coleccionaron plantas de crucíferas cultivadas (*Brassica oleracea* var *italica*; *Raphanus sativus*) y silvestres (*Brassica campestris*; *Sisymbrium irio*; *Raphanus raphanistrum*). Previo a la extracción de las plantas, estas fueron revisadas para asegurarse que

estuvieran infestadas por *Delia* spp.; una vez que se corroboró la presencia de larvas en el cuello de la raíz de las plantas, éstas se extrajeron con su raíz y se colocaron en bolsas de polietileno etiquetadas con datos de colecta; de igual manera, se colectó parte del suelo que rodeaba la raíz de las plantas, con el objetivo de incluir puparios y larvas que recién iniciaban la pupación. Este material se trasladó al laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

Procesamiento de las muestras. El suelo contenido en cada muestra fue tamizado para separar las larvas próximas a pupar (las que se desprendían del material vegetal), así como los puparios presentes en el suelo colectado. Las larvas se colocaron en cajas petri de 10 cm de diámetro previamente acondicionadas con papel absorbente y humedecido en la base; además se adicionaron de dos a tres rodajas de rábano de aproximadamente 0.5 cm de grosor, con la finalidad de que las larvas confinadas tuvieran alimento disponible para completar su desarrollo hasta el estado de pupa. Las especies fueron separadas considerando las diferencias morfológicas en las distintas etapas de desarrollo como se aprecia en la figura 2.1 (Savage *et al.*, 2016).

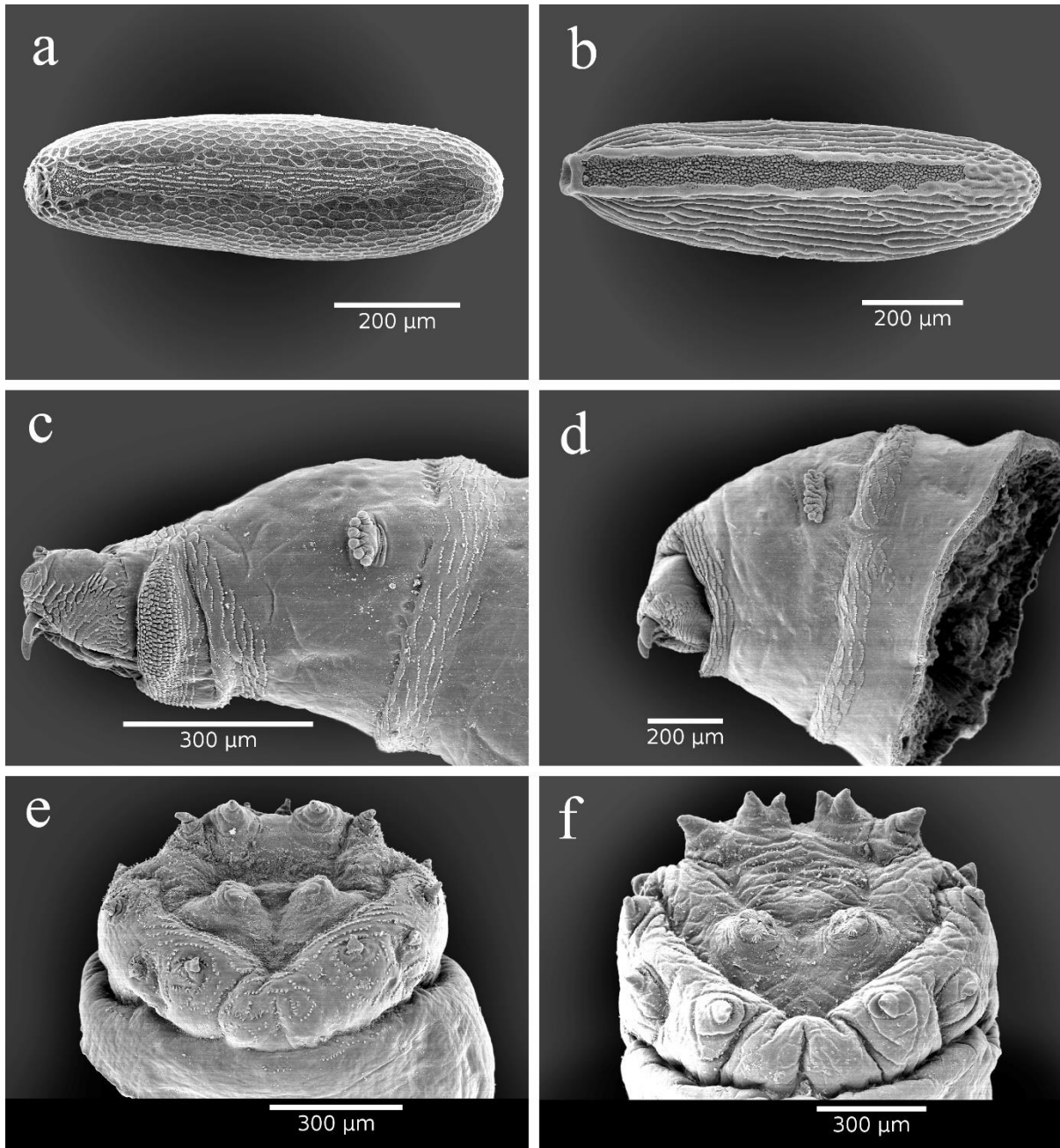


Figura 2.1. Diferencias morfológicas entre los diferentes estados biológicos de *D. planipalpis* (b) huevo con estrías marcadas longitudinalmente, (d) espiráculo anterior con diez dígitos o más y (f) tubérculos caudales bifurcados y *D. platyura* (a) huevo con reticulación, (c) espiráculo anterior con seis dígitos y (e) tubérculos caudales no bifurcados

