

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA
AGRÍCOLA**

**“IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE PARASITOIDES E
HIPERPARASITOIDES MOMIFICADORES DE ÁFIDOS
ASOCIADOS AL BRÓCOLI”**

TESIS

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

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

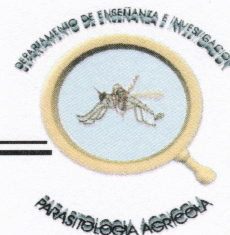


DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

TANYA SÁNCHEZ GONZÁLEZ

Mayo, 2012.
Chapingo, México.

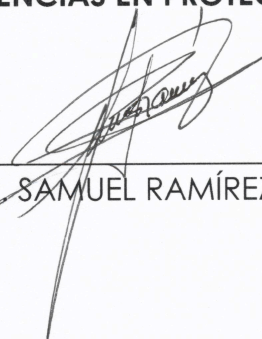


IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE PARASITOIDES E HIPERPARASITOIDES MOMIFICADORES DE ÁFIDOS ASOCIADOS AL BRÓCOLI

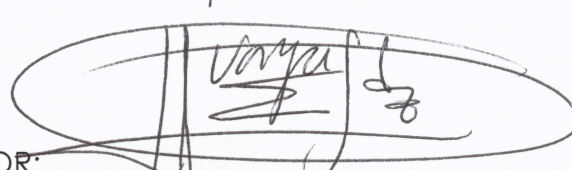
Tesis realizada por **Tanya Sánchez González** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

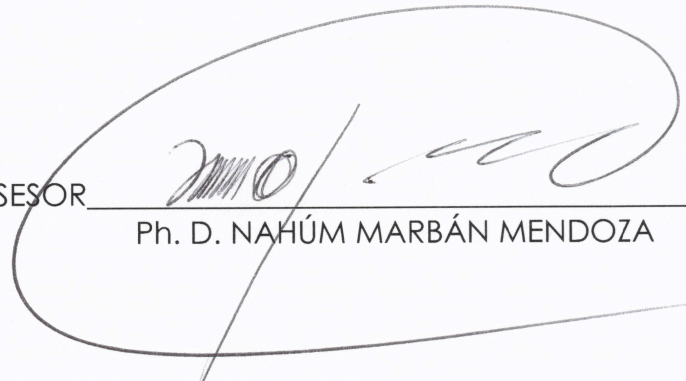
DIRECTOR:


DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

ASESOR:


DR. MATEO VARGAS HERNÁNDEZ

ASESOR


Ph. D. NAHÚM MARBÁN MENDOZA

DEDICATORIA

A quienes llenan de magia mi vida: Mamá, JuanMa, JuanPa y Roy.
¡Los Amo!

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por siempre estar a mi lado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo recibido para la realización de mis estudios de Postgrado.

A la Universidad Autónoma Chapingo, al Departamento de Parasitología Agrícola y al Programa de Postgrado en Protección Vegetal por los recursos humanos e infraestructura invertidos en mi formación.

Al Dr. Samuel Ramírez Alarcón, por su valiosa conducción, sugerencias, apoyo y orientación en este trabajo de investigación; así como por su amabilidad, su tiempo y amistad.

Al Dr. Mateo Vargas Hernández, por su apoyo, sus acertados comentarios para mejorar esta investigación, por el interés que mostró en las revisiones a pesar de sus múltiples ocupaciones, por su tiempo y amabilidad.

Al Ph. D. Nahúm Marbán Mendoza, por su participación en este proyecto y por las observaciones que ayudaron a mejorar este escrito; además de su amistad y acertados comentarios a lo largo de los estudios de la Maestría.

Al Ph. D. Refugio Lomelí Flores, por su apoyo en la correcta identificación de parasitoides e hiperparasitoides de este trabajo, por su tiempo; y al M.C. Jorge Valdéz Carrasco, por su excelente trabajo en la fotografía de esta investigación, mi sincera gratitud a ambos.

A la D.C.V. Val Velázquez por entender hasta mis pensamientos cuando le pido ayuda; pero sobretodo por ser mi amiga.

A los amigos que tuve la fortuna de conocer en el postgrado: Marisela Contreras, Ale Marín, Tita Roblero, Caty Espinoza, Danny Navia, Emmita Sandoval, Fer Garay, Xani Magdaleno y Maro Franco.

A los Sres. Manuel Humberto de la Cruz Rodríguez y Adrián Delgadillo Rivera, por mostrarme como llegar a los mejores lugares de colecta y ayudarme en el proceso.

Y a todas las personas que de alguna forma hicieron posible que llegue a la feliz terminación académica y de éste trabajo de investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Tanya Sánchez González nació en la metrópoli más grande del mundo en 1979.

El lugar donde el amor y la libertad florecen es la familia; siendo la hija mayor de una familia ejemplar, vivió y realizó su educación básica en el municipio de Texcoco, Estado de México, desde muy pequeña tuvo presente sus principios y se mantuvo firme en seguir sus ideales.

En el año 1994 ingresó a la Universidad Autónoma Chapingo, para realizar sus estudios de educación media superior y para el año 2002 egresaba del Departamento de Parasitología con el Título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola.

Lo que cuenta no es la cantidad de horas que se dedica al trabajo, sino la calidad del trabajo que se desempeña en esas horas; así lo demostró en su experiencia profesional que es bastante variada desde las Plataformas de Perforación Petrolera hasta el Registro de Plaguicidas en México, Centroamérica y el Caribe.

En Enero de 2010 inicia los estudios de Maestría en Ciencias en Protección Vegetal en la Universidad Autónoma Chapingo, concluyendo estos en Diciembre del 2011.

Actualmente vive la vida feliz, en compañía de su esposo rodeada de todas las personas que ha tomado de la mano y tocado su corazón.

Vivir no es solo existir, sino existir y crear, saber gozar y sufrir y no dormir sino soñar, Tanya ha demostrado que estar preparado es importante, saber esperar lo es aún más, pero aprovechar el momento adecuado es la clave de la vida.

*MAGA

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Brócoli.....	4
3.1.1. Taxonomía.....	4
3.1.2. Descripción.....	6
3.1.3. Biología y Ecología.....	7
3.1.4. Recursos Genéticos.....	9
3.1.5. Aspectos Agronómicos.....	10
3.1.6. Importancia Económica.....	11
3.1.7. Plagas.....	11
3.1.7.1. Palomilla dorso de diamante (<i>Plutella xylostella</i>).....	12
3.1.7.2. Falso medidor (<i>Trichoplusia ni</i>).....	12
3.1.7.3. Los Áfidos.....	13
3.1.8. Importancia económica de los áfidos.....	14
3.1.8.1. <i>Brevycoryne brassicae</i>	15
3.1.8.2. <i>Myzus persicae</i>	19
3.2. Enemigos Naturales de Áfidos.....	22
4. Materiales y Métodos.....	25
4.1. Localización y características del lugar de colecta.....	25
Tláhuac.....	25
Chapingo.....	27
Texcoco.....	29
4.2. Colecta.....	31
5. Resultados.....	35
5.1. <i>Diaeretiella rapae</i>	36
5.1.1. Taxonomía.....	36
5.1.2. Distribución.....	37
5.1.3. Biología.....	38
5.2. <i>Aphidius colemani</i>	42

5.2.1. Taxonomía.....	42
5.2.2. Distribución.....	43
5.2.3. Biología.....	44
5.3. <i>Lysiphlebus testaceipes</i>	45
5.3.1. Taxonomía.....	45
5.3.2. Distribución.....	46
5.3.3. Biología.....	47
5.4. <i>Asaphes</i> sp.....	48
5.4.1. Taxonomía.....	48
5.4.2. Distribución.....	49
5.4.3. Biología.....	50
5.5. <i>Pachyneuron</i> sp.....	51
5.5.1. Taxonomía.....	51
5.5.2. Generalidades.....	52
5.6. <i>Alloxysta fuscicornis</i>	53
5.6.1. Taxonomía.....	53
5.6.2. Generalidades.....	53
5.6.3. Distribución.....	54
6. Discusión.....	61
6.1. Análisis Estadísticos.....	61
7. Conclusiones.....	65
8. Anexo.....	67
8.1. Clave para separar especies de Aphidiinae asociados a Brassicaceas, para la región Centro de México.....	67
9. Bibliografía.....	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos Meteorológicos de la Delegación Tláhuac.....	25
Cuadro 2. Temperaturas medias, máximas, mínimas y precipitación de Tláhuac.....	26
Cuadro 3. Datos Meteorológicos de Chapingo, Estado de México.....	27
Cuadro 4. Temperaturas medias, máximas, mínimas y precipitación de Chapingo, Estado de México.....	28
Cuadro 5. Datos Meteorológicos de Texcoco, Estado de México.....	29
Cuadro 6. Temperaturas medias, máximas, mínimas y precipitación de Texcoco, Estado de México.....	30
Cuadro 7. Colecta de momias de áfidos.....	35
Cuadro 8. Especies y frecuencias en Chapingo, Méx.....	55
Cuadro 9. Especies y frecuencias en Texcoco, Méx.....	56
Cuadro 10. Especies y frecuencias en Mixquic, D.F.....	58
Cuadro 11. Especies y frecuencias totales.....	59
Cuadro 12. Análisis de Varianza y de Covarianza con estructura factorial para Sitios y Especies.....	61
Cuadro 13. Resultados de las Comparaciones Múltiples de Medias, Método de Tukey para el Análisis de Varianza y de Covarianza con estructura factorial para Sitios y Especies, para la variable frecuencia.....	62
Cuadro 14. Análisis de Varianza individuales para la variable frecuencia por especie para el factor Sitios ($Pr>F$), y Prueba de Comparaciones Múltiples de Medias Método de Tukey (medias).....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución Mundial de <i>Brevicoryne brassicae</i>	16
Figura 2. Distribución Mundial de <i>Myzus persicae</i>	21
Figura 3. Gráfica de temperaturas registradas durante 2011. Del. Tláhuac, D.F.....	26
Figura 4. Gráfica de temperaturas registradas durante 2011. Chapingo, Méx.....	28
Figura 5. Gráfica de temperaturas registradas durante 2011. Texcoco, Méx.....	30
Figura 6. 6a. Momias completas. 6b. Momias vacías.....	31
Figura 7. Momias de áfidos, una por cada vaso cubierto con organza.....	32
Figura 8. 8a. Adultos emergidos. 8b. Adultos muertos preservados en cápsulas del gel con su respectiva momia.....	33
Figura 9. Material para montar material de colecta.....	33
Figura 10. <i>Diaeretiella rapae</i>	37
Figura 11. Distribución mundial de <i>Diaeretiella rapae</i>	37
Figura 12. <i>Aphidius colemani</i>	43
Figura 13. Distribución mundial de <i>Aphidius colemani</i>	44
Figura 14. <i>Lysiphlebus testaceipes</i>	46
Figura 15. Distribución mundial de <i>Lysiphlebus testaceipes</i>	47
Figura 16. <i>Asaphes</i> sp.....	49
Figura 17. <i>Pachyneuron</i> sp.....	51
Figura 18. <i>Alloxysta fuscicornis</i>	54
Figura 19. Porcentaje de Especies Colectadas en Chapingo, México.....	56
Figura 20. Porcentaje de Especies Colectadas en Texcoco, México.....	57
Figura 21. Porcentaje de Especies Colectadas en Mixquic, Tláhuac, D.F.....	58
Figura 22. Porcentaje de Especies Encontradas en Total.....	59

"Identificación taxonómica de parasitoides e hiperparasitoides momificadores de áfidos asociados al brócoli"

"Taxonomic identification of parasitoids and hyperparasites mummifiers of aphids associated to broccoli"

Tanya Sánchez- González¹, Samuel Ramírez-Alarcón

RESUMEN

Los áfidos constituyen un grupo muy extenso de insectos, se han registrado 3, 500 especies, de las cuales 500 son plagas agrícolas. Su ciclo de vida es complicado pues pasan por diversas fases y formas, tan diferentes entre sí que en algunos áfidos podrían llegarse a considerar especies distintas. Su ecología es tan diversa que existen distintas poblaciones dentro de la misma especie ya sea por su aspecto, su comportamiento y hasta su forma de reproducción. La facilidad de movilidad a cualquier parte de la planta y en cualquiera de sus estadios es lo que propicia el daño principal pues contamina a los cultivos de brassicáceas y por lo tanto la calidad de la cosecha se ve demeritada. Es necesario hacer un manejo integral y es por eso que el conocimiento de diferentes herramientas hará que la estrategia sea exitosa. Una herramienta importante es el uso de enemigos naturales, en este trabajo se identificaron especies parasitoides momificadoras de áfidos, encontrando además las especies: *Asaphes* sp., *Pachyneuron* sp. y *Alloxysta fuscicornis*; hiperparásitas de éstos. Encontrando que el braconido *Diaeretiella rapae* (88.22%), es el parasitoide más importante por la frecuencia en la que aparece, seguido de *Aphidius colemani* (3.55%) y *Lysiphlebus testaceipes* (2.51%). Abriendo la posibilidad de poder criar a este parasitoide y poder llevar a cabo un buen manejo integral.

Palabras clave: control biológico, parasitoides, Aphidiinae, áfidos, pulgones, brócoli, *Diaeretiella rapae*, *Aphidius colemani*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Asaphes* sp., *Pachyneuron* sp., *Alloxysta fuscicornis*, *Brevycorine brassicae*, *Myzus persicae*.

ABSTRACT

Aphids are a very large group of insects, 3,500 species have been recorded, of which 500 are agricultural pests. Their life cycle is complicated since they pass through several phases and forms, sometimes so different that some aphids may come to be considered different species. Its ecology is so diverse that there are different populations within the same species either by their appearance, behavior, and its reproduction. The ease of mobility to all parts of the plant and in all stages causes the main damage due to contamination of Brassicaceae crops and therefore the quality is devaluated. It is necessary to perform an integrated management and for it to succeed the knowledge of different tools is mandatory. An important tool is the use of natural enemies, in this study were identified aphid parasitoid species as well as found their hyperparasites species: *Asaphes* sp., *Pachyneuron* sp. and *Alloxysta fuscicornis*. Finding that the braconid *Diaeretiella rapae* (88.22%), is the most important parasitoid because of the frequency it shows followed by *Aphidius colemani* (3.55%) and *Lysiphlebus testaceipes* (2.51%). Opening a possibility to rear this parasitoid and carry out a good integral management.

Key words: biological control, parasitoids, Aphidiinae, aphids, broccoli, *Diaeretiella rapae*, *Aphidius colemani*, *Lysiphlebus testaceipes*, *Asaphes* sp., *Pachyneuron* sp., *Alloxysta fuscicornis*, *Brevycorine brassicae*, *Myzus persicae*.

¹ Tesista

² Director de Tesis.

¹ Thesis Author

² Thesis Director

1. Introducción

Nuestra raza comparte el planeta con alrededor de 10 millones de organismos; cada uno de ellos come, crece y se reproduce de diferentes formas en diversos lugares alrededor del mundo, pero ninguna especie lo hace de manera aislada. Todas las especies están interconectadas en cierta medida, por ejemplo, los tigres no pueden vivir si no hay presas disponibles, tal como los conejos no pueden sobrevivir si no hay plantas que puedan comer. Nosotros como humanos tenemos una posición muy dominante en muchos ecosistemas y dependemos de muchas especies para alimentarnos y refugiarnos. Especialmente porque la influencia de nuestra raza es tan persistente a lo largo del mundo, que competimos con muchos organismos y generalmente visualizamos a muchos de ellos como competencia, como plagas (Hajek, 2004).

El hombre ha estado “lleno” de plagas desde el principio de los tiempos. Una plaga puede definirse como un organismo que reduce la disponibilidad, calidad o valor de un recurso humano (Flint & van den Bosch, 1981) y necesita ampliarse debido a la gran diversidad de formas en las que las plagas afectan a la humanidad ya que los recursos en cuestión pueden ser desde alimento, entretenimiento, placer y hasta de repercusión en la salud pública; de tal forma que estas plagas tienen una gran diversidad taxonómica que van desde microorganismos hasta mamíferos. Con tanta variabilidad viene una diversidad de adaptaciones, y algunos organismos son competidores agotadores.