De igual manera, los puparios fueron separados de manera individual en cajas petri de 5 cm de diámetro hasta la emergencia de los adultos (moscas y/o parasitoides). Las cajas petri se

revisaron diariamente por 20 días, con la finalidad de detectar la emergencia de moscas o parasitoides y la posible contaminación del rábano por bacterias y/o por hongos; de ser necesario, las larvas y pupas se transferían a un recipiente limpio y con alimento nuevo.

Sexado y separación de especies. Con ayuda de un aspirador, los adultos emergidos se fueron transfiriendo individualmente a cajas petri de 5 cm de diámetro para facilitar la observación del espécimen y con un microscopio estereoscópico, se hizo la separación por sexo y entre especies; los machos se separaron de las hembras tomando en cuenta la distancia entre los ojos holópticos (juntos) y las hembras dicópticos (separados); adicionalmente, para diferenciar entre especies se consideró el tamaño de las moscas y se observó la quetotaxia de los fémures posteriores de machos y hembras (Savage *et al.*, 2016).

Establecimiento de la colonia. Los especímenes adultos de cada especie se confinaron en contenedores octagonales de plástico con capacidad de 10 L con una abertura redonda y con tapa de rosca de 12 cm a la que se le acopló una tela de organza para permitir la aireación y manejo de los insectos. En el interior se colocó un recipiente con agua con capacidad de 100 mL al que se le adaptó una mecha de papel absorbente para suministro continuo de agua; adicionalmente, se colocó una caja petri con levadura de cerveza en polvo, azúcar y leche en polvo como fuente de proteína, en una proporción de 3:3:1 (Kostal, 1993). Esta mezcla fue sustituida cada 3 días o tan pronto en ésta se observó contaminación por hongos. También se les alimentó con líneas finas de miel de abeja comercial, las cuales se colocaron en una de las paredes de la jaula. En cada jaula se colocaron de 30 a 50 adultos de *D. planipalpis*, en proporción 1:1 (H:M); con rango de edades de 1 a 7 días. Diariamente, desde que se confinaron los primeros adultos y hasta los 30 días de edad, se colocaron dos o tres rábanos enteros (*Raphanus sativus L.*) con un peso de 30 a 50 g, los cuales fueron cultivados en la región de

Texcoco y adquiridos en el mercado local; estos fueron previamente lavados con agua corriente para retirar las hojas así como los posibles residuos de contaminantes (suelo, químicos, biológicos u otros insectos), para lo cual fueron revisados individualmente con un microscopio estereoscópico; se colocaron en una caja petri con un papel absorbente humedecido como fondo. El tiempo de exposición de los rábanos a los adultos de *D. planipalpis* fue de 8 horas (10:00 a 18:00 h). Una vez retirados los rábanos se colocaron en recipientes de plástico de 10 x 10 x 8 cm, a los cuales se les colocó tela organza en la parte superior para permitir la circulación del aire y disminuir la contaminación del alimento; de esta manera, se continuó con la incubación de los huevos hasta el estado de pupa; también se supervisó constantemente para detectar contaminación del sustrato y así evitar la muerte de las larvas, en cuyo caso, éstas fueron transferidas a alimento nuevo. Una vez que las larvas consumieron la mayor parte del alimento, se colocaron más rábanos frescos enteros en cantidad suficiente para asegurar su alimentación. Los puparios se separaron de los residuos del sustrato y se colocaron en cajas petri acondicionadas con papel absorbente humedecido como fondo; estos fueron colocados de manera individual hasta la emergencia de los adultos. Para el caso de *D. platura*, la colonia se intentó establecer con pocos adultos emergidos; se les expusieron rábanos enteros que previamente habían sido expuestos a *D. planipalpis* y que presentaban daños y signos de estar infestados por las larvas de ésta. Todo el material se 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).

Obtención de parasitoides

Los rábanos obtenidos del mercado local se revisaron individualmente con la ayuda de un microscopio estereoscópico, con la finalidad de separar los que estaban infestados con huevos y/o larvas de *Delia* spp. y se confinaron en un recipiente de plástico de 8 x 10 x 12 cm para

permitir el desarrollo de las larvas hasta la fase de pupa. Estos puparios, al igual que los obtenidos de las muestras de crucíferas silvestres se separaron de manera individual en cajas petri acondicionadas con papel absorbente humedecido en el fondo para esperar la emergencia de los adultos de *Delia* y/o parasitoides. Las plantas infestadas recolectadas se colocaron en recipientes de plástico transparente para permitir que las larvas que seguían dentro del tejido vegetal, se siguieran alimentando y desarrollando. Al menos cada tercer día se revisó el fondo de los recipientes para detectar larvas y puparios en los residuos de suelo, con la finalidad de separarlos en cajas petri. Los adultos de *Delia* y parasitoides emergidos, se incorporaron a la colonia y fueron fijados en frascos con alcohol al 70%, respectivamente.

Los insectos asociados con plantas dañadas por *Delia* spp. fueron colectados con ayuda de aspirador, pinzas entomológicas y pincel al momento de extraer las plantas del suelo; previo al acondicionamiento para su etiquetado, éstas se colocaron en una recipiente de plástico de 45 x 20 x 15 cm con lo cual se facilitó la colecta de los insectos que estaban escondidos en las galerías hechas por efecto de la alimentación de *Delia* spp.

La identificación de los enemigos naturales se realizó por medio de claves dicotómicas y por comparación con ejemplares en el laboratorio de Entomología del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo con la ayuda del Dr. Refugio Lomeli Flores (Laboratorio de Control Biológico) y la Dra. Raquel Alatorre Rosas (Laboratorio de Patología de Insectos) para corroborar las especies de pteromalidae y hongos entomophthorales. Para identificar los figítidos y diaprídidos se realizaron consultas con los especialistas en estos grupos, Dr. Mattias Forshage y Dr. Lubomir Masner, respectivamente.

2.5 RESULTADOS

En las muestras recolectadas de campo se obtuvieron huevos, larvas y puparios de *D. planipalpis* y de *D. platura*, sin observarse indicios de parasitismo o signos de infección por organismos entomopatógenos.

Los adultos de *D. planipalpis* aceptaron fácilmente el sustrato usado de *Raphanus sativus* para oviposición. Todos los rábanos que fueron expuestos fueron ovipositados, la cantidad de huevos por rábano varió de 6 a 90 ovipositados durante los primeros 15 a 20 días de edad, considerando que las primeras oviposturas fueron al tercer día de exposición del sustrato. De igual manera, el número de larvas fluctuó de tres hasta 19 por cada rábano. Finalmente, no todas las pupas dieron origen a adultos. Fue posible obtener hasta cuatro generaciones de manera continua.

En el caso de *Delia platura*, también se obtuvieron masas de huevos; sin embargo, no se pudieron contabilizar al igual que las larvas que emergieron de éstos; sólo se obtuvieron 8 machos y 6 hembras; no fue posible obtener adultos de una segunda generación, aun cuando se observaron oviposturas y desarrollo de larvas en sus primeros instares.

De los puparios de *D. planipalpis* emergieron cinco parasitoides que fueron identificados como *Aphaereta pallipes* (Say) (Hymenoptera: Braconidae), *Pentapria* sp. (Hymenoptera: Diapriidae), *Sphalangia endius* Walker y *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae) y *Tribliographa atra* (Hartig) (Hymenoptera: Figitidae). De igual manera, se identificó a *Trybliographa diaphana* (Hartig) como parasitoide de *D. platura* el cual emergió de un pupario (Figura 2.2 y cuadro 2.1).

También se logró coleccionar y constatar la presencia de hongos entomopatógenos pertenecientes al orden Entomophthorales; ya que se coleccionaron adultos de *D. planipalpis* y *D. platura* que

presentaban la esporulación característica de este grupo de hongos (Figura 2.3). Adicionalmente, se identificó a *Philontus cognatus* Stephens y *Pseudopsis* sp. (Coleoptera: Staphylinidae) y a *Labidus coecus* Latreille y *Solenopsis* sp. Hymenoptera: Formicidae) (Figura 2.4) asociadas con las plantas infestadas por *Delia* spp. (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.1. Enemigos naturales obtenidos de *D. planipalpis* y *D. platura*

| Especie atacada | Enemigo natural detectado | Sitio de colecta | Hospedante | Fecha de colecta |
|-----------------------|---|--|--------------------------------|------------------|
| <i>D. planipalpis</i> | <i>Aphaereta pallipes</i> (Say) Hymenoptera: Braconidae) | Boyereros, Texcoco, Estado de México | <i>B. campestris</i> | Marzo 2020 |
| | <i>Pentapria</i> sp. (Hymenoptera: Diapriidae) | Mercado San Antonio, Texcoco, Estado de México | <i>R. sativus</i> | Marzo 2018 |
| | <i>Spalangia endius</i> Walker (Hymenoptera: Pteromalidae) | | | Diciembre 2019 |
| | <i>Pachycrepoideus vindemmiae</i> (Rondani) Hymenoptera: Pteromalidae) | | | Marzo 2020 |
| | <i>Trybliographa atra</i> (Hartig) (Hymenoptera: Figitidae) | San Felipe Tenextepec, Tepeaca, Puebla | <i>B. oleracea var italica</i> | Noviembre 2019 |
| <i>D. platura</i> | <i>Trybliographa diaphana</i> (Hartig) (Hymenoptera: Figitidae) | San Bernardino, Texcoco, Estado de México | <i>B. campestris</i> | Febrero 2020 |
| <i>D. planipalpis</i> | <i>Entomophthora</i> sp. (Zigomycetes: Entomophthorales) | Campo Experimental, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo | <i>B. campestris</i> | Noviembre 2019 |
| <i>D. platura</i> | | | | Agosto 2020 |

Cuadro 2.2. Insectos asociados con crucíferas infestadas por *Delia* spp.