Por ejemplo, los pulgones constituyen un grupo muy extenso de insectos, se han registrado 3,500 especies, de las cuales 500 son plagas agrícolas. (Triplehorn & Johnson, 2005). Su ciclo de vida es complicado pues pasan por diversas fases y formas, tan diferentes entre sí que en algunos áfidos podrían llegarse a considerar especies distintas. Su ecología es tan diversa que existen distintas poblaciones dentro de la misma especie ya sea por su aspecto, su comportamiento y hasta por su forma de reproducción. (Cabello & Barranco, 1995).

Así pues, nuestra raza siempre ha tenido que trabajar sobre aquellas plagas que nos afectan directamente, se ha innovado y por lo tanto las prácticas de control han cambiado dramáticamente alrededor del mundo y a través de los tiempos, siendo el dato más antiguo donde Homero menciona al azufre como fumigante alrededor del año 1000 A.C.; pasando por compuestos naturales derivados del tabaco, prácticas culturales, etc., hasta la llegada de moléculas sintéticas desarrolladas durante la 1ª y 2ª Guerra Mundial, y observando como el uso y desarrollo de nuevas moléculas se ha incrementado notablemente alrededor del planeta. Sin embargo, el uso de plaguicidas no siempre es la respuesta correcta, a pesar de que éste sea el método de control más usado (Hajek, 2004).

Por esta razón, los enemigos naturales son el recurso fundamental del control biológico y provienen de una gran cantidad de grupos taxonómicos que difieren ampliamente en su biología y ecología (Van Driesche *et al.*, 2007) De tal forma que el conocimiento de todo esto nos permite tomar ventaja para poder establecer y llevar a cabo un buen programa de control biológico.

Los parasitoides han sido los enemigos naturales más usados e introducidos contra insectos plaga (Greathead, 1986); y a diferencia de los parásitos verdaderos, los parasitoides matan a sus hospederos y completan su desarrollo en un solo huésped (Godfray, 1994).

La mayoría de los parasitoides pertenecen a los órdenes Hymenoptera y Diptera, unos pocos a Coleoptera, Neuroptera y Lepidoptera (Van Driesche, 2007). Greathead (1986) menciona que de 26 familias de parasitoides, las especies más usadas se encuentran en: Braconidae, Ichneumonidae, Eulophidae, Pteromalidae, Encyrtidae y Aphelinidae. Sin embargo, sabemos por diferentes reportes que existen especies reportadas como enemigos naturales con mucho potencial, de las cuales hay que abundar para poder usarlas en nuestro beneficio y poder hacer un buen manejo, que sea lo más adecuado a nuestras necesidades, que contribuya a cuidar nuestro medio y poder alcanzar y mantener un balance natural. Siendo lo anterior la razón de este trabajo de investigación, el cual, estoy segura aportará información valiosa para el control biológico.

2. Objetivos

- Identificar las especies parasitoides de pulgones que afectan al brócoli en la zona de Mixquic, Distrito Federal y la zona de Influencia Chapingo.
- Identificar las especies de hiperparasitoides encontradas en las mismas zonas.
- Determinar la especie presente en mayor frecuencia en los tres sitios de colecta.

3. Revisión de Literatura

3.1. Brócoli

Los brotes de brócoli son propios de clima frío, tolerante a las heladas, además de ser ampliamente adaptado y desarrollado para las regiones templadas y subtropicales de los hemisferios norte y sur. De igual forma el cultivo de brócoli es más tolerante al calor que algunas otras crucíferas, por lo que los tipos anuales se pueden cultivar en climas subtropicales. Históricamente el brócoli fue domesticado en el Mediterráneo, posiblemente en Chipre o Creta, aunque la localización exacta es difícil de determinar de manera concluyente. Recientemente se hizo popular más allá de su origen mediterráneo. A principios de 1900 fue introducido desde Italia a los EE.UU., donde en el transcurso de varias décadas se convirtió rápidamente en un vegetal importante. Su popularidad en los EE.UU. se extendió a otras partes del mundo y su re-introducción y el reconocimiento en Europa ha sido relativamente reciente. Hoy en día, el brócoli se siembra ampliamente como un cultivo económico significativo en Europa, América del Norte, partes de América Central y América del Sur, Asia oriental y Australia.

3.1.1.Taxonomía

Reino: Plantae

Phylum: Spermatophyta

Subphylum: Angiospermae

Familia: Brassicaceae

Género: *Brassica*

Especie: *Brassica oleracea* var. *italica*

El nombre científico más usado es *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck y su nombre común es Brócoli. Sin embargo se pueden encontrar otros nombres científicos como: *Brassica oleracea* Grupo *Italica*, *Brassica oleracea* var. *botrytis* subvar. *asparagoid* LAM, *Brassica oleracea* var. *botrytis* subvar. *cymosa* y *Brassica oleracea* var. *botrytis* var. *italica* Plenck.

Hay confusión sobre el nombre botánico correcto para el brócoli. Estudios genéticos moleculares han mostrado importantes diferencias morfológicas entre los cultivos de *Brassica oleracea*, éstas son causadas por un solo gen o unos pocos. En los últimos 15 años, ha habido un creciente consenso entre botánicos y es que muchas de las especies de *Brassica* no deberían ser subdivididas en distintas variedades botánicas. Por ejemplo, el Índice de las plantas de jardín (Griffiths, 1994) clasifica al brócoli como *Brassica oleracea* Grupo de *Itálica* en lugar de *italica* variedad botánica utilizada en la literatura antigua. El Grupo de plazo (gP.) es utilizada por los horticultores por la conveniencia de mostrar grupos de importancia hortícola dentro de una especie, que se clasificaron previamente como variedades por separado. En la literatura más antigua de la familia Brassicaceae se llamaba Cruciferae. Los términos y los cultivos “col” reflejan la nomenclatura antigua y persisten en algunas áreas. De tal forma que a la Coliflor se le puede denominar “brócoli de cabeza” y al brócoli como “brócoli en retoños”. (CABI, 2012).

3.1.2. Descripción

Brassica oleracea var. *italica* tiene nueve cromosomas y se puede cruzar con otros grupos o variedades botánicas de *Brassica*. Las plántulas de brócoli son difíciles de distinguir de cultivos relacionados. Las hojas son gruesas, algo coriáceas, oblongas suaves, simples, alternas, pecioladas y pinnadas. El color de las hojas va de azul grisáceo al verde. Los sistemas radicales son moderadamente bajos con una raíz principal que ramifica con facilidad dando lugar a muchas raíces fibrosas que se concentran entre los 30-40 cm del suelo. Los cultivares anuales forman una inflorescencia de muchos botones florales inmaduros agrupados muy juntos en una cabeza entre los 50-70 días después de la emergencia en promedio. Para los cultivares bianuales, el tallo se alarga después de que las plantas han pasado la fase juvenil y han recibido suficiente frío para inducir la floración. La inflorescencia es un racimo que se alarga rápidamente con muchas flores pequeñas que se forman en la terminal. La inflorescencia produce flores bisexuales en forma de cruz y con cuatro pétalos de color amarillo o blanco, un pistilo y seis estambres. La forma en cruz de las flores es la base de crucíferas, el nombre arcaico de la familia Brassicaceae. La inflorescencia ramificada, comienza como una cabeza compacta ligeramente en forma de cúpula hasta 40 cm de diámetro y pierde compacidad a medida que se amplía el tallo de la flor y las flores abiertas. En plena floración, la planta será más o menos espesa de 1 m de altura y aproximadamente 0.5 m de ancho. A pesar de que las flores son perfectas no se auto-polinizan debido a la incompatibilidad de polen, así que por lo general se polinizan por insectos, frecuentemente por las abejas. Esto significa que el polen sólo puede germinar y crecer con éxito en un estigma de una flor de una planta diferente. Un

ovario superior con una o dos células se convierte en una fruta llamada silicua que es una vaina larga, comestible, 4.5-10 cm de largo y 3-6 mm de ancho. Cuando se secan las silicuas son dehiscentes y se separan en dos mitades para permitir la liberación de 20-40 semillas, que van desde el marrón oscuro a marrón púrpura. Las semillas por lo general maduran entre los 50-90 días después de la fecundación. Una planta de brócoli y de polinización puede producir poco más de 20 gramos de semilla, siendo alrededor de 300 semillas en un gramo. (CABI, 2012).

3.1.3. Biología y Ecología

El brócoli es una planta herbácea dicotiledónea con los tipos de carácter, anual y bianual. Los tipos bianuales requieren vernalización para la formación de la cabeza comestible y la floración. Las cabezuelas del brócoli generalmente son de color verde. La parte comestible son las porciones tiernas de inflorescencias así como la parte superior del tallo. Los tallos van de 40 a 100 cm y tienen largos entrenudos también. La coloración de las hojas es muy diversa, va desde gris a verde azulado; algunas tienen una capa de cera cuticular que da a las hojas un aspecto apagado y gris nublado. Las formas primarias de inflorescencia en el extremo del vástago alargado no está ramificado, aunque la propia inflorescencia está altamente ramificada. Los botones florales en el término de cada rama de la inflorescencia en conjunto producen una cabezuela compacta y un poco hemisférica. Los racimos de brotes de color verde suelen estar rodeados, pero no cubiertos por hojas subtendidas. Las cabezuelas del brócoli son mucho menos densas que la coliflor y están totalmente expuestas durante todo el desarrollo. Con un crecimiento continuo, las ramas de la inflorescencia por

separado, dan lugar a la pérdida de la cabezuela y la forma compacta. Se forman pequeñas inflorescencias en las axilas de las hojas inferiores tras el crecimiento de la inflorescencia principal. El desarrollo de inflorescencias secundarias es influenciado por la dominancia apical de la inflorescencia terminal y el grado de supresión depende del cultivar.

Los cultivares de maduración tardía o bianuales requieren vernalización para iniciar el desarrollo floral. Los cultivares anuales no requieren vernalización para producir una inflorescencia. Los híbridos en general han reemplazado variedades de polinización abierta. Algunas características importantes que diferencian a los cultivares incluyen compactación de la cabezuela y su forma, el grado de ramificación, tamaño y color de los botones florales individuales, la longitud del tallo, el número y longitud de los entrenudos y el desarrollo floral auxiliar. Muchos de los cultivares comerciales actuales son híbridos F1 producidos por el cruce de líneas consanguíneas, a menudo con resistencia a una o más plagas. Estos híbridos son populares debido a que presentan heterosis y son más productivos y uniformes.

El brócoli es menos sensible a las temperaturas extremas que la coliflor. El crecimiento vegetativo puede ocurrir en un amplio intervalo de temperaturas, pero se produce el desarrollo de alta calidad de la cabezuela en un rango de temperatura de aproximadamente 12 a 20°C. Por encima de 25°C, las cabezuelas compactas no se forman, debido a la elongación del tallo en exceso y el desarrollo floral rápido. Las bajas temperaturas durante el desarrollo temprano de la planta puede causar partida prematura de la cabezuela. El crecimiento es lento a temperaturas inferiores a 5 C. La

inflorescencia, si está bien adaptada, puede tolerar temperaturas tan bajas como -7°C durante periodos cortos sin sufrir daños. (CABI, 2012).

3.1.4. Recursos Genéticos

Las especies cultivadas de *Brassica* se producen en muchos países y son importantes para la producción de aceite, como cultivos de hortalizas y condimentos, por lo que hay una gran cantidad de diversidad genética dentro de *Brassica oleracea* y *Brassica*. Los cultivos de *Brassica* contribuyen a la economía mundial, la salud humana (las verduras contienen vitaminas y compuestos anticancerígenos, el aceite de colza contiene un excelente balance de ácidos grasos poli-insaturados) y el ambiente (aceite de colza puede servir como biocarburante o un recurso renovable para aplicaciones industriales). Sin embargo, además de los beneficios, se requiere la considerable mejora en la eficiencia de rendimiento, calidad, robustez, alcance. Debido a su estrecha relación filogenética con la especie modelo *Arabidopsis thaliana*, se pensó que la transferencia de conocimientos para el mejoramiento de los cultivos de *Brassica* sería sencillo. Sin embargo, aunque la fisiología y la biología del desarrollo de *Arabidopsis* y *Brassica* son muy similares, los genomas de las especies de *Brassica* son mucho más complejos que la de *A. thaliana*, como resultado de múltiples rondas de poliploidia durante su ascendencia. Por ejemplo, *B. napus* puede contener más de 100,000 genes, en comparación con aproximadamente 28,000 en *A. thaliana*. Esto hace que la identificación de relaciones ortólogas de genes sea extremadamente difícil, y la presencia en *Brassica* de homólogos múltiples de cada gen en *A. thaliana* ofrece amplias oportunidades para la divergencia de la función génica.

Los genomas de especies de *Brassica*, a pesar de ser de 4 a 10 veces más grande que el de *A. thaliana*, siguen siendo de un tamaño manejable para la secuenciación genómica. Se están construyendo los mapas físicos para las especies más importantes, como *B. oleracea*. Aunque tales mapas físicos serán de gran valor para la identificación de regiones específicas de los genomas de estos cultivos importantes, no permitirá el análisis detallado de la totalidad del genoma del género *Brassica*, la preparación de microarreglos para analizar el transcriptoma, o el diseño eficiente de marcadores asociados con las secuencias de genes específicos para su uso en programas de mejoramiento. Para alcanzar estos otros objetivos, se requiere la secuencia completa de al menos uno de los genomas de *Brassica*. Es necesario solamente una secuencia del genoma de *Brassica* tanto inicialmente como la macroestructura (nivel cromosómico) como la microestructura (nivel gen por gen) de los genomas de *Brassica* los cuales muestran extensa, aunque imperfecta, colinealidad. (CABI, 2012).

3.1.5. Aspectos Agronómicos

Hay muchas maneras diferentes de producir brócoli. Los cultivares de maduración temprana de brócoli se siembran o plantan en primavera para madurar antes de la aparición de calor, o en verano y principios de otoño para la cosecha a finales de otoño y principios del invierno. Los primeros cultivares requieren 85-90 días desde la siembra hasta la cosecha, y los principales cultivos de temporada requieren 110-115 días. Los cultivares de madurez media se plantan en verano para la cosecha en el otoño o principios de invierno en las zonas septentrionales. El brócoli se puede cultivar en cualquier época del año donde el clima es lo suficientemente frío. La mayoría de los

cultivares de madurez temprana del brócoli presentan brotación que no necesita vernalización para producir una cabezuela. Los cultivares tardíos que requieren vernalización o el tratamiento en frío para la producción de la cabezuela, a veces se plantan en lugares donde se puede germinar el brócoli pasando el invierno y se cosecha a finales del invierno o principios de primavera. (CABI, 2012).

3.1.6. Importancia Económica

La producción de brócoli se ha incrementado notablemente, solo para 2010 se sembraron 22, 651.30 Ha; de las cuales se obtuvo una producción de 306, 523.04 Toneladas con un valor total de la producción de más de mil millones de pesos. (SIAP, 2012)

3.1.7. Plagas

Las principales plagas del cultivo del brócoli en México, de acuerdo a Bujanos y Marín (1996), se pueden clasificar en plagas contaminadoras y plagas secundarias.

Las plagas contaminadoras son: la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), el gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*) y el pulgón cenizo (*Brevicoryne brassicae*). Mientras que en las plagas secundarias están: la mariposita de la col [*Artogeia* (= *Pieris*) *rapae*], el gusano de la col (*Leptophobia aripa*), el gusano soldado (*Spodoptera exigua*), el gusano del corazón de la col (*Copitarsia consueta*), otros pulgones como *Myzus persicae* y *Lipaphis erysimi*, diabroticas (*Diabrotica balteata* y *D. undecimpunctata*) y las chinches (*Murgantia histrionica* y *Lygus* sp.)