| Especie atacada | Insecto asociado | Sitio de colecta | Hospedante | Fecha de colecta |
|-------------------|---|--|----------------------|------------------|
| <i>Delia</i> spp. | <i>Solenopsis</i> sp. Hymenoptera: Formicidae) | Campo Experimental, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo | <i>R. sativus</i> | Enero de 2020 |
| | <i>Philontus cognatus</i> Stephens (Coleoptera: Staphylinidae) | | | |
| | <i>Labidus coecus</i> Latreille (Hymenoptera: Formicidae) | Boyereros, Texcoco, Estado de México | <i>B. campestris</i> | Abril de 2020 |
| | <i>Pseudopsis</i> sp. (Coleoptera: Staphylinidae) | | | |

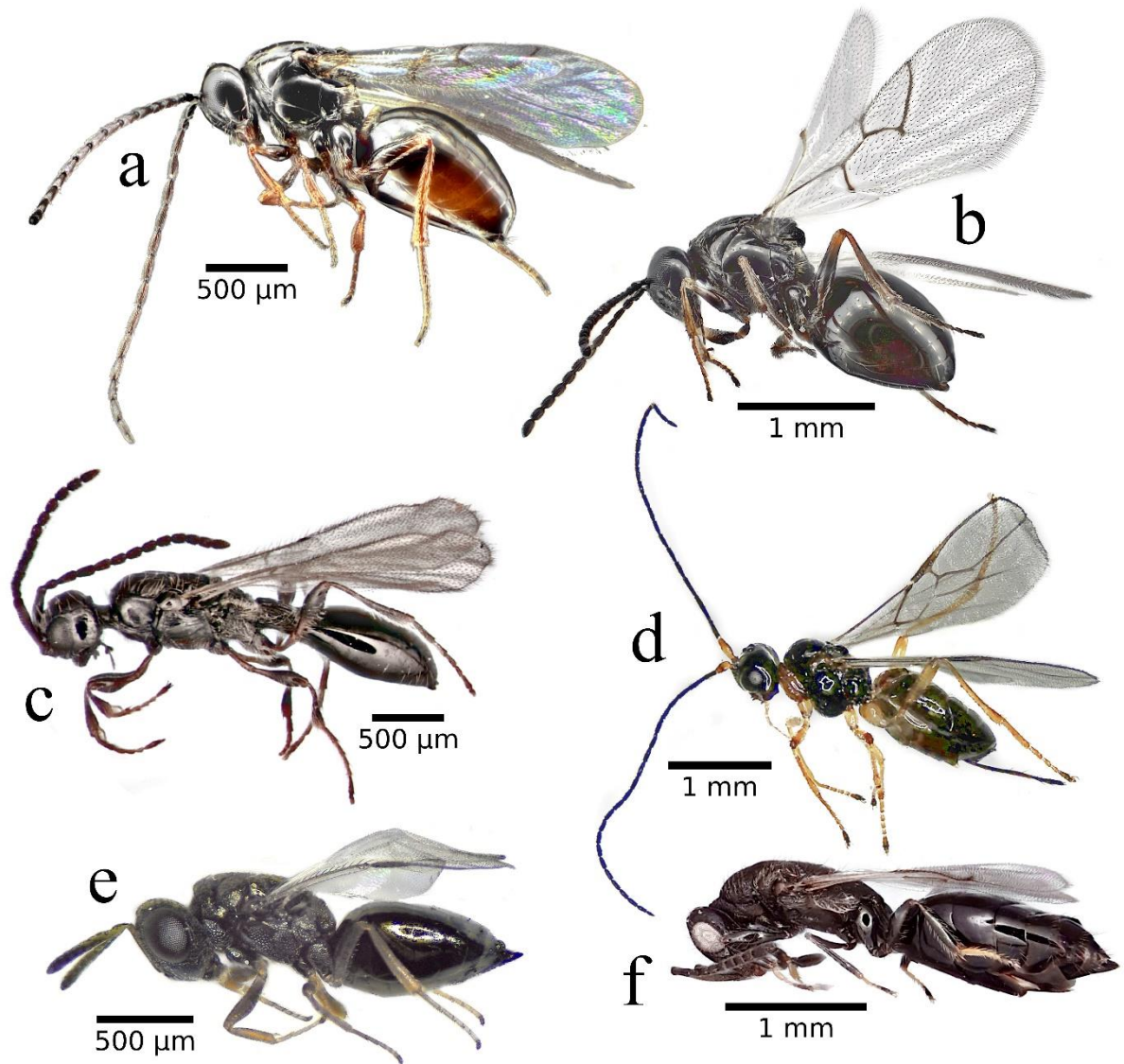


Figura 2.2. Parasitoides emergidos de puparios de *D. planipalpis* y *D. platura*: a) *Trybliographa diaphana*, b) *Trybliographa atra* c) *Pentapria* sp. d) *Aphaeretha pallipes*, e) *Pachycrepoideus vindemmiae*, f) *Spalangia endius*



Figura 2.3. Hongos entomopatógenos del orden Entomophthorales esporulando sobre *D. planipalpis* (a) y *D. platura* (b)

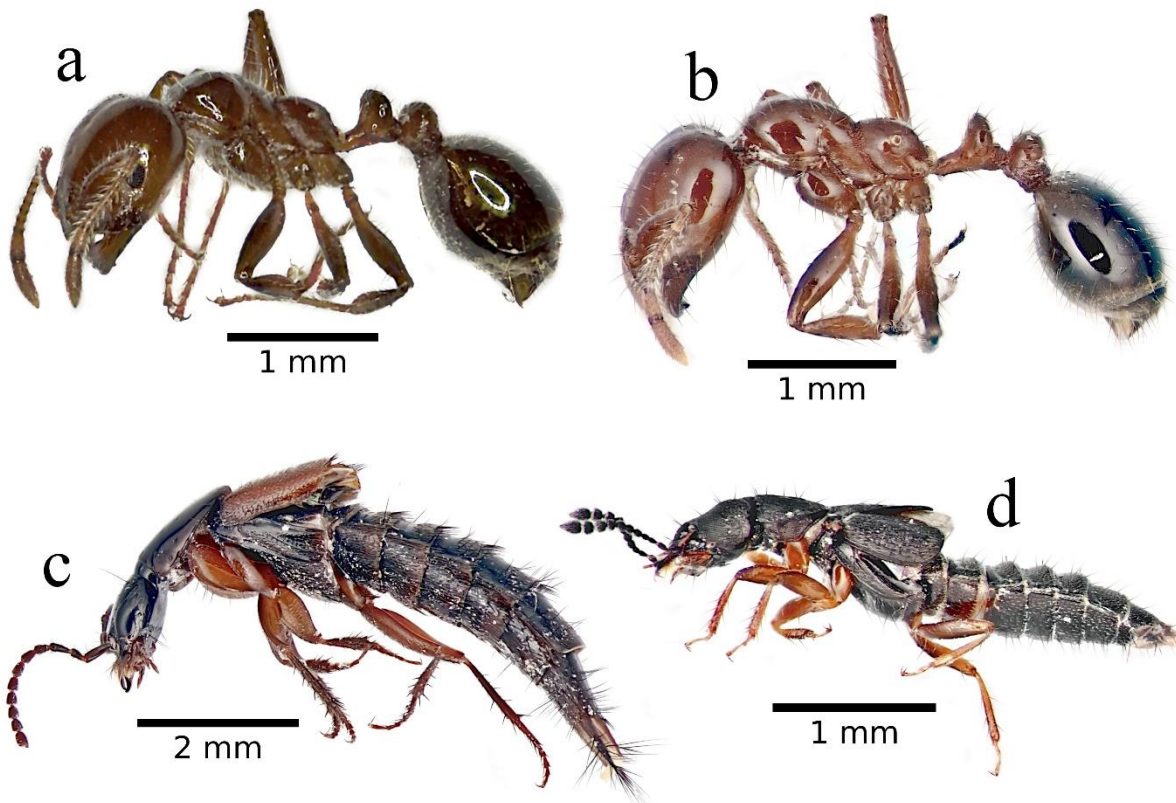


Figura 2.4. Depredadores asociados con *Delia* spp. a) *Solenopsis* sp. b) *Labidus coecus*, c) *Philonthus cognatus* d) *Pseudopsis* sp.

2.6 DISCUSIÓN

Aun cuando se colectaron huevos y larvas de *D. planipalpis* y *D. platura*, 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 de huevos ni de larvas y se enfatiza que los enemigos naturales más comunes de varias especies de *Delia* son *Trybliographa rapae* y *Aphaereta pallipes* que parasitan a su huésped en estado de larva y el adulto emerge de los puparios (Wishart, 1954; Wishart, 1957). Adicionalmente, los estafilínidos *Aleochara bipustulata* y *A. bilineata* que actúan en estado adulto como depredadores de huevos y larvas de *Delia* spp., parasitan los puparios de ésta durante su etapa larval (Finch, 1993).

La identificación de los parasitoides de la familia Figitidae y Diapriidae resultó complicada debido a que en opinión de los especialistas, Dr. Mattias Forshage y Dr. Lubomir Masner respectivamente, los miembros de la familia Figitidae son insectos muy complejos, se han hecho pocos estudios para conocer su diversidad en distintas partes del mundo y el género *Trybliographa* Foester en América es enormemente desconocido; además, existen complejos de especies como las que pertenecen al grupo de *T. diaphana* y *T. atra*. En el caso de la familia Diapriidae, no existen claves para identificar especies del género *Pentapria* Kieff y se han descrito tan pocos ejemplares, que se pueden contar con la mano; sin embargo, este género está bien representado en los neotrópicos con aproximadamente 100 especies (Masner y García, 2002).

Todos los parasitoides identificados en este estudio emergieron de puparios de *D. planipalpis* con excepción de *T. atra* que emergió de *D. platura*; ocurren de manera natural en los lugares donde se cultivan crucíferas aun cuando existen frecuentes aplicaciones de plaguicidas para el control de *Delia* y aunque la mayoría son parasitoides solitarios, se encontró que *A. pallipes* es

de hábitos gregarios; al respecto se observó la emergencia de hasta 14 adultos de un solo pupario lo cual es similar a lo reportado por Vet *et al.*, (1994) quienes reportan que de un pupario emergieron 20 adultos.

Durante el procesamiento de las muestras recolectadas, las distintas fases de desarrollo de *D. planipalpis* se separaron por especie tomando en cuenta las diferencias morfológicas entre ambas especies (Savage *et al.*, 2016); lo anterior, con la finalidad de establecer colonias puras de *D. planipalpis* y *D. platura* ya que de acuerdo con Meraz-Álvarez *et al.*, (2020), ambas especies se encuentran asociadas con crucíferas cultivadas y silvestres; por su parte, Kim y Eckenrode (1983), señalaron que algunos trabajos para criar *D. florilega* fallaron debido a que no se empleó tiempo en aislar *D. florilega* de las poblaciones mezcladas con *D. platura* y esta última eliminó gradualmente a *D. florilega* a través de las generaciones.