3.1.7.1. Palomilla Dorso de Diamante (*Plutella xylostella*)

Se ha convertido en una plaga seria en todo el mundo, de los cultivos de *Brassica*, ya que ha desarrollado resistencia a insecticidas. Su nombre está dado por las marcas en forma de diamante sobre el adulto. Las larvas de *P. xylostella* son más activas en primavera y principios del verano, y puede llegar a tener hasta 10 generaciones durante el período vegetativo. Las larvas son más pequeñas que las de otras plagas de los cultivos de *Brassica*. Las larvas maduras son de color verde, largo 10-15 mm, y ahusada en ambos extremos. Las larvas se retuercen violentamente cuando se les molesta y, a menudo cuelgan de la hoja mediante un hilo de seda.

Las larvas se alimentan en el envés de las hojas. En sus primeros instares no mastican completamente a través de la hoja, dando una apariencia “cristalina”. Las larvas grandes pueden masticar completamente a través de las hojas formando agujeros; de hecho también pueden alimentarse de las cabezuelas en desarrollo, causando deformación de la cabezuela y ayudando a la entrada de patógenos. Las pupas de *P. xylostella* son de color verde y están unidas al follaje en un capullo cerrado semejante a una red. (CABI, 2012).

3.1.7.2. Falso medidor (*Trichoplusia ni*)

Son más activos a principios del verano y el otoño. Las larvas maduras pueden crecer hasta 38 mm de largo y tienen tres pares de propatas. Su color verde se mezcla bien con el follaje, y su excremento oscuro, se ve a menudo antes de las larvas. Las pupas son de color verde y se adjuntan a la parte inferior de las hojas. Son dos veces mayor que las pupas de *P. xylostella*. Las larvas de *T. ni* mastican y forman agujeros en las

hojas, entre más crecen mayor es la cantidad de follaje que consumen. Debido a que las larvas grandes son menos susceptibles a los insecticidas que los jóvenes, los aerosoles insecticidas deben aplicarse cuando las larvas se encuentran todavía en las primeras etapas de crecimiento. Los insecticidas a base de *Bt* son de moderada a altamente eficaces y pueden ser utilizados por separado o en combinación con insecticidas piretroides, si es necesario. (CABI, 2012).

3.1.7.3. Los Áfidos

Estos insectos constituyen un grupo muy extenso de insectos. Pertenecen al orden Hemiptera, suborden Homoptera y forman la superfamilia Aphidoidea. Están distribuidos principalmente por las zonas templadas, y se han registrado 3,500 especies, de las cuales 500 son plagas agrícolas. De todas ellas hay algunas que sólo afectan a un solo cultivo (monófagas), y otras que lo hacen a gran número de ellos (polífagas). (Triplehorn & Johnson, 2005).

El ciclo biológico de la mayoría de éstos es muy complejo. Invernan en estado de huevecillo y al eclosionar durante la primavera dan origen a hembras que se reproducen partenogenéticamente dando lugar al nacimiento de ninfas vivas, que es a lo que se le conoce como ovoviviparidad. Varias generaciones se reproducen por este medio y están formadas exclusivamente por hembras. La primera y segunda generaciones consisten en individuos ápteros, eventualmente aparecerán las hembras aladas que migran a otros hospederos y el proceso reproductivo continúa. A fines de la temporada los áfidos regresan al hospedero original y es ahí donde aparece la

generación sexual, es decir machos y hembras que se aparean y que dan origen a los huevecillos invernantes. (Domínguez, 1999).

3.1.8. Importancia económica de los áfidos

La facilidad de movilidad de estos insectos a cualquier parte de la planta y en cualquiera de sus estadíos es lo que propicia el daño principal, pues contamina a los cultivos de brassicáceas y por lo tanto la calidad de la cosecha se ve demeritada. (Bujanós y Marín, 1996).

Las poblaciones del pulgón cenizo (*Brevicoryne brassicae*) pueden incrementarse a tales niveles que causan serios daños a cultivos de brassicáceas. De hecho se indica que la preferencia mostrada tanto por *B. brassicae* como por *Myzus persicae*, está influenciada más por el color de las hojas de las plantas hospederas que por su propio valor nutricional. (Bonnemaizon, 1965). Aunque también se menciona que existen ciertos componentes que juegan un rol importante en la ubicación y colonización de sus hospederos, tal es el caso de la sinigrina (alilglucosinolato) que es un fagoestimulante para los especialistas en brassicáceas: *Brevicoryne brassicae* y *Lipaphis erysimi*, y para el polífago *Myzus persicae*, pero que disuade a aquellos no se alimentan de estas plantas como es el caso de *Aphis fabae* y *Acyrtosiphon pisum*. (Pikket *et al.*, 1992).

Collier *et al.* (2003) observaron la influencia de las plagas (principalmente áfidos y orugas) sobre la calidad de los cultivos de *Brassica* comerciales, muestrearon empacadoras y observaron que ninguna de las muestras estaba enteramente libre de plagas. Los áfidos son las plagas de insectos más numerosos, y un elevado número de

Brevicoryne brassicae y *Myzus persicae* fueron encontrados en varios sitios. Las larvas fueron mucho menos numerosas.

3.1.8.1. *Brevicoryne brassicae*

Brevicoryne es un pequeño género asociado a las brassicáceas, con cinco especies de origen paleártico y uno en el ártico canadiense. *Brevicoryne brassicae* fue descrita por primera vez, como *Aphis brassicae*, en 1758 por Linneo, en base a áfidos recolectados en Suecia. (CABI, 2012).

Taxonomía

Dominio: Eukaryota

Reino: Metazoa

Phylum: Arthropoda

Subphylum: Uniramia

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Aphidoidea

Familia: Aphididae

Género: *Brevicoryne*

Especie: *Brevicoryne brassicae*

Descripción

Cornículos cortos y cauda triangular, los áfidos ápteros son de tamaño mediano (1.6-2.6 mm), de color grisáceo-verde o verde mate, con la cabeza y marcas dorsales torácicas y abdominales de color oscuro. El cuerpo está cubierto con cera de color blanco grisáceo de apariencia harinosa, que también se secreta en la superficie de la planta y se extiende a lo largo de la colonia. Los alados tienen una cabeza oscura y el tórax, con barras transversales negras en el abdomen dorsal y miden de 1.6-2.8 mm. (Blackman y Eastop, 1984).

Distribución

B. brassicae está presente en todas las regiones de clima templado y cálido alrededor del mundo. En la Figura 1 se observa su presencia alrededor del mundo. (CABI, 2012).

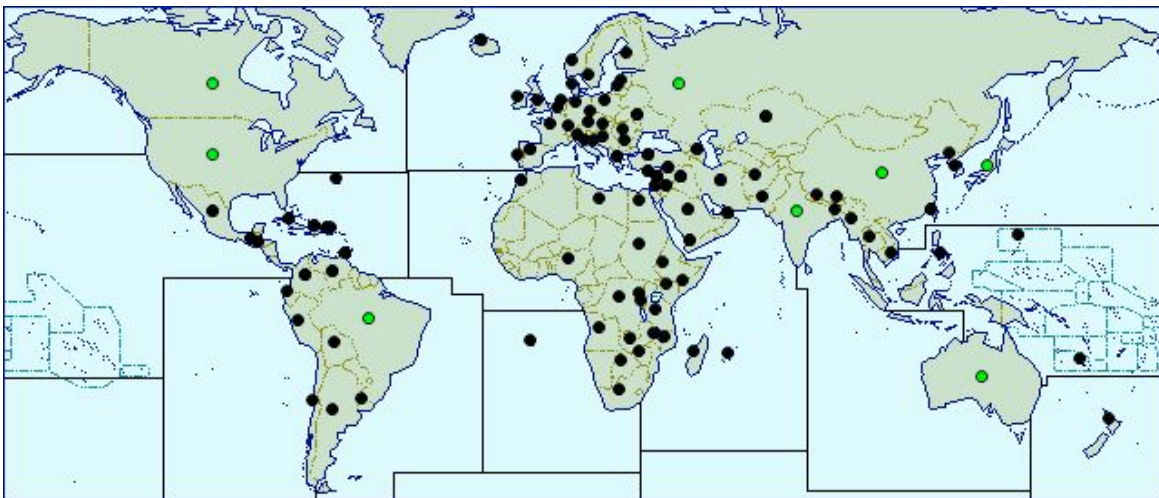


Figura 1. Distribución mundial de *Brevicoryne brassicae*

Biología y Ecología

B. brassicae está prácticamente restringido a las brassicáceas. Muchos géneros de esta familia son colonizados por este áfido. Ellis y Singh (1993) nos muestran una lista de las plantas hospedantes de *B. brassicae*:

Brassica juncea var. *juncea* (mostaza india)

Brassica napus var. *napobrassica* (colinabo)

Brassica napus var. *napus* (canola)

Brassica nigra (mostaza negra)

Brassica oleracea var. *botrytis* (coliflor)

Brassica oleracea var. *gemmifera* (coles de Bruselas)

Brassica oleracea var. *gongylodes* (colirábano)

Brassica oleracea var. *italica* (brócoli)

Brassica rapa ssp. *oleifera* (nabina)

Brassica rapa subsp. *chinensis* (col china)

Brassica rapa subsp. *pekinensis* (repollo chino)

Raphanus sativus (rábano)

Sinapis alba (mostaza blanca)

La alimentación es directa y durante el crecimiento vegetativo conduce a un marchitamiento visible de las plantas. El ataque temprano puede llevar a retrasos en el crecimiento. Los síntomas de los virus transmitidos por *B. brassicae* incluyen mosaicos, clorosis y lesiones necróticas en las hojas, la senescencia prematura de la hoja, diversos grados de retraso en el crecimiento además de enrollamiento y distorsión de las hojas.

Los signos y síntomas varían dependiendo de la parte afectada, por ejemplo: en el fruto, puntos de crecimiento, inflorescencia y semillas se observa alimentación externa; en las hojas, melaza o fumagina; mientras que en toda la planta puede haber marchitamiento e incluso enanismo. (CABI, 2012).

B. brassicae es una especie holocíclica autoica (sin hospedero alterno, pero con una generación sexual) en las regiones más frías; y se comporta como anholocíclico (reproducción partenogenética durante todo el año), donde el clima es suave en invierno. Los machos de *B. brassicae* son alados y relativamente resistentes al frío, aunque la mortalidad de las poblaciones holocíclicas durante el invierno es un factor importante en las regiones más frías. Tiene $2n = 16$ cromosomas, sin variación cariotípica. Sin embargo, un biotipo distinto sobre la colza fue descrito por Lammerik (1968).

Los individuos de *B. brassicae* forman agregaciones compactas cerosas, generalmente inmóviles debido a una fuerte tendencia de la progenie a permanecer en contacto con la madre (Hayamizu, 1982). El hacinamiento de ninfas anholocíclicas, puede dar origen a la producción de individuos alados (Bonnemaison, 1976).

Tiene cuatro estados ninfales. Verma y Makhmoor (1988) estudiaron la tasa intrínseca de crecimiento natural de la coliflor en 14-21°C y la máxima longevidad encontrada fue de 33 días y el período máximo de reproducción de 15 días. La especie tenía un tiempo de generación de 21.7 días durante el cual se multiplicó 49.8 veces. La población se duplicó en 3.8 días.

La gama de hospederos está estrechamente asociada con la característica química de las Brassicáceas. La sinigrina es necesaria para obtener respuesta a la alimentación completa (Nault y Styer, 1972). Los estudios con la alimentación de *B. brassicae* demuestran que pueden reconocer las plantas hospederas inmediatamente después de sondear la superficie de la hoja (Gabrys y Chorazyczewska, 1998). Los isotiocianatos volátiles, productos de degradación de sinigrina, también son atractivos para los adultos (Nottingham *et al.*, 1991).

3.1.8.2. *Myzus persicae*

Este áfido es probablemente de origen asiático, al igual que su hospedero principal (*Prunus persica*). (CABI, 2012).

Taxonomía

Dominio: Eukaryota

Reino: Metazoa

Phylum: Artrópoda

Subphylum: Uniramia

Clase: Insecta

Orden: Hemiptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Aphidoidea

Familia: Aphididae

Género: *Myzus*

Especie: *Myzus persicae*

Descripción

Son de color variable, verde, verde-amarillo. verde-grisáceo y amarillo pálido. Miden de 1.2 a 2.3 mm de longitud. La cabeza tiene una hendidura bien definida, separa los tubérculos antenales. Los cornículos amarillentos con la quinta parte o mitad apical obscura; y con una constricción en el tercio basal. Patas casi incoloras, excepto los ápices de las tibias y los tarsos que son oscuros. Cauda alargada, con tres pares de setas. (Ayala,2008)

Distribución

Presente en todo el mundo, excepto cuando hay extremos de temperatura o humedad, Se observa su presencia alrededor del mundo en la Figura 2. (CABI, 2012).

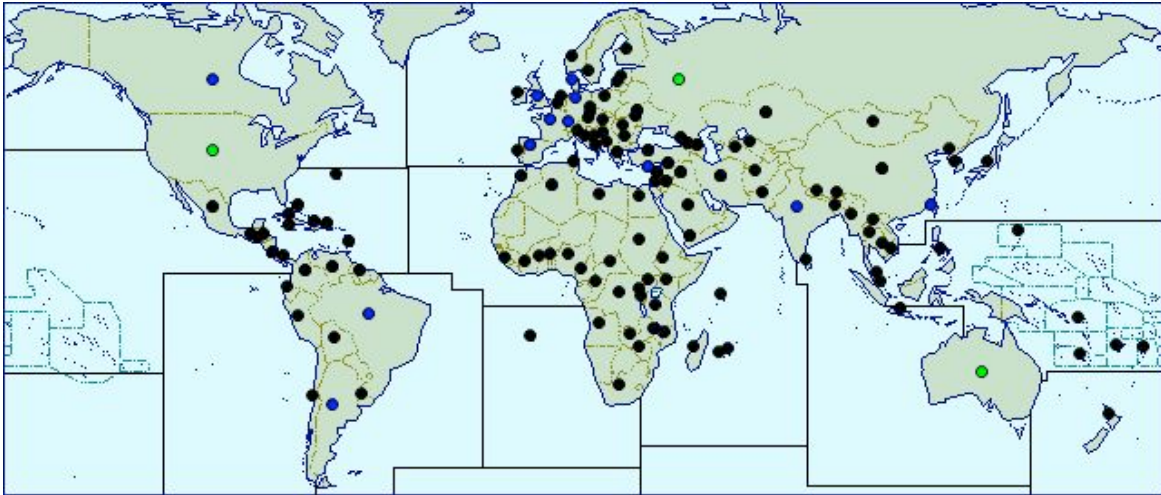


Figura 2. Distribución mundial de *Myzus persicae*

Biología y Ecología

Su hábitat es cosmopolita, puede estar tanto en cultivos agrícolas como ornamentales, y de igual manera en plantas herbáceas sin importancia agrícola o económica. (CABI, 2012).

M. persicae es una especie altamente polífaga, dentro de sus hospederos de verano, se encuentran más de 40 familias diferentes, incluyendo Brassicaceae, Solanaceae, Poaceae, Leguminosae, Cyperaceae, Convolvulaceae, Chenopodiaceae, Compositae, Cucurbitaceae y Umbeliferae, incluyendo muchas plantas de importancia económica.

El efecto de la infestación depende en gran medida de la planta hospedera y de si es que se le ha transmitido algún virus. Las poblaciones de primavera causan severa curvatura y distorsión en las hojas de durazno. En papa, los síntomas de PLRV son el enrollamiento de las hojas y la necrosis del tubérculo madre. En la remolacha azucarera, hay transmisión de un complejo de virus (BYV, BYDV, BWYV) que causan

amarillamiento en las hojas más viejas, manchas cloróticas y engrosamiento de las hojas, que toman una apariencia como de cuero quebradizo. En muchos cultivos *M. persicae* aparece en bajas densidades, especialmente en las hojas viejas. (CABI, 2012).

Las poblaciones de este áfido son holocíclicas heteroicas (hospederos alternos, con reproducción sexual durante parte de su ciclo de vida) entre los *Prunus* (normalmente durazno) y hospederos de verano; pero en muchas partes del mundo en el que está ausente el durazno, y en un clima templado que permite etapas activas para sobrevivir durante el invierno las poblaciones pueden ser anholocíclicas en hospederos secundarios. Por lo general, las anholocíclicas se presentan en las zonas tropicales y subtropicales, con algunas excepciones: por ejemplo, Ghosh y Verma (1990) reportaron hembras ovíparas ápteras de *M. persicae* por primera vez desde la India, colectadas en *Prunus persica*. Blackman (1974) discute la variabilidad del ciclo de vida de *M. persicae* en todo el mundo.