No obstante que se observaron grandes cantidades de huevos de *D. planipalpis* en el sustrato utilizado (*R. sativus*), así como larvas de los primeros instares, el número de pupas y finalmente la cantidad de adultos fue reducida; lo anterior, probablemente fue ocasionado por una sobrepoblación de huevos; en consecuencia, hubo también numerosas larvas alimentándose del sustrato. Al respecto, Finch y Coaker (1969) observaron que un factor que favoreció la sobrevivencia y desarrollo de las larvas de *D. radicum*, es la distribución óptima del número de huevos por raíz expuesta; además mencionaron que esta cantidad también depende del sustrato expuesto, y que la mayor sobrevivencia de larvas se lograba con proporciones de un huevo por cada 6 g de rutabaga/colinabo; un huevo por cada 2 g de rábano de invierno y un huevo por cada 2-8 g de nabo.

Aunado a la sobrepoblación de larvas de *D. planipalpis* y a pesar de haber utilizado rábanos enteros como sustrato en este estudio, fue común la pudrición del rábano lo que ocasionó la mortalidad de larvas; las que lograban recuperarse y continuar su alimentación en un sustrato nuevo, alcanzaban su estado de pupa sin llegar a emerger como adultos, posiblemente por no haber alcanzado sus requerimientos nutricionales. Al respecto, Read (1960) señaló que la dificultad más grande para mantener una cría de *D. radicum*, es proporcionar alimento apropiado a lo largo de todo el crecimiento larval, enfatizando que éste debe ser de fácil disponibilidad, ser de adecuado valor nutritivo y permanecer libre de pudrición la mayor parte del periodo larval. En la búsqueda de un sustrato con estas características, se han comparado rodajas de colinabo y nabo (Read, 1960), así como varias preparaciones de raíces enteras (Read, 1965) pero ninguna ha cumplido con todos los requerimientos; sin embargo, las raíces enteras son muy superiores a cualquiera de las preparaciones con rodajas (Finch & Coaker, 1969).

Al igual que Finch y Coaker (1966), quienes mencionan que la principal falla en su método de cría empleado fue el desarrollo de una pudrición suave que ocasiona que las larvas mueran o pupen prematuramente formando puparios de tamaño pequeño; se asume que en el presente estudio, la frecuencia (cada tercer día) con la que el papel absorbente y los rábanos fueron humedecidos, pudo haber sido la causa de la pudrición del sustrato. Finalmente, la cantidad de adultos de *D. planipalpis* emergidos también se vio influenciada negativamente.

En el caso de *D. platura*, el número de adultos emergidos de *R. sativus*, fue reducido, lo que hace suponer que el grado de descomposición del sustrato no fue adecuado para permitir el desarrollo de los primeros instares larvales. Lo anterior, se ve respaldado por los estudios de Harris *et al.*, (1966) quienes observaron que instares tempranos son muy sensibles a cortos periodos de tiempo sin alimento y mueren antes de que alcancen la dieta. Por otro lado, Reid

(1940) menciona que el suelo en condiciones de campo contiene suficiente material vegetal en descomposición que permite la sobrevivencia de las larvas hasta que éstas alcanzan la fuente principal de alimento.

Respecto de la cría y reproducción de *D. platura*, está probado que es una de las especies particularmente difíciles de reproducir en condiciones de laboratorio (McClanahan y Miller, 1958) y que a través del tiempo se han hecho múltiples intentos para desarrollar procedimientos de cría; sin embargo, la baja producción de huevos ha limitado su éxito (Harris *et al.*, 1966). No obstante, estos autores desarrollaron una técnica apropiada para producir al menos 3 000 adultos por semana. Por otra parte, Webb y Eckenrode (1978) desarrollaron una técnica simplificada para producir individuos en cantidades suficientes para ensayos de laboratorio.

La amplia diversidad de enemigos naturales encontrada en los alrededores del municipio de Texcoco en el Estado de México, que aunque actualmente no figura como productor de crucíferas, probablemente obedece a que en la región se cultiva rábano la mayor parte del año; además, se suma la presencia de hospederos alternos de *D. planipalpis* y *D. platura* como *B. campestris*, *R. raphanistrum* y *S. irio*, los cuales abundan dentro y en las orillas de los canales de riego. Además, es importante señalar que en la región de Texcoco, el rábano es producido sin la aplicación de plaguicidas, hecho que también abona a la presencia de diversos enemigos naturales de las especies estudiadas.

2.7 CONCLUSIONES

Es viable la cría y reproducción de *D. planipalpis* en condiciones de laboratorio utilizando como sustrato rábanos enteros, ya que este cultivo es fácil de producir y de rápida adquisición en el mercado local, lo que puede hacer que la metodología de cría sea práctica y económica.

Aun cuando *D. platura* es una de las especies más difíciles de reproducir, es posible su cría y reproducción en laboratorio de manera paralela y con algunas adaptaciones para aprovechar parte del sustrato utilizado para *D. planipalpis*.