Para las poblaciones de primavera, las hembras aladas migran a hospederos de verano donde se produce por partenogénesis una serie de individuos (todos ellos hembras), aladas y ápteras. Éstas se desarrollan hasta que la duración del día se reduce, en relación con la temperatura por debajo del umbral requerido e induce la migración de otoño ya sea a durazno o a su hospedero inicial. (CABI, 2012).

3.2. Enemigos Naturales de áfidos.

Pocos enemigos naturales de áfidos son específicos, ya que se sienten atraídos por los ácidos de los hábitats particulares. Así, los enemigos naturales importantes que atacan

las plagas de pulgones en los cultivos particulares tienden a variar en función del cultivo, las circunstancias en que se cultiva y el clima. Esto es particularmente cierto de las plagas de pulgones que atacan una amplia gama de diferentes cultivos en grandes áreas geográficas. Además, muchos parasitoides son miembros de conjuntos de especies morfológicamente muy similares, pero con diferentes preferencias de huéspedes y distribución geográfica (CABI, 2012); desafortunadamente éstos no han llegado a tener éxito en el control de esta plaga como para prescindir del manejo químico.

Un factor físico que es considerado un enemigo natural, es la lluvia, de hecho se puede decir que es el más importante y eficaz; sin embargo, si la lluvia se presenta una vez establecidos en el corazón de la col es muy difícil que pueda reducir estas colonias.

Los coleópteros de la familia Coccinellidae, son considerados como el segundo grupo más importante en depredación de insectos. Este grupo constituido por más 5, 000 especies se caracterizan por su forma oval, convexa y colores brillantes y variados, con una escala de longitud del cuerpo que va de 1.5 a 12 mm (Bravo, 1992).

La catarina, *Hippodamia convergens* es polífaga, en su desarrollo pasa por cuatro instares larvales en los cuales son más voraces. Su alimentación se basa principalmente de áfidos asociados a diferentes cultivos. Jasso (1993) menciona que para alimentarse solo pasan siete horas después de su eclosión, y su consumo aumenta de 4 hasta 70 áfidos por día.

Otro depredador de importancia es la larva de la mosca del género *Syrphus*, sin embargo, el control de pulgones es mínimo, ya que estos enemigos naturales son más activos en el periodo de lluvias, cuando los áfidos pierden importancia.

El parasitoide más importante asociado con *B. brassicae* en todo el mundo es *Diaeretiella rapae*. Starý (1976) enumera 14 sinónimos de este enemigo natural, que fue registrado por primera vez en 1855, en los países de presencia en el Mediterráneo. De Souza *et al.* (1992) colectaron 7027 momias de áfidos en brassicáceas en Brasil, con una emergencia del 79% del total de *D. rapae*, siendo así el más importante. Sin embargo, se pensó que la abundancia de hiperparasitoides podría limitar su eficacia como un control natural en éste y otros estudios (Chua, 1977; Horn, 1989). La acción de *D. rapae* ha sido un factor significativo en el estudio del desarrollo de poblaciones de áfidos en Polonia (Wiech y Jankowska, 1994), en los EE.UU. (López *et al.*, 1989), en Kenia (Bahana y Karuhize, 1986) y en otros lugares. En Polonia, Wiech y Jankowska (1994) registraron el mayor parasitismo promedio de *B. brassicae* en la col (22%), en comparación con otros cultivos de *Brassica*, mientras que el parasitismo alcanzó el 35% de la colza y mostaza en otro estudio realizado en Polonia, aunque en éste último caso, el parasitismo fue ineficaz en el control de áfidos (Gabrys *et al.*, 1998). *D. rapae* prefiere atacar las especies de áfidos de colores claros y utiliza el olor de las crucíferas como referencia. La inmovilidad de *B. brassicae* representa una baja defensa contra el parasitismo por el movimiento, pero su capa de cera ofrece un grado de protección. *D. rapae* parece tener una gama más amplia de áfidos hospederos en los Estados Unidos que en Europa. Otros parasitoides son de menor importancia. (CABI, 2012).

4. Materiales y Métodos

4.1. Localización y características del lugar de colecta.

Tláhuac, D.F.

Es una Delegación situada al sureste del Distrito Federal, en ella, San Andrés Mixquic se dedica a la agricultura, aunque en las últimas cuatro décadas se ha transformado por un acelerado proceso de urbanización, como resultado del crecimiento poblacional.

Su información meteorológica se muestra a continuación y fue tomada del Servicio Nacional de Meteorología.

Estación	009051 Tláhuac, Tláhuac
Latitud	19°15'46" N
Longitud	99°00'13" W
Altura	2, 240 MSNM
Temperatura media anual (°C)	16.75
Temperatura máxima (°C)	25.35
Temperatura mínima (°C)	8.15

Cuadro 1. Datos Meteorológicos de la Delegación Tláhuac.

Fecha	Temperatura máxima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima (°C)	Lluvia (mm)	Precip. acumuladas (mm)
Enero	23.8	13.8	3.9	9.1	9.1
Febrero	24.9	14.9	5.0	5.3	14.4
Marzo	26.8	16.8	6.7	10.1	24.5
Abril	28.2	18.4	8.6	15.8	40.3
Mayo	28.3	19.1	9.8	53.3	93.6
Junio	26.0	18.5	11.1	88.7	182.3
Julio	24.5	17.7	10.9	106.5	288.8
Agosto	24.3	17.6	10.8	104.4	393.2
Septiembre	24.6	17.6	10.7	89.4	482.6
Octubre	24.8	17.1	9.3	47.0	529.6
Noviembre	24.4	15.3	6.2	4.7	534.3
Diciembre	23.6	14.2	4.8	3.4	537.7

Cuadro 2. Temperaturas medias, máximas, mínimas y precipitación de Tláhuac, D.F.

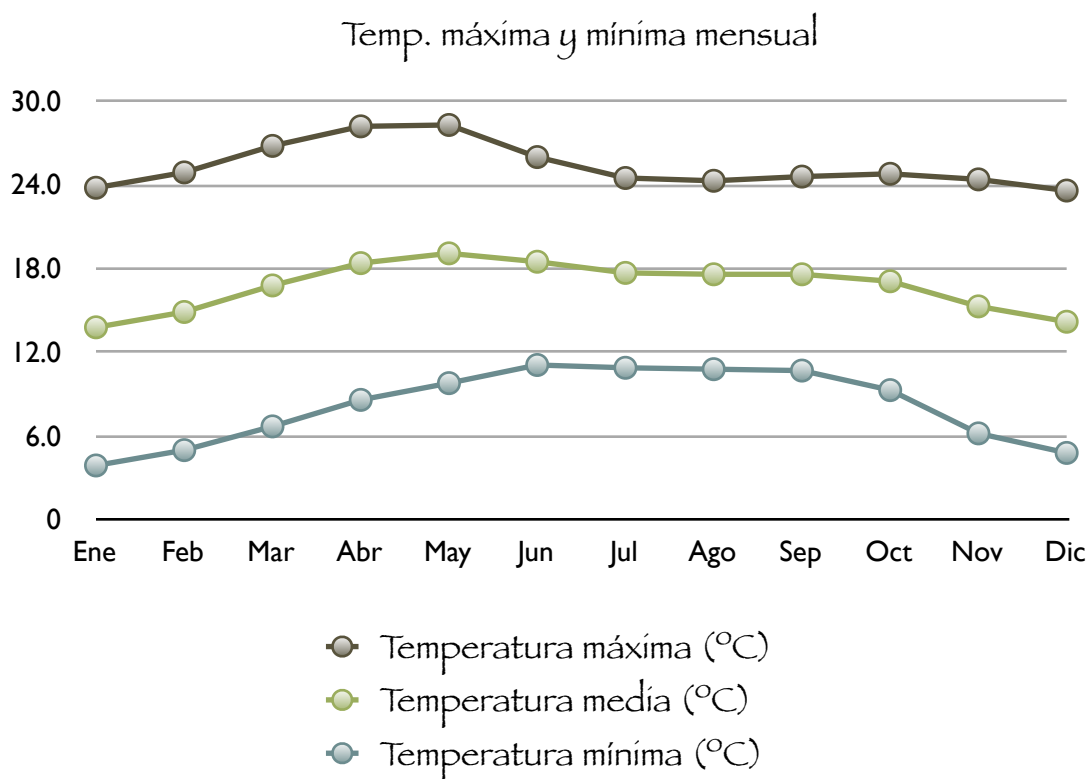


Figura 3. Gráfica de temperaturas registradas durante 2011. Tláhuac, D.F.

Chapingo

Se localiza al oriente del Estado de México y pertenece al Municipio de Texcoco. Esta zona forma parte fundamental en el desarrollo económico de la región, además de ser la Universidad donde se genera la investigación agrícola que México necesita.

Su información meteorológica se muestra a continuación y fue tomada del Servicio Nacional de Meteorología.

Estación	00015021 Chapingo (SMN), Texcoco
Latitud	19° 29' 00" N
Longitud	98° 53' 00" W
Altura	2, 250 MSNM
Temperatura media anual (°C)	15.0
Temperatura máxima anual (°C)	23.9
Temperatura mínima anual (°C)	6.1

Cuadro 3. Datos Meteorológicos de Chapingo, Estado de México

Fecha	Temperatura máxima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima (°C)	Lluvia (mm)	Precipitaciones acumuladas (mm)
Enero	22.5	11.9	1.4	6.4	6.4
Febrero	23.4	12.9	2.3	6.2	12.6
Marzo	25.8	15.2	4.7	15.1	27.7
Abril	26.4	16.6	6.7	29.5	57.2
Mayo	26.8	17.8	8.7	52.3	109.5
Junio	24.4	17.0	9.5	113.0	222.5
Julio	23.3	16.2	9.2	110.2	332.7
Agosto	23.3	16.2	9.0	83.7	416.4
Septiembre	23.3	16.0	8.8	83.5	499.9
Octubre	23.5	15.2	6.9	34.2	534.1
Noviembre	22.7	13.2	3.7	9.9	544.0
Diciembre	21.9	12.1	2.2	5.3	549.3

Cuadro 4. Temperaturas medias, máximas, mínimas y precipitación de Chapingo, Estado de México.

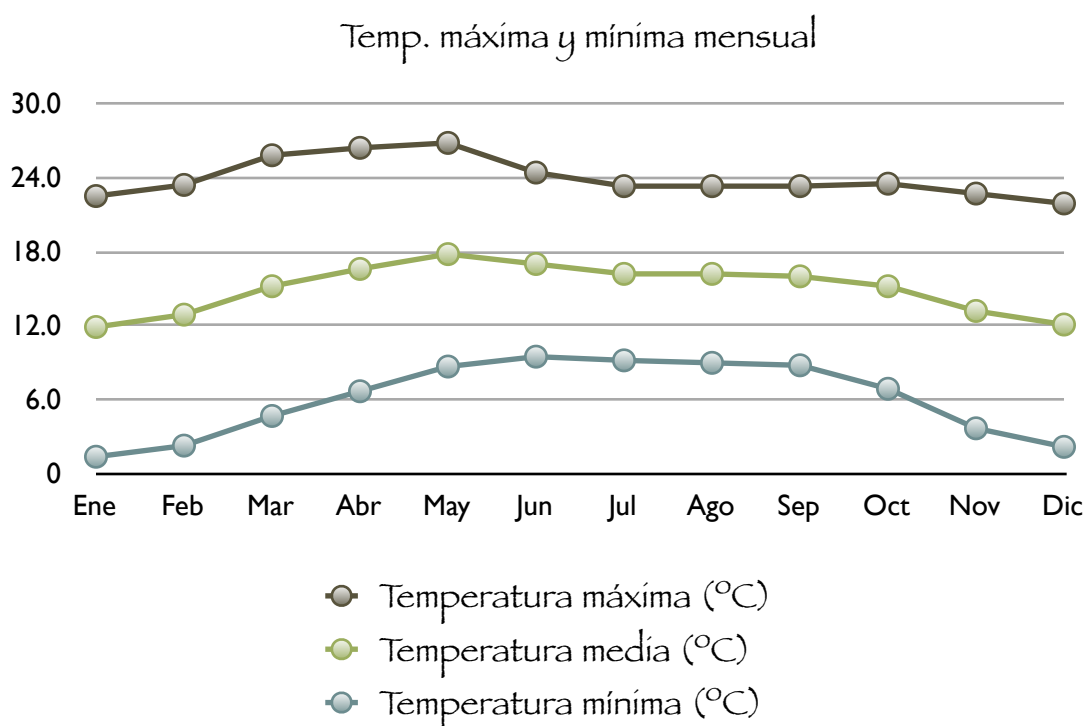


Figura 4. Gráfica de temperaturas registradas durante 2011. Chapingo, Edo. de México.

Texcoco

Se encuentra ubicado en la región oriente del Estado de México. Colinda al norte con los municipios de Tepetlaoxtoc, Papalotla, San Andrés Chiautla, y Chiconcuac; al sur con Chimalhuacán, Chicoloapan e Ixtapaluca; al oeste con Atenco; y Nezahualcóyotl; y al este con los estados de Tlaxcala y Puebla. Oficialmente el municipio de Texcoco tiene una extensión territorial de 418.69 kilómetros cuadrados.

Su información meteorológica se muestra a continuación y fue tomada del Servicio Nacional de Meteorología.

Estación	00015125 Texcoco (DGE), Texcoco
Latitud	19° 31' 00" N
Longitud	98° 53' 00" W
Altura	2, 216.0 MSNM
Temperatura media anual (°C)	15.6
Temperatura máxima anual (°C)	25.5
Temperatura mínima anual (°C)	5.7

Cuadro 5. Datos Meteorológicos de Texcoco, Estado de México

Fecha	Temperatura máxima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura mínima (°C)	Lluvia (mm)	Precipitaciones acumuladas (mm)
Enero	23.3	11.9	0.6	7.3	7.3
Febrero	24.7	13.5	2.3	7.0	14.3
Marzo	26.9	15.7	4.5	9.8	24.1
Abril	28.2	17.6	7.0	23.7	47.8
Mayo	28.6	18.5	8.3	51.4	99.2
Junio	26.3	17.9	9.5	108.8	208.0
Julio	24.7	16.8	8.9	125.3	333.3
Agosto	25.0	16.9	8.7	91.9	425.2
Septiembre	24.5	16.4	8.2	77.2	502.4
Octubre	25.1	15.4	5.8	36.1	538.5
Noviembre	24.5	13.6	2.7	9.9	548.4
Diciembre	23.6	12.5	1.4	3.3	551.7

Cuadro 6. Temperaturas medias, máximas, mínimas y precipitación de Texcoco, Estado de México

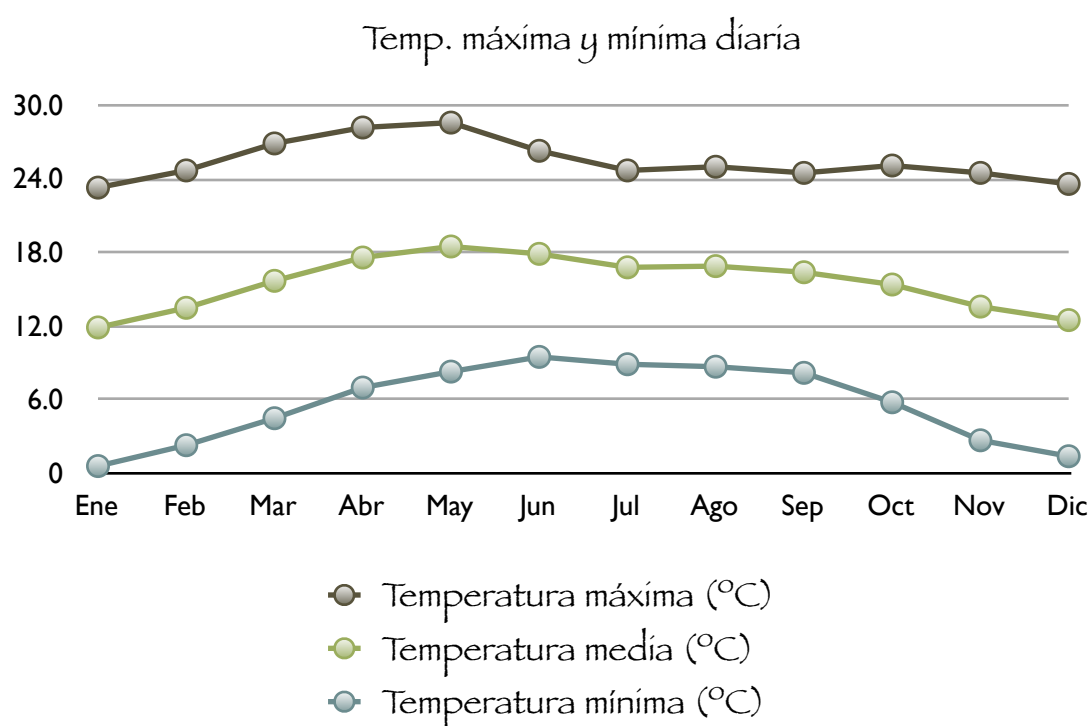


Figura 5. Gráfica de temperaturas registradas durante 2011. Texcoco, Edo. de México.

4.2. Colecta

Las colectas se llevaron a cabo del 25 de Febrero al 22 de Octubre del 2011, y se alternaron fechas y lugares, tratando de que fueran cada semana; sin embargo, hubo algunos desplazamientos en fechas debido a problemas de logística.

Para llevar a cabo las colectas se requirió de: lupa, tijeras, y contenedores plásticos; ésto en base a la experiencia de colectas previas (no contabilizadas) donde hubo merma y contaminación de material.

La forma de colectar fue identificar momias de pulgones en las hojas de brócoli. Una vez identificadas se observaba que la momia estuviera completa para asegurarse que el parasitoide no hubiera emergido antes y tener merma en el conteo e identificación. Los ejemplos se ven en la Figura 6.



Figura 6. 6a. Momias completas. 6b. Momias vacías.

Es importante destacar que las colectas se llevaron a cabo en aquellos cultivos que estaban a punto de cosecharse o en la misma cosecha para evitar presencia de aplicaciones de insecticidas y sin tomar en cuenta la variedad cultivada; cada una de las muestras fue de 100 momias en promedio.

Una vez colectadas las momias de áfidos, se llevaron al Laboratorio de Control Biológico, de la Maestría en Protección Vegetal, de la Universidad Autónoma Chapingo. Ahí las momias fueron colocadas en vasos desechables cubiertos con organza (Fig. 7), para obtener la emergencia de los parasitoides, se mantuvieron a temperatura ambiente y se examinaron diariamente para observar la emergencia y llevar el registro.



Figura 7. Momias de áfidos, una por cada vaso cubierto con organza.

Ya emergidos los parasitoides, se les alimentó con gotas de miel de abeja y se dejó que murieran de manera natural. Para su preservación se colocaron en cápsulas de gel junto con su momia (Fig. 8).

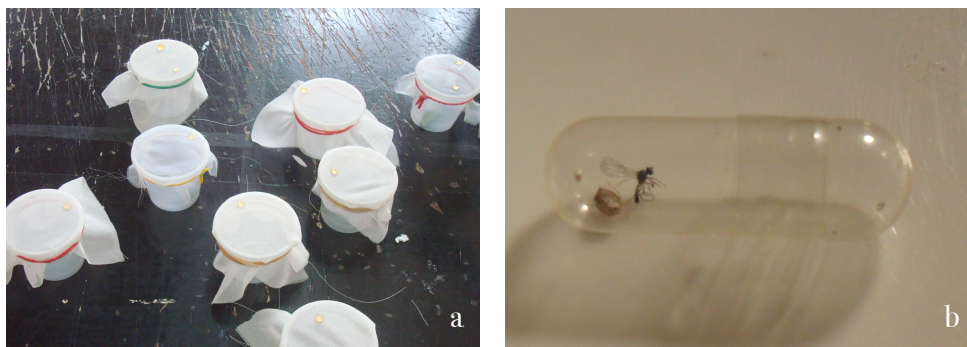


Figura 8. 8a. Adultos emergidos. 8b. Adultos muertos preservados en cápsulas de gel con su respectiva momia.

En un principio, para comenzar con la identificación, los adultos fueron preservados en alcohol al 70% junto con su respectiva momia, se registró la emergencia y la muerte de los adultos. Sin embargo, no todo el material pudo identificarse de manera certera, por lo que se separaron otros adultos con sus respectivas momias y se montaron para su identificación. Para lo cual se requirió de microscopio, alfileres entomológicos, pegamento blanco, pinzas, acetato de amilo y alcohol para la limpieza de los especímenes, bases de cartulina (para soportar al espécimen) y etiquetas, algunos de los materiales se aprecian en la Figura 9.

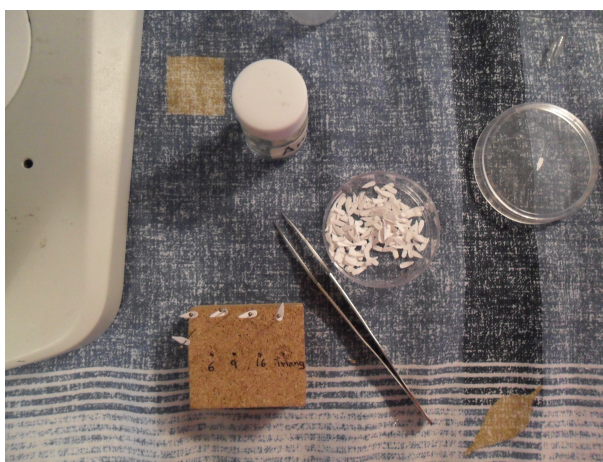


Figura 9. Material para montar material de colecta.

Para una mejor preservación de los ejemplares, en base a lo que los especialistas recomiendan, fue necesario limpiarlos; ya que debido al tiempo que pasaron desde su emergencia hasta la muerte, se ensuciaban debido al polvo que les caía. Así mismo, se preparó el material para poder tomar las fotografías y resaltar las características principales de cada especie.

La preparación de los ejemplares consistió en:

- Escoger ejemplares completos y con las características deseables, sobretodo en las alas.
- Estos ejemplares se colocaron en un recipiente de porcelana con alcohol al 96%, y se dejaron reposar durante 20 minutos, transcurrido el tiempo, se decantó ese alcohol.
- Se agregó alcohol al 90% y de la misma manera, se dejaron reposar 20 minutos, se decantó ese alcohol, transcurrido el tiempo.
- Se agregó alcohol al 80% y de igual forma se decantó una vez transcurridos 20 minutos.
- Ya decantado el alcohol, se dejó unos segundos a los ejemplares para que se evaporara el remanente.
- En un frasco con tapa en rosca, se colocó Acetato de Amilo, y ahí dentro se colocaron los ejemplares y se dejaron reposar 24 horas.
- Transcurrido el día, los ejemplares se vaciaron en un recipiente de porcelana, esperando a que cayeran al fondo de éste. Se decantó el Acetato de Amilo.
- Con mucho cuidado y ayuda de unas pinzas de relojero, se tomaron los ejemplares por las alas y se colocaron en un papel absorbente para su secado.
- Una vez secos, se separaron con mucho cuidado, las alas, antenas y patas de cada ejemplar.

Es importante remarcar, que este proceso debe hacerse con mucho cuidado y tiempo para evitar dañar o romper el ejemplar.

5. Resultados

La fecha y el número de momias colectadas, por lugar de colecta, se muestran en el Cuadro 7.

Colecta de Momias de Áfidos		
Lugar	Fecha	No. de Momias
Chapingo, Méx.	25/02/2011	102.00
Chapingo, Méx.	04/03/2011	100.00
Texcoco, Méx.	12/03/2011	100.00
Texcoco, Méx.	19/03/2011	99.00
Mixquic, D.F.	25/03/2011	102.00
Mixquic, D.F.	01/04/2011	100.00
Chapingo, Méx.	08/04/2011	100.00
Chapingo, Méx.	15/04/2011	100.00
Texcoco, Méx.	16/04/2011	100.00
Texcoco, Méx.	25/04/2011	99.00
Mixquic, D.F.	30/04/2011	102.00
Mixquic, D.F.	06/05/2011	102.00
Chapingo, Méx.	13/05/2011	101.00
Chapingo, Méx.	20/05/2011	98.00
Texcoco, Méx.	28/05/2011	103.00
Mixquic, D.F.	10/06/2011	100.00
Chapingo, Méx.	24/06/2011	100.00
Chapingo, Méx.	01/07/2011	101.00
Texcoco, Méx.	09/07/2011	102.00
Mixquic, D.F.	22/07/2011	102.00
Mixquic, D.F.	29/07/2011	100.00
Chapingo, Méx.	05/08/2011	101.00
Chapingo, Méx.	12/08/2011	103.00
Texcoco, Méx.	20/08/2011	98.00
Texcoco, Méx.	27/08/2011	100.00
Mixquic, D.F.	09/09/2011	98.00
Chapingo, Méx.	23/09/2011	96.00
Texcoco, Méx.	01/10/2011	97.00
Mixquic, D.F.	22/10/2011	98.00
Total		2904
Promedio de colecta		100.14

Cuadro 7. Colecta de momias de áfidos

Se colectó un total de 2, 904 momias durante el 25 de Febrero al 22 de Octubre del 2011. De las cuales 1102 fueron colectadas en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, México; 898 en San Diego, Texcoco, Edo. de México y 904 fueron colectadas en San Andrés Mixquic, Tláhuac, D.F.

Se identificaron seis especies de himenópteros, tres especies de parasitoides primarios: *Diaeretiella rapae*, *Aphidius colemani* y *Lysiphlebus testaceipes*; y tres especies de hiperparasitoides: *Asaphes* sp., *Pachyneuron* sp. y *Alloxysta fuscicornis*.

5.1. *Diaeretiella rapae*

5.1.1. Taxonomía

Orden: Hymenoptera

Familia: Braconidae

Subfamilia: Aphidiinae

Género: *Diaeretiella*

Especie: *Diaeretiella rapae*

Diaeretiella rapae es la única especie conocida para el género *Diaeretiella*. Fue descrito originalmente bajo el nombre de *Aphidius rapae* (McIntosh, 1855) y se muestra en la Figura 10.

5.1.2. Distribución

Es una especie del oeste Paleártico distribuida casi en todo el mundo y podemos verla en la Figura 11. Sin duda, se encuentra en muchas áreas en las que no se ha reportado, u otras áreas del mundo que no son fácilmente accesibles.

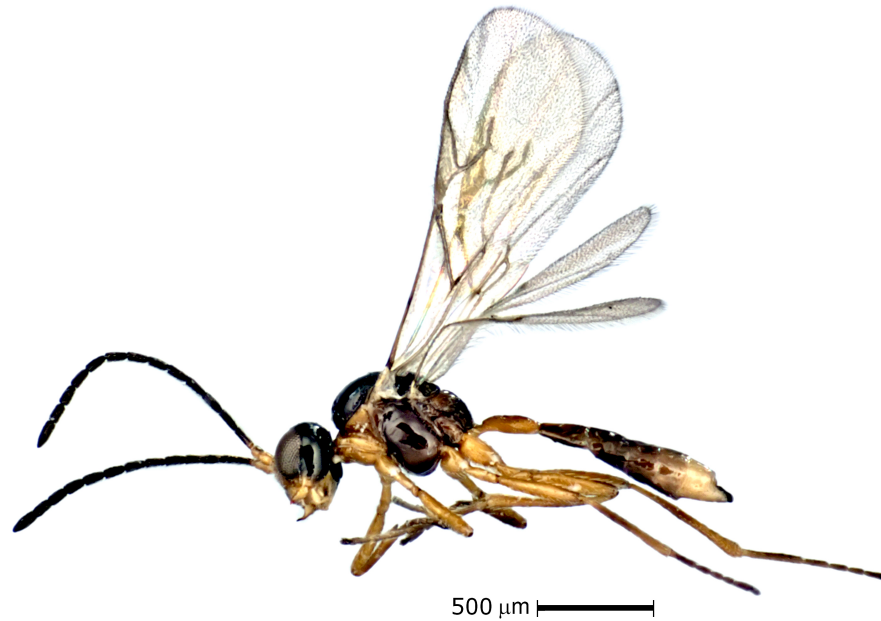


Figura 10. *Diaeretiella rapae*

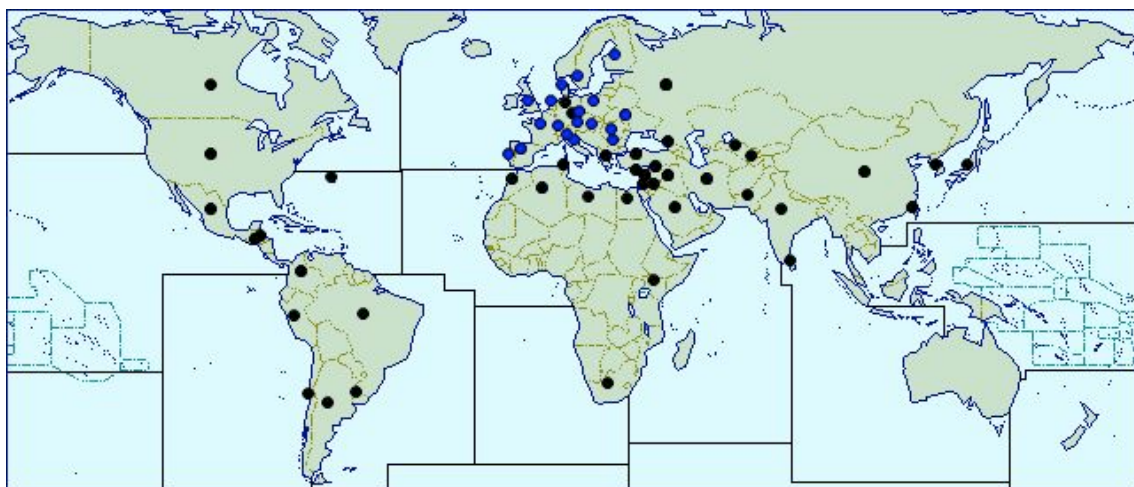


Figura 11. Distribución mundial de *Diaeretiella rapae*. (CABI, 2012)

La diseminación de *D. rapae* probablemente se dio junto con la de su huésped principal, *Brevicoryne brassicae*. Además, la deliberada intervención humana a través de los esfuerzos para llevar a cabo un control biológico expandió la distribución de *D. rapae* al menos en el continente Australiano (Carver y Starý, 1974; Clausen, 1978; Luck, 1981), y tal vez a algunas zonas de América del Norte. Numerosas poblaciones de *D. rapae* han sido importadas y liberadas recientemente en los EE.UU. (donde ya se ha producido) para el control biológico del pulgón ruso del trigo, *Diuraphis noxia*, que pudo haber aumentado su distribución en áreas donde no estaba formalmente presente (Quisenberry y Peairs, 1998).

También pudo haberse ayudado por corrientes de aire que transportan hembras del parasitoide o áfidos alados parasitados (Vater, 1971). Por ejemplo, Mochida y Takada (1978) colectaron hembras parasitoides entre ellas algunas de *D. rapae*, 200 Km aproximadamente en la costa fuera de China, probablemente transportadas por corrientes de aire del este del continente hacia Japón.