Dentro de la diversidad de enemigos naturales de *Delia* spp., existen candidatos promisorios que podrían ser implementados dentro de un programa de control biológico por aumento, como *Spalangia endius* y *Pachycrepoideus vindemmiae* que se producen de manera comercial utilizando como huésped varias especies de dípteros incluyendo *Musca domestica* y *Anastrepha ludens*. Otro agente de control podría ser *Aphaereta pallipes*, que además de ser un parasitoide gregario, también es factible reproducirlo sobre larvas de distintas especies de Diptera, incluyendo a *D. planipalpis*.

El estafilínido *Aleochara bimaculata* es otro agente importante, que se debe tomar en cuenta por sus hábitos depredadores y parasíticos sobre huevos y larvas así como de puparios, respectivamente; con lo cual podría contribuir a reducir las poblaciones de las especies de *Delia*.

Tomar en cuenta que los hongos entomopatógenos (*Entomophthora* sp.) que ocurren de manera natural, también podrían funcionar como importantes agentes de control biológico, solos o en combinación con alguno de los parasitoides referidos; ya que existen metodologías para la producción masiva y aplicación en campo de éste microorganismo.

Los enemigos naturales identificados en este estudio ocurren de manera natural en las regiones donde se producen crucíferas; por tal motivo, resulta prioritario realizar estudios para conocer la frecuencia con la cual se presentan, sus niveles de parasitismo, su factibilidad de cría masiva y otros caracteres deseables en este tipo de organismos, con la finalidad de ser evaluados en

campo e incorporarlos como agentes de control biológico dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

2.8 LITERATURA CITADA

Barrios-Díaz, B., R. Alatorre-Rosas, N. Bautista-Martínez., H. G. Calyecac-Cortero. 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var *capitata*) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. *Agrociencia* 38:239-248.

Brooks, A. R. 1951. Identification of the root maggots (Diptera: Anthomyiidae) attacking cruciferous garden crops in Canada, with notes on biology and control. *Can. Entomol.* 83:109-120.

Collier R., D. Mazzi, A. Folkedal Schjøll, Q. Schorpp, G. Thöming, T. J. Johansen, R. Meadow, N. V. Meyling, A. M. Cortesero, U. Vogler, M. T. Gaffney, and M. Hommes. 2020. The Potential for Decision Support Tools to Improve the Management of Root-Feeding Fly Pests of Vegetables in Western Europe. *Insects.* 11: 1-16. doi:10.3390/insects11060369

Finch, S. 1989. Ecological considerations in the management of *Delia* pest species in vegetable crops. *Annu. Rev. Entomol.* 34:117-37.

Finch, S. 1993. Integrated pest management of the cabbage root fly and the carrot fly. *Crop Protection*, 12: 423-430

Finch S., and T H. A. Coaker. 1969. Method for the continuous rearing of the cabbage root fly *Erioischia brassicae* (Bch.) and some observations on its biology. *Bulletin of Entomological Research*, 58:619-627. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007485300057345>

Finch, S.; M. S. Elliott and, M. T. Torrance. 1997. Is the parasitoid staphylinid beetle *Aleochara bilineata* an effective predator of the egg stage of its natural host, the cabbage root fly? In Proceedings of the Working Group “Integrated Protection in Field Vegetables”, Chania, Crete, 6–8 October.

Finch, S., and R. H. Collier. 1984. Parasitism of overwintering pupae of cabbage root fly, *Delia radicum* (Diptera: anthomyiidae), in England and Wales. *Bull. Entomol. Res.* 74: 79–86.

Griffiths, G.C.D. 1986. Relative abundance of the root maggots *Delia radicum* (L.) and *D. floralis* (Fallén) (Diptera; Anthomyiidae) as pests of canola in Alberta. *Questiones Entomologicae*, 22: 253–260.

Harris, C. R.H. J. Svec, and J. A. Begg. 1966. Mass Rearing of Root Maggots Under Controlled Environmental Conditions: Seed-Corn Maggot, *Hylemya cilicrura*; Bean Seed -Fly, *H. liturata*; *Euxesta notata*; and *Chaetopsis* sp. *Journal of Economic Entomology.* 59 407-410.

Harris, C. R., and H. J. Svec. 1966. Mass Rearing of the Cabbage Maggot Under Controlled Environmental Conditions, with Observations on the Biology of Cyclodiene-Susceptible and Resistant Strains. *Journal of Economic Entomology*, 59:569–573, <https://doi.org/10.1093/jee/59.3.569>

Howard, R. J., J. A. Garland, and W. L. Seaman. 1994. Disease and Pests of vegetable Crops in Canada. An Illustrated compendium. The Canadian Phytopathological Society and The Entomological Society of Canada, Ottawa, Canada. Pp 1021.

Kim, T. H., and Eckenrode. 1983. Establishment of a laboratory colony and mass rearing of *Delia floralis* (Diptera: Anthomyiidae). *J. Econ. Entomol.* 76: 1467-1469.