5.1.3. Biología

D. rapae es un koinobionte, parasitoide interno y solitario de varias especies de áfidos; parasita ninfas y adultos ovipositando de uno a varios huevecillos dentro del cuerpo del hospedero, sin embargo, solo emerge un parasitoide por hospedero. Los áfidos parasitados no son paralizados durante la oviposición, de hecho pueden seguir alimentándose y creciendo hasta ser completamente consumidos, con excepción del integumento, en ese momento es cuando se paralizan y toman la apariencia de “momias”. Los huevecillos emergen generalmente en 2 días (Bernal y González, 1997),

después el parasitoide pasa por 4 instares larvales. El primer y cuarto instar larval son mandibulados, con numerosos órganos sensoriales, son muy activos y se alimentan de tejidos sólidos. A diferencia del segundo y tercer instar larval, que carecen de mandíbulas y órganos sensoriales, no son tan activos y se alimentan de los nutrientes líquido o semi-líquidos del hemocele (Couchman y King, 1977).

El tiempo de desarrollo varía, dependiendo del sitio donde se encuentre la población de *D. rapae*. Sin embargo, el rango de temperaturas está entre los 20-25°C y la duración del desarrollo es de 10-14 días, desde que se ovipositó el huevecillo hasta la formación de la momia y de 6-8 días de la formación de la momia a la emergencia del adulto, siendo entonces un desarrollo total de 14-19 días (CABI, 2012).

Las hembras y los machos están listos para aparearse tan pronto como emergen y las hembras ovipositan en cuanto hay hospederos disponibles. Además, son arrenotocas pro-ovigénicas o casi pro-ovigénicas; la cantidad de huevecillos que una hembra puede producir durante su vida es de entre 50 y 200 huevecillos, claramente relacionado con el tamaño de la hembra. La proporción de machos en la descendencia incrementa con la edad de la hembra, y este incremento puede estar relacionado con la disminución de esperma porque las hembras, casi siempre se aparean una sola vez o muy pocas veces (Bernal y González, 1997).

Las hembras de *D. rapae* dependen en gran medida de las señales químicas para encontrar hospederos. Primero, estas hembras usan los químicos volátiles vegetales para encontrar las plantas hospederas (Read *et al.*, 1970; Akinlosotu, 1980; Sheehan y Shelton, 1989; Vaughn *et al.*, 1996) y después los químicos no volátiles derivados de los

áfidos para localizar a su hospedero en la planta (Hafez, 1961; Akinlosotu, 1980; Ayal, 1987). Por otra parte, la mielecilla producida por el áfido es usada como una señal para evaluar el número de áfidos en una colonia (Shaltiel y Ayal, 1998). La amplia distribución y los hábitos polífagos de *D. rapae* aparentemente ha fomentado la diferenciación genética en distintas poblaciones, es decir, biotipos o razas de este parasitoide. Por ejemplo, Nemec y Starý (1984) encontraron diferencias en patrones de isoenzimas relacionadas con el hospedero entre poblaciones Checoslovacas de *D. rapae*. Del mismo modo, Ciomperlik (1995) encontró diferencias entre la aceptación y adecuación del hospedero, así como incompatibilidades parciales en el apareamiento entre poblaciones Sirias, Españolas y Jordanas. Además, las diferencias en los parámetros de desarrollo biológico y reproductivo han sido documentadas en varias partes del mundo (por ejemplo, Hayakawa *et al.*, 1990; Bernal y González, 1993, 1995, 1997).

Los hospederos reportados, de acuerdo al CABI (2012) son: *Acyrtosiphon kondoi*, *Acyrtosiphon pisum*, *Aphis craccivora*, *Aphis fabae*, *Aphis gossypii*, *Aphis nasturtii*, *Aphis pomi*, *Brachycorynella asparagi*, *Brevicoryne brassicae*, *Ceratovacuna lanigera*, *Chromaphis juglandicola*, *Crytomyzus galopsidis*, *Diuraphis noxia*, *Dysaphis plantaginea*, *Hayhursitia atriplicis*, *Hyadaphis foeniculi*, *Illinoia liriodendri*, *Lipaphis erysimi*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Metopolophium dirhodum*, *Microlophium carnosum*, *Myzus certus*, *Myzus persicae*, *Rhopalosiphum insertum*, *Rhopalosiphum maidis*, *Rhopalosiphum padi*, *Scaeva latimadulata*, *Schizaphis graminum*, *Sitobion avenae* y *Toxoptera aurantii*.

Así mismo, *D. rapae* cuenta con enemigos naturales, tales como los hiperparasitoides: *Alloxysta fuscicornis*, *Alloxysta minuta*, *Alloxysta victrix*, *Aphidencyrthus aphidivorus*, *Asaphes lucens*, *Asaphes suspensus*, *Asaphes vulgaris*, *Dendrocerus carpenteri*, *Pachyneuron aphidis*, *Phaenoglyphis villosa* y *Syrphophagus aphidivorus*. Y los patógenos: *Bacillus thuringiensis* y *B. thuringiensis thuringiensis*.

Muchos factores deben tomarse en cuenta para la cría de *D. rapae*, incluyendo temperatura, alimento y hospederos adecuados. Las temperaturas entre los 20-26°C son óptimas, ya que aquellas menores a 20°C incrementan la mortalidad prematura y el periodo de desarrollo, y en con temperaturas mayores a los 27°C se acorta el tiempo de desarrollo pero incrementa sustancialmente la mortalidad prematura y reduce la fertilidad de las hembras (Bernal y González, 1993, 1995, 1997). La alimentación adecuada de los adultos (por ejemplo, con miel) es importante para que tengan una vida más larga. Se debe tener cuidado para la provisión de hospederos de tamaño adecuado, ya que hospederos grandes pueden dar origen a mayor cantidad de hembras, y la descendencia de éstas sería más grande y más fértil; y hasta tener un tiempo de desarrollo menor, como el que se muestra en otro parasitoide, *Lysiphlebus delhiensis* (Srivastava y Singh, 1995). Además, se sabe que las hembras más grandes producirán mayor cantidad de huevecillos (Bernal y González, 1997).

5.2. *Aphidius colemani*

5.2.1. Taxonomía

Orden: Hymenoptera

Familia: Braconidae

Subfamilia: Aphidiinae

Género: *Aphidius*

Especie: *Aphidius colemani*

Originalmente se pensó que esta avispa era originaria de India pero las especies *Aphidius platensis* y *Aphidius transcaspicus* fueron re-clasificadas como sinónimos de *A. colemani* (Fig. 12) y ésta extiende su rango geográfico desde Asia Central hasta el Mediterráneo. Este parasitoide ha sido introducido en Australia, África, Centro América, California, E.U., Inglaterra, Reino Unido, Noruega y los Países Bajos. Tradicionalmente, *Aphidius matricariae* Haliday fue el principal agente comercial, pero recientemente se encontró que *Aphidius colemani* generalmente supera las poblaciones de *A. matricariae* (CABI, 2012).



Figura 12. *Aphidius colemani*.

5.2.2. Distribución

En el mapa de la Figura 13, se muestra la presencia de este parasitoide, sin embargo, no muestra a México como un país donde se encuentre este braconido; pero Heinz *et al.* (1999), menciona la liberación de *A. colemani*. Además de ser una especie comercial en el territorio Mexicano, distribuido por Koppert México bajo el nombre comercial de Ahipar® (Koppert, 2012).

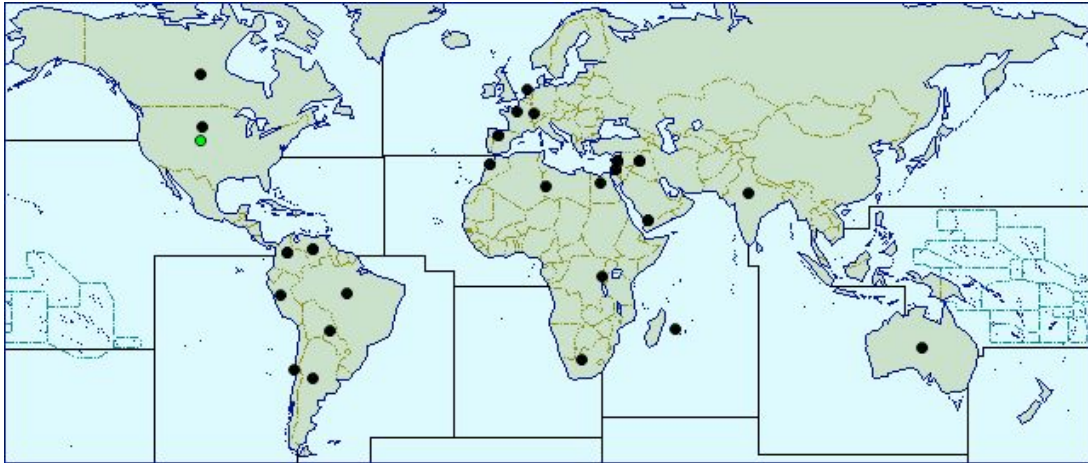


Figura 13. Distribución Mundial de *Aphidius colemani*. (CABI, 2012).

5.2.3. Biología

Las hembras adultas ovipositan un solo huevecillo en su hospedero. Los áfidos parasitados continúan alimentándose y de hecho pueden seguir transmitiendo virus. Una vez eclosionado el huevecillo, la larva de la avispa pasa por cuatro instares antes de pupar dentro del hospedero y dar el aspecto de “momia”. Para pupar, la larva forma un cocoon de seda dentro de la cutícula del áfido, esta cutícula se endurece y provee de protección hasta la emergencia de la avispa, que sale a través de un pequeño orificio redondo que forma en el dorso del áfido momificado.

Las hembras pueden parasitar de 100 a 200 áfidos en una semana, claro, ésto puede variar dependiendo del hospedero. La presencia de *A. colemani* a menudo, perturba la colonia de áfidos, ya que éstos al sentirse amenazados producen una feromona de alarma que hace que los áfidos migren o bien se caigan de la hoja.

Las hembras se aparean al día de haber emergido y comienzan a ovipositar solo unas horas después del apareamiento. Las hembras pueden ovipositar huevecillos

fertilizados o no, los cuales van a dar origen a machos; mientras que aquellos fertilizados, darán origen a hembras. De tal manera que pueden ovipositar huevecillos viables sin necesidad de aparearse pero solo darán origen a machos. El tiempo de desarrollo de huevecillo a la emergencia del adulto está entre los 13 los 15 días.

Es particularmente efectivo contra *Aphis gossypii*, *Myzus persicae* y *Myzus nicotianae*, sin embargo, puede parasitar más de 40 diferentes especies de áfidos. Es una especie con una alta capacidad de búsqueda y funciona muy bien para poblaciones pequeñas y dispersas. Puede verse afectada por avispas hiperparásitas (CABI, 2012).

5.3. *Lysiphlebus testaceipes*

5.3.1. Taxonomía

Orden: Hymenoptera

Familia: Braconidae

Subfamilia: Aphidiinae

Género: *Lysiphlebus*

Especie: *Lysiphlebus testaceipes*

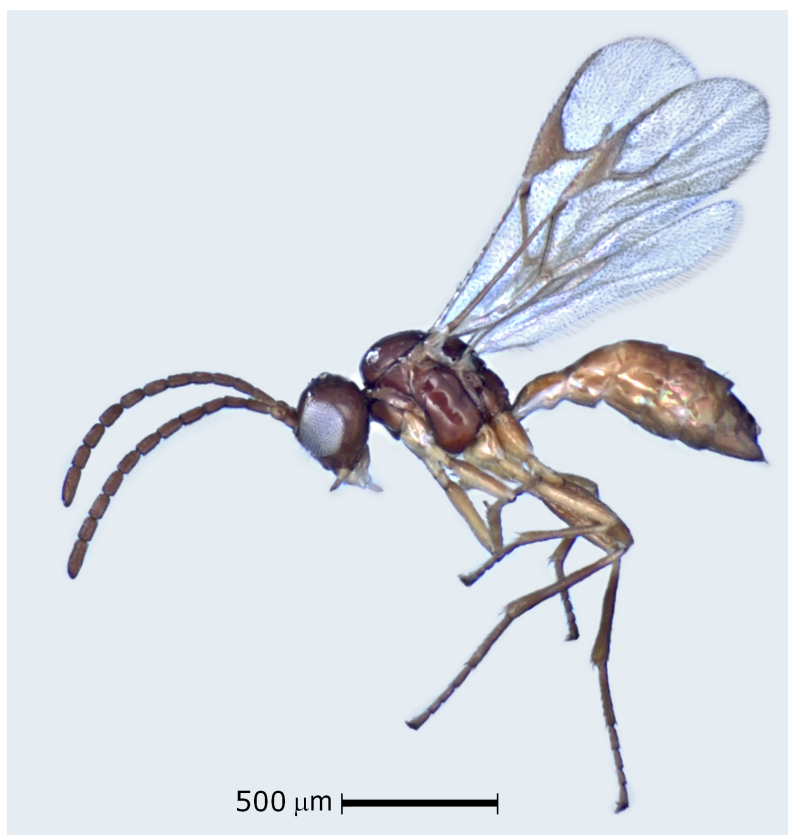


Figura 14. *Lysiphlebus testaceipes*

5.3.2. Distribución

Es una especie originalmente Norteamericana, su expansión ha sido hacia la región de Centroamérica, hasta la mayor parte de Sudamérica. Su gama de hospederos y los patrones del Norte se ven reflejados en la región centroamericana y sudamericana mediante sus relaciones tritróficas, ilustradas ampliamente en documentos derivados de regiones como la costa pacífica del noreste de Estados Unidos (Pike *et al.* 2000), México (Starý y Remaudiere 1982), Florida (Evans y Strange 1997), también para Centroamérica, Cuba (Starý 1968b, Batista *et al.* 1995); Guadalupe (Starý *et al.* 1982), Trinidad (Bennett 1974), Puerto Rico (Yokomi *et al.* 1996) y Sudamérica, Chile (Starý 1995) y Brasil (Starý *et al.* 2007).



De acuerdo al CABI (2012), los hospederos de este braconido son: *Aphis chloris*, *Aphis craccivora*, *Aphis fabae*, *Aphis frangulae*, *Aphis gossypii*, *Aphis helianthi*, *Aphis perii*.

Aphis pomi, *Aphis spiracola*, *Chaetosiphon gragaefolii*, *Diuraphis noxia*, *Illinoia liriodendri*, *Lysiphlebia japonica*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Melanaphis sacchari*, *Myzus persicae*, *Pentalonia nigronervosa*, *Ropalosiphum maidis*, *Rhopalosiphum padi*, *Sarucallis kahawaluokalani*, *Schizaphis graminum*, *Sitobion fragariae*, *Toxoptera aurantii* y *Toxoptera citricida*.

Y como enemigos naturales de *L. testaceipes*, se menciona a *Pachyneuron* spp.

5.4. *Asaphes* sp.

5.4.1. Taxonomía

Orden: Hymenoptera

Familia: Pteromalidae

Subfamilia: Asaphinae

Género: *Asaphes*

Especie: *Asaphes* sp.

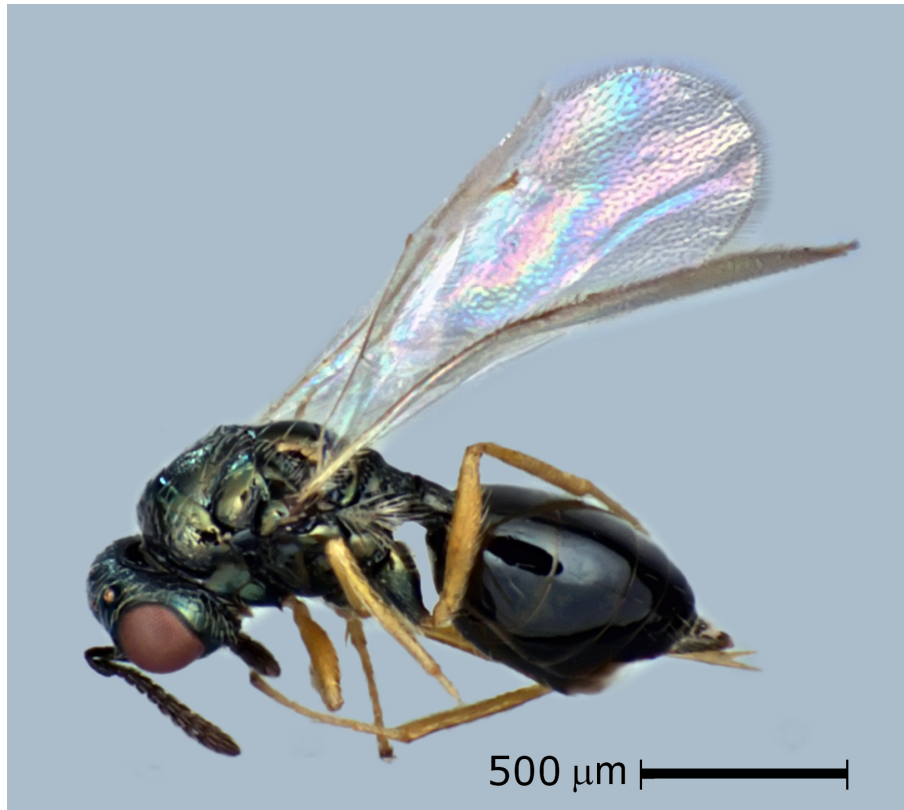


Figura 16. *Asaphes* sp.

5.4.2. Distribución

Las especies de *Asaphes* (Walker) se han encontrado en todos los continentes, con excepción de la Antártida y son consideradas, generalmente, como hiper-parásitos de áfidos (Gibson y Vikberg, 1998). Graham (1969) revisó las especies de Europa Occidental y Kamiyo y Takada (1973) las de Japón. Se reconocieron dos especies de cada área, *A. suspensus* (Nees) y *A. vulgaris* Walker de Europa Occidental, y *A. suspensus* y *A. pubescens* de Japón. Burks (1979) catalogó cuatro especies en el norte de México, *A. californicus* Girault, *A. luscens* (Provancher), *A. rufipes* Brues y *A. vulgaris*; sin embargo, Graham (1969) previamente sugirió que *A. luscens* podría llegar a

ser un sinónimo de *A. suspensus* y Peck (1951, 1963), Graham (1969) y Burks (1979) cuestionaron la presencia de *A. vulgaris* en Norte América.

5.4.3. Biología

Ya se mencionó que las especies de *Asaphes*, son generalmente consideradas como hiper-parásitos de áfidos, a través de parasitoides primarios de: Aphidiinae (Ichneumonoidea: Braconidae), Encyrtidae y Aphelinidae (Chalcidoidea) (Hagen y van den Bosch, 1968). Son ectoparásitos y aparentemente solitarios. Se consideran hiper-parásitos ya que ovipositan en larvas maduras, prepupas o pupas de Aphidiinae, Encyrtidae y Aphelinidae en momias de áfidos. El parasitoide es casi inmediatamente paralizado por un veneno como parte de la ovipostura y el desarrollo se presenta independientemente de la fase de ataque (Sullivan 1972, Keller y Sullivan 1976, Bocchino y Sullivan 1981). Existen estudios que de hecho muestran que, algunas especies pueden ser hiperparásitos terciarios en caso de que los parasitoides (parásitos primarios) hayan sido parasitados por especies de Megaspilidae (Hymenoptera: Ceraphronoidea) o Charipidae (Hymenoptera: Cynipoidea) (Grisworld 1929, Sullivan 1972, Carew y Sullivan 1993), o bien por otros *Asaphes* (Levine y Sullivan 1983). Sullivan (1972) encontró que las hembras de *A. californicus*, y Keller y Sullivan (1976) encontraron que las hembras de *A. suspensus* (como *A. lucens*) realizan múltiples ataques e inserciones en una misma momia de áfido y que frecuentemente depositan más de un huevecillo, aunque en todos los casos, solo emerge un solo adulto.

5.5. *Pachyneuron* sp.

5.5.1. Taxonomía

Orden: Hymenoptera

Familia: Pteromalidae

Subfamilia: Pteromalinae

Género: *Pachyneuron*

Especie: *Pachyneuron* sp.



Figura 17. *Pachyneuron* sp.

5.5.2. Generalidades

Se trata de un hiperparasitoide de pulgones a través de Aphidiinae, fundamentalmente sobre *Aphidius* sp., *Diaeretiella rapae*, *Lysiphlebus* sp., *Praon* sp., *Trioxys* sp. Graham (1969), expone que se ha encontrado alguna vez sobre el afelínido *Aphelinus mali*, pero sus hospederos principales son los afidiinos. *Pachyneuron* consta de alrededor de 50 especies reconocidas en el mundo (Gibson, 2001)

La mayoría son especies hiper-parásitas de Aphididae o de otros insectos chupadores de Hemiptera (Coccoidea, Psylloidea) a través de sus parasitoides primarios como Braconidae o Aphelinidae (Ichneumonoidea) y Encyrtidae (Chalcidoidea); y también pueden ser parasitoides primarios de algunos predadores (Diptera: Syrphidae, Chamaemyiidae; Coleoptera: Coccinellidae; Neuroptera: Chrysopidae). Algunas especies se han registrado como parasitoides de dípteros minadores o formadores de agallas (Agromyzidae, Chloropidae, Cecidomyiidae) o como parasitoides de huevecillos de varias familias de Lepidoptera (aparentemente como hiper-parasitoides) (Gibson, 2001).

5.6. *Alloxysta fuscicornis*

5.6.1. Taxonomía

Orden: Hymenoptera

Súper Familia: Cynipoidea

Familia: Figitidae

Subfamilia: Charipinae

Género: *Alloxysta*

Especie: *Alloxysta fuscicornis*

5.6.2. Generalidades

Según Ronquist (1999), existen nueve sub-familias que pertenecen a la familia Figitidae: Thrasorinae, Charipinae, Anacharitinae, Figitinae, Aspicerinae, Emargininae, Pycnostigminae, Eucoilinae y Parnipinae. Esta familia, se caracteriza biológicamente, por ser parasitoides de larvas de otros insectos, principalmente Diptera Cyclorrhapha, y en concreto, los Charipinae son hiperparasitoides de Hemiptera.

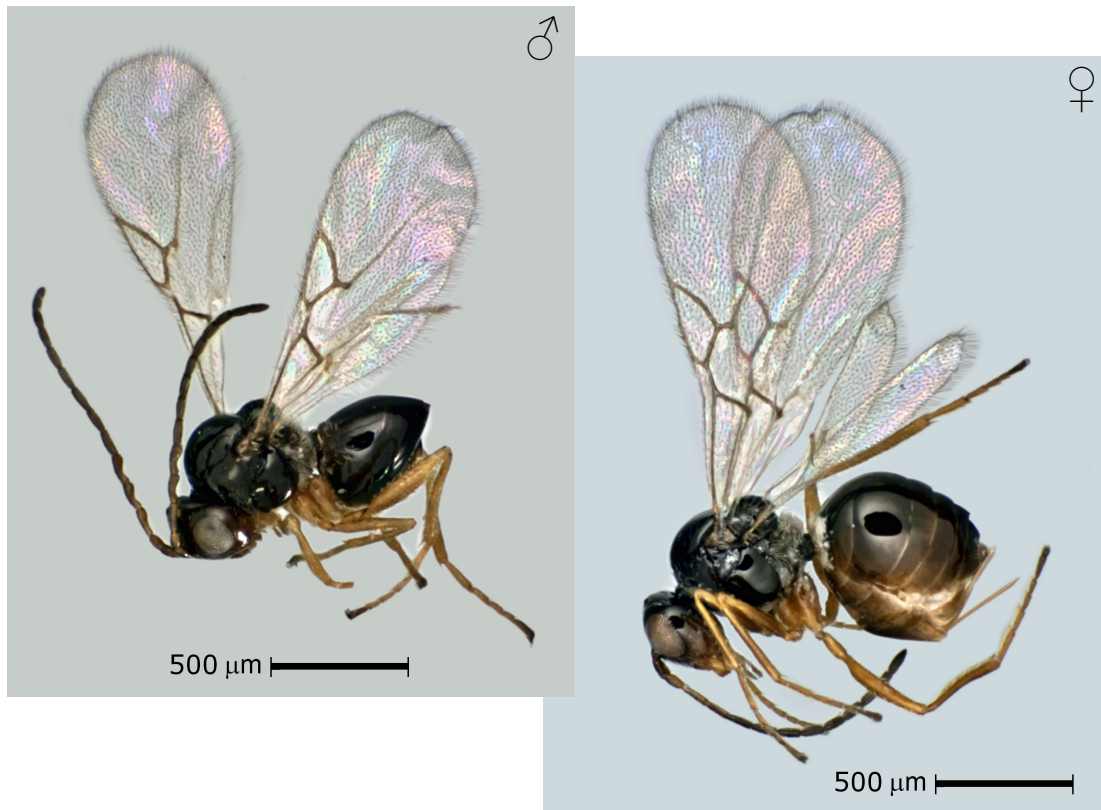


Figura 18. *Alloxysta fuscicornis*

5.6.3. Distribución

Los Charipinae están distribuidos mundialmente, especialmente los géneros *Phaenoglyphis* y *Alloxysta*, y la mayoría de especies descritas son de Europa y Norteamérica. Los Charipinae están mejor representados en las zonas templadas, debido a la distribución de sus huéspedes primarios, principalmente pulgones de la familia Aphididae (Pujade-Villar *et al.*, 2002).

A continuación se muestran los resultados de las momias, frecuencia de especies por sitio de colecta y en total.

En el Campo Experimental de Universidad Autónoma Chapingo, se obtuvo un total de 1102 de momias, las especies encontradas se muestran en el Cuadro 8, así como la frecuencia de cada una.

Chapingo, Méx.	
Especie	Número
<i>Diaeretiella rapae</i>	969
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	23
<i>Aphidius colemani</i>	47
<i>Asaphes</i> sp.	8
<i>Pachyneuron</i> sp.	10
<i>Alloxysta fuscicornis</i>	3
Sin emerger	42
Total	1102

Cuadro 8. Especies y frecuencias en Chapingo, Méx.

En base a estas frecuencias se obtuvieron los porcentajes para cada una de las especies, lo cual se muestra en la gráfica de la Figura 19. Y es evidente que el mayor porcentaje de frecuencia es de *D. rapae* (87.93%)

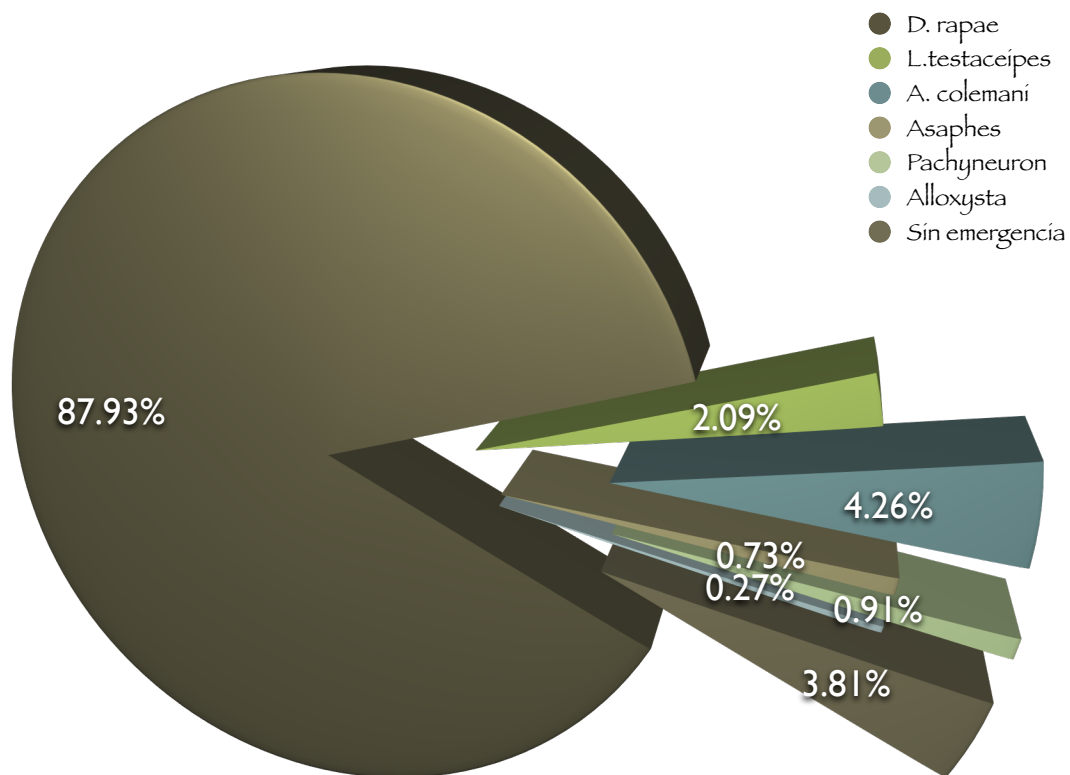


Figura 19. Porcentaje de especies colectadas en Chapingo, Méx.

En San Diego, Texcoco, México; se obtuvo un total de 898 de momias, las especies encontradas se muestran en el Cuadro 9, así como la frecuencia de cada una.

Texcoco, Méx.	
Especie	Número
<i>Diaeretiella rapae</i>	792
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	17
<i>Aphidius colemani</i>	41
<i>Asaphes</i> sp.	5
<i>Pachyneuron</i> sp.	7
<i>Alloxysta fuscicornis</i>	3
Sin emerger	33
Total	898

Cuadro. 9. Especies y frecuencias en Texcoco, Méx.

En base a estas frecuencias se obtuvieron los porcentajes para cada una de las especies, lo cual se muestra en la gráfica de la Figura 20. Y es evidente que el mayor porcentaje de frecuencia es de *D. rapae* (88.20%).

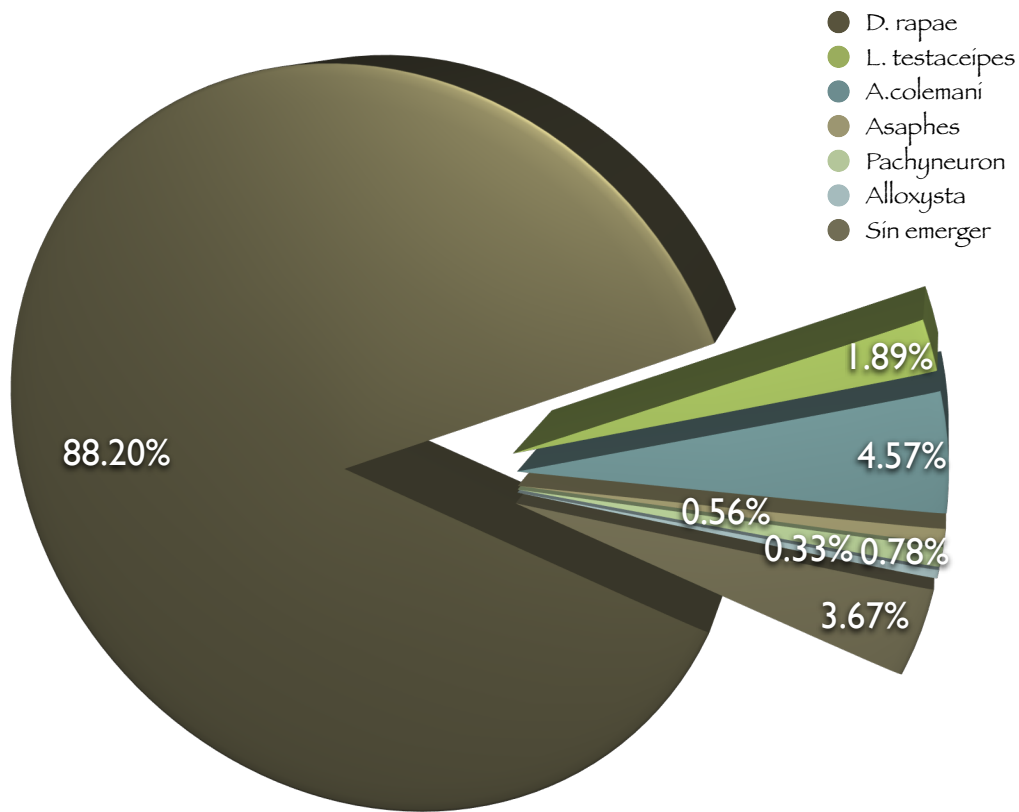


Figura 20. Porcentaje de especies colectadas en Texcoco, Méx.