- Keymeulen, M. V., L. Hertveldt, and C. Pelerents. 1981.** Methods for improving both the quantitative and qualitative aspects of rearing *Delia brassicae* for sterile release programmes. Ent. Exp. & appl. 30: 231-240.
- Kostal, V. 1993.** Oogenesis and oviposition in the cabbage root fly, *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) influenced by food quality, mating and host plant availability. Eur. J. Entomol. 90: 137-147.
- Masner, L., and R. J. L. García. 2002.** The genera of Diapriinae (Hymenoptera: Diapriidae) in the New World. Bulletin of the American Museum of Natural History 268: 1–138. doi: 10.1206/0003-0090(2002)268:0.CO;2
- Marín, J. A. 2001.** Insectos plagas de maíz. Guía para su identificación. SAGARPA. INIFAP. Campo experimental Bajío. Folleto técnico No. 1. Celaya, Guanajuato, México. 29 p.
- McClanahan, R. J., and L. A. Miller. 1958.** Laboratory Rearing of the Seed-corn Maggot, *Hylemya cilicrura* (Rond.) (Diptera: Anthomyiidae) The Canadian Entomologist, 372-374.
- McClanahan, R. J., and H. D. Niemczyk. 1963.** Continuous rearing of the carrot rust fly, *Psila rosae* (Fab.). Can. Entomol. 95: 827-30.
- Meraz-Álvarez, R., N. Bautista-Martínez, C. P. Illescas-Riquelme, H. González-Hernández, J. M. Valdez-Carrasco, and Savage J. 2020.** Identification of *Delia* spp. (Robineau-Desvoidy) (Diptera, Anthomyiidae) and its cruciferous hosts in Mexico. ZooKeys 964: 127–141. <https://doi.org/10.3897/zookeys.964.53947>
- Meyling, N.V., S. Navntoft, H. Philipsen, K. Thorup-Kristensen, J. Eilenberg. 2013.** Natural regulation of *Delia radicum* in organic cabbage production. Agric. Ecosyst. Environ. 164: 183–189.
- Nava-Ruiz, P., N. 2019.** Identificación de enemigos naturales del género *Delia* (Diptera: Anthomyiidae) asociados con crucíferas en México. Colegio de Postgraduados. Postgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología. Tesis de Maestría. 27 pp.
- Niemczyk, H. D. 1964.** Mass rearing of the onion maggot, *Hylemya antiqua*, under laboratory conditions. J. Econ. Entomol. 57: 57-60.
- Read, D. C. 1960.** Mass rearing of the cabbage maggot, *Hylemya brassicae* (Bouché) Diptera: Anthomyiidae, in the greenhouse. Can. Ent. 92: 574-576
- Read, D. C. 1965.** Rearing root maggots, chiefly *Hylemya brassicae* (Bouché) (Diptera: Anthomyiidae) for bioassay. Can. Ent. 97: 136-141.
- Reid, W. J. 1940.** Biology of the seed-corn maggot in the coastal plain of the south Atlantic states. USDA. Tech. Bull. 723. 43 p.
- Savage, J. A. M., F. Fournier, and V. Bellavance. 2016.** Identification of *Delia* pest species (Diptera: Anthomyiidae) in cultivated crucifers and other vegetable crops in Canada. Canadian Journal of Arthropod Identification, 29: 1-40.
- Soroka, J. J., L. M. Dossall, O. Olfert, and E. Seidle. 2004.** Root maggots (*Delia* spp., Diptera: Anthomyiidae) in prairie canola (*Brassica napus* L. and *B. rapa* L.): spatial and

temporal surveys of root damage and prediction of damage levels. *Canadian Journal of Plant Science*, 84: 1171–1182.

Soroka, J. J., and L. M. Dosdall. 2011. Coping with root maggots in prairie canola crops. *Prairie Soils and Crop Journal*, 4: 24–31.

Shuhang, W., R. E. Voorrips, G. Steenhuis-Broers, B. Vosman. J. J. A. van Loon. 2016. Antibiosis resistance against larval cabbage root fly, *Delia radicum*, in wild Brassica-species. *Euphytica* 211:139–155. DOI 10.1007/s10681-016-1724-0

Webb, D. R., and C. J. Eckenrode. 1978. Simplified rearing and bioassay for the seedcorn maggot, *Hylemya platura* (Meigen). *New York's Food and Life Sciences Bulletin*. 72: 1-4.

Vet, L. E. M, A. Datema, A. Janssen and H. Snellen. 1994. Clutch Size in a Larval-Pupal Endoparasitoid: Consequences for Fitness. *Journal of Animal Ecology*, 63: 807-815.

Zapater, M. C., C. E. Andiarena, G. Perez, and N. Bartoloni. 2009. Use of irradiated *Musca domestica* pupae to optimize mass rearing and commercial shipment of the parasitoid *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Biocontrol Science and Technology* 19: 261-270.

CONCLUSIÓN GENERAL

La identificación de *D. planipalpis* y *D. platura* así como de su rango de hospedantes y tipo de daño que causan representa un punto de partida valioso para iniciar trabajos básicos con estas especies, con la finalidad de conocer sus hábitos y comportamiento en las condiciones particulares de las regiones productoras de crucíferas en México.

La metodología descrita para criar y reproducir a *D. planipalpis* y *D. platura*, también representa un avance importante a considerar como parte de las herramientas útiles en el estudio y desarrollo de tácticas que contribuyan al control de estos insectos.

El conocimiento de la diversidad de enemigos naturales de *D. planipalpis* y *D. platura*, abre un horizonte de posibilidades para evaluar la posibilidad de que alguno de estos agentes de control natural pueda ser evaluado e incorporado a un esquema de control biológico dentro de un programa de manejo integrado de esta plaga.