Para Mixquic, se obtuvo un total de 904 momias, las especies encontradas se muestran en el Cuadro 10, así como la frecuencia de cada una.

Mixquic, D.F.	
Especie	Número
<i>Diaeretiella rapae</i>	801
<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	33
<i>Aphidius colemani</i>	15
<i>Asaphes</i> sp.	7
<i>Pachyneuron</i> sp.	5
<i>Alloxysta fuscicornis</i>	12
Sin emerger	31
Total	904

Cuadro. 10. Especies y frecuencias en Mixquic, D.F.

En base a estas frecuencias se obtuvieron los porcentajes para cada una de las especies, lo cual se muestra en la gráfica de la Figura 21. Y es evidente que el mayor porcentaje de frecuencia es de *D. rapae* (88.61%).

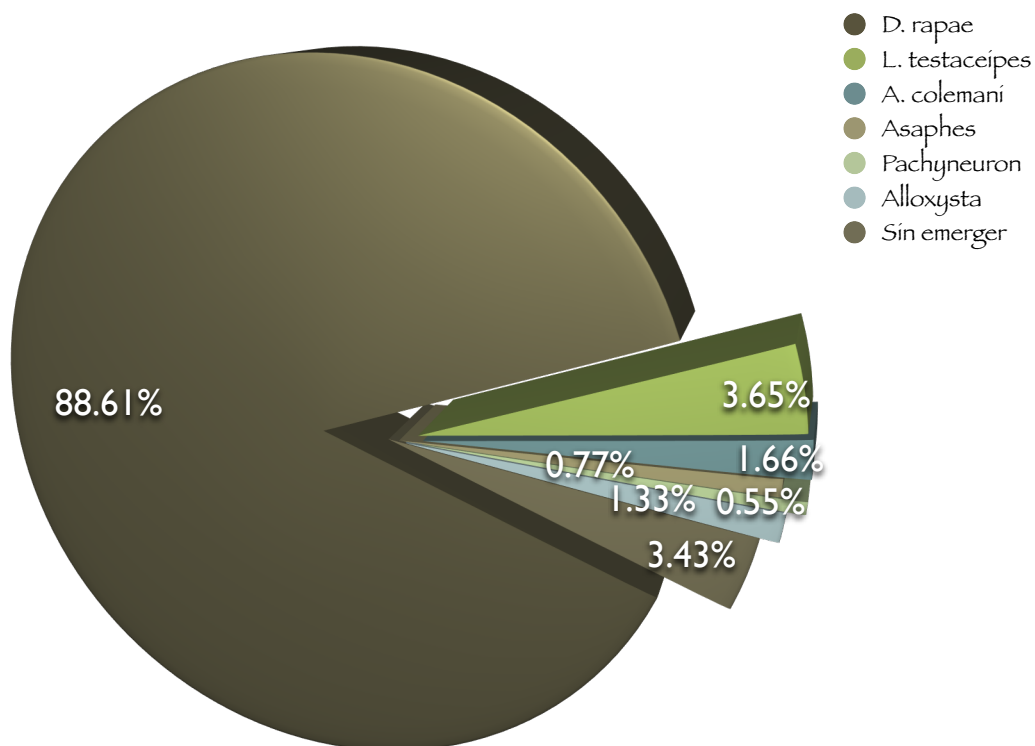


Figura 21. Porcentaje de especies colectadas en Mixquic, Tláuac. D.F.

El total de momias colectadas fue de 2904, y las especies encontradas, así como su frecuencia se muestra en el Cuadro 11.

Especie	Total
<i>D. rapae</i>	2562
<i>L. testaceipes</i>	73
<i>A. colemani</i>	103
<i>Asaphes sp.</i>	20
<i>Pachyneuron sp.</i>	22
<i>Alloxysta fuscicornis</i>	18
Sin emerger	106
Total	2904

Cuadro 11. Especies y frecuencias totales.

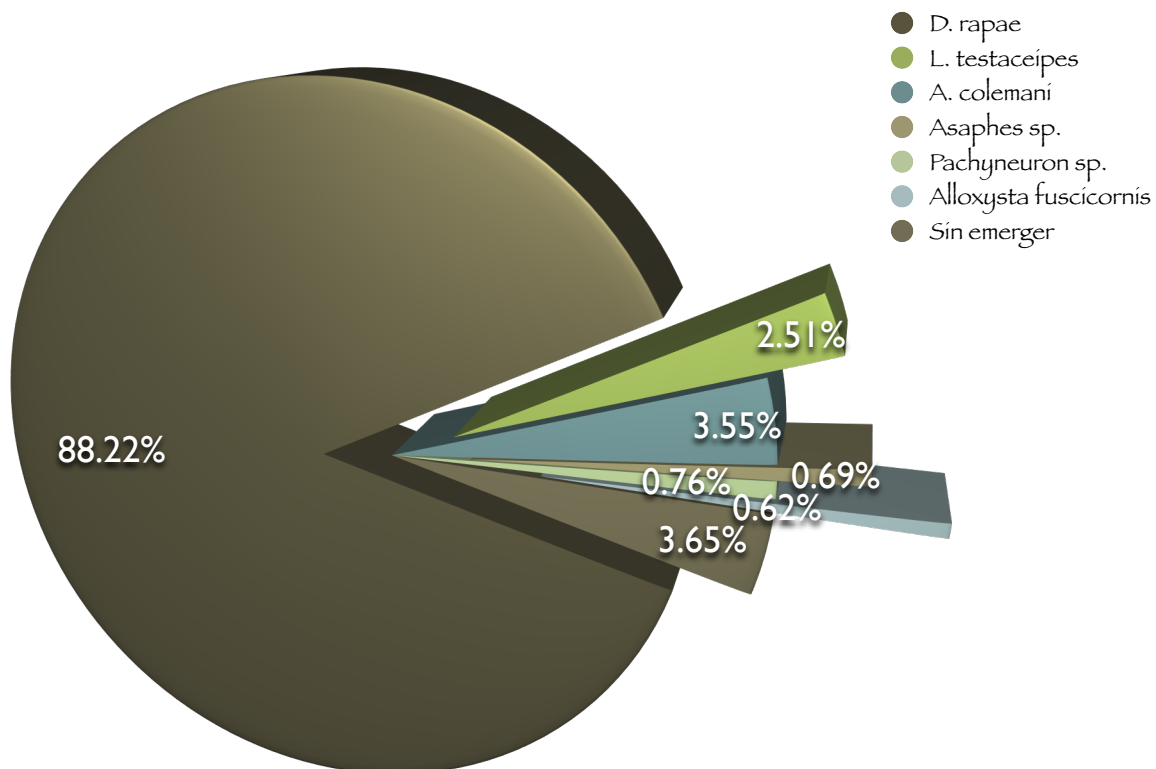


Figura 22. Porcentaje de especies encontradas en total.

En base a estas frecuencias se obtuvieron los porcentajes para cada una de las especies, lo cual se muestra en la gráfica de la Figura 22. Y sigue la misma tendencia, evidenciando que es *D. rapae* la especie con mayor frecuencia total en los tres sitios de colecta (88.22%).

6. Discusión

6.1. Análisis Estadísticos

Para corroborar los resultados obtenidos, se realizó primero un análisis de varianza considerando un modelo correspondiente a un diseño completamente al azar con estructura factorial, donde los factores estudiados fueron sitios y especies (Cuadro 12). No se encontraron diferencias significativas entre los sitios, pero si hubo diferencia altamente significativa entre las especies, Por lo anterior se procedió enseguida a realizar análisis de varianza individuales para cada una de las especies, considerando en el modelo solo al factor Sitios.

Factor	Pr > F	Factor (Covariable)	Pr > F
Sitio	0.9893	Sitio	0.7747
Especie	< 0.0001	Especie	< 0.0001
CV ¹	14.51	14.62	
		Temperatura media	0.5080
		Temperatura máxima	0.5529
		Temperatura mínima	0.4582
		Precipitación	0.4269

¹: Coeficiente de Variación

Cuadro 12. Análisis de Varianza (izquierda) y de Covarianza (derecha) con estructura factorial para Sitios y Especies, para la variable frecuencia. Se reporta la Probabilidad de Error Tipo I ó Probabilidad de Falso Positivo (Pr > F).

Posteriormente, considerando que en la literatura se reporta que las variables climáticas de temperatura y precipitación son importantes en la presencia tanto de las plagas como de los parasitoides, se procedió a realizar un análisis de covarianza, usando

como covariables a las temperaturas medias, máximas y mínimas, y a la precipitación. Estos análisis de covarianza se hicieron igualmente para los dos casos citados en el análisis de la varianza, es decir, primero para el modelo con dos factores, sitios y especies, y después para los análisis individuales para cada especie, usando en el modelo solo el factor Sitios.

También se realizaron pruebas de comparaciones múltiples de medias utilizando el método de Tukey, para los dos diferentes casos de análisis de la varianza mencionados anteriormente.

Factor	Media	Factor	Media
Sitio		Sitio	
Mixquic	14.30 A ²	Mixquic	14.30 A
Chapingo	14.29 A	Chapingo	14.29 A
Texcoco	14.25 A	Texcoco	14.25 A
DSH ¹	0.845		0.852
Especie		Especie	
<i>D. rapae</i>	88.34 A	<i>D. rapae</i>	88.34 A
<i>A. colemani</i>	3.55 B	<i>A. colemani</i>	3.55 B
sin emerger	3.52 B	sin emerger	3.52 B
<i>L. testaceipes</i>	2.52 B	<i>L. testaceipes</i>	2.52 B
<i>Pachyneuron</i> sp	0.76 C	<i>Pachyneuron</i> sp	0.76 C
<i>Asaphes</i> sp	0.72 C	<i>Asaphes</i> sp	0.72 C
<i>Alloxysta fuscic</i>	0.59 C	<i>Alloxysta fuscic</i>	0.59 C
DSH	1.622		1.635

¹: DSH: Diferencia Significativa Honesta.

² medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes al 5%

Cuadro 13. Resultados de las Comparaciones Múltiples de Medias, Método de Tukey (alfa al 5%) para el Análisis de Varianza (izquierda) y de Covarianza (derecha) con estructura factorial para Sitios y Especies, para la variable frecuencia.

De los resultados de las comparaciones múltiples de medias (Cuadro 13), se tiene sin duda alguna que *D. rapae*, fue la especie con mayor frecuencia en los tres sitios de colecta a través del tiempo establecido (25 de feb. al 22 de oct. 2011). Lo cual puede deberse a la capacidad de adaptación de este parasitoide, ya que como Lankin *et al.* (1997) mencionan, *D. rapae* consigue adaptarse en cultivos donde se ha aplicado fenvalerato y metamidofós sobre el pulgón cenizo *Brevicoryne brassicae*. Además Desneux *et al.* (2005) hicieron pruebas con deltametrina, determinando parasitismo en *Myzus persicae* en cánola.

En los resultados del Análisis de Covarianza se encontró que ninguna covariable climática fue significativa sobre la frecuencia de alguna especie en particular (Cuadro 12).

En los análisis individuales para cada especie, en general no se encontraron diferencias grandes para los sitios, sin embargo, se observaron diferencias significativas para algunos parasitoides e hiperparasitoides (Cuadro 14). Así mismo se observó mayor frecuencia del parasitoide *L. testaceipes* y del hiperparasitoide *A. fuscicornis* en San Andrés Mixquic, D.F.

Factor	<i>D. rapae</i>	<i>A. colemani</i>	sin emerger	<i>L. testaceipes</i>	<i>Pachyneuron</i> sp.	<i>Alloxysta fuscicornis</i>
Sitio	0.8137	0.0346	0.8287	0.0260	0.7231	0.0002
CV ¹	4.17	69.49	68.07	57.14	128.43	80.13
Texcoco	88.00 A ³	4.556 A	3.667 A	1.888 B	0.778 A	0.333 B
Chapingo	88.09 A	4.273 A B	3.727 A	2.090 A B	0.909 A	0.272 B
Mixquic	89.00 A	1.667 B	3.111 A	3.667 A	0.555 A	1.222 A
DSH ²	4.18	2.80	2.72	1.63	1.10	0.53

¹: CV: Coeficiente de Variación. ² DSH: Diferencia Significativa Honesta. ³ medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes al 5%.

Cuadro 14. Análisis de varianza individuales para la variable frecuencia por especie para el factor Sitios (Pr>F), y Prueba de Comparaciones Múltiples de Medias Método de Tukey (medias).

Así también, se observó que en el Campo Experimental de la UACH y en San Diego, Texcoco, es el parasitoide *A. colemani* el que presenta mayor frecuencia en comparación a *L. testaceipes* y menor frecuencia del hiperparasitoide *A. fuscicornis*.

7. Conclusiones

- *Diaeretiella rapae* es el parasitoide más importante debido a la frecuencia con la que se presenta. Representa el 88.22% del total de momias colectadas.
- Las 6 especies momificadoras de áfidos, se encontraron en los 3 sitios de muestreo.
- El porcentaje de frecuencia de *Aphidius colemani*, fue mayor en Chapingo (4.26%) y Texcoco (4.57%) que en San Andrés Mixquic (1.66%).
- *Lysiphlebus testaceipes* tuvo mayor frecuencia en San Andrés Mixquic que en Chapingo y Texcoco, Estado de México. El porcentaje de frecuencia para *L. testaceipes* fue del 3.65% mientras que para Chapingo y Texcoco fue del 2% aproximadamente.
- Los hiperparasitoides están presentes en los 3 sitios de muestreo y su frecuencia es mínima, cabe destacar que el hiperparasitoide *Alloxysta fuscicornis*, presenta mayor frecuencia en San Andrés Mixquic, que en Chapingo y Texcoco.
- El porcentaje de no emergencia, es mínimo ya que en total solo representa un 3,65%.
- Es recomendable, para futuras investigaciones, revisar aquellas momias no emergidas y determinar la especie que no emergió, para comprender mejor este punto.
- Además, observar si existe el parasitismo terciario de alguna o algunas especies de los hiper-parásitos mencionados en este trabajo.

- Así mismo, es deseable considerar las condiciones climáticas para determinar la frecuencia de estas especies, llevando a cabo un diseño experimental delimitando áreas de muestreo sin importar la cantidad de momias.

8. Anexo

8.1. Clave para separar especies de Aphidiinae asociados a Brassicáceas, para la región del Centro de México.

La subfamilia Aphidiinae es un grupo uniforme de tamaño mediano, con especies usualmente de 1.5-3.5 mm de largo. Las hembras tienen un ovipositor corto y sus vainas pueden ser muy anchas, o el hipopigio puede poseer tenazas. Varios géneros son conocidos y la mayoría están ampliamente distribuidos.

Los Aphidiinae han sido criados extensivamente; todos son endo-parasitoides solitarios, koinobiontes de áfidos adultos e inmaduros

1. Ala anterior con m-cu y r-m completamente ausentes (Figs. 1-4).....2
- Ala anterior con r-m y/o m-cu por lo menos parcialmente presentes (Figs. 5-8).....3
2. Propódeo con carina o areóla estrecha, presente medio-posteriormente (Fig. 10).
Esteraulus profundo y finamente crenulado. Alas: Fig. 3.....*Diaeretiella rapae*
- Propódeo sin una impresión media, profunda, si aparentemente impreso, entonces, propódeo areolado (Figs. 9, 10, 11, 12). Pecíolo robusto basalmente (Figs. 10, 12).....3
3. Ala anterior con m-cu ausente o casi ausente (Fig. 6); primera celda subdiscal del ala anterior abierta distalmente en la mayoría de las especies.....4
- Ala anterior con m-cu presente (Figs. 7, 8), raramente reducida; primera celda subdiscal del ala anterior cerrada por venas esclerotizadas (Figs. 7, 8).....5
4. Propódeo sin esculpir, careciendo de una areola cerrada (Fig. 9), a lo sumo con un par de carinas cortas en el ápice. Alas: Fig. 6.....*Lysiphlebus testaceipes*
5. Areóla del propódeo comparativamente estrecha. Alas: Fig. 8.....*Aphidius colemani*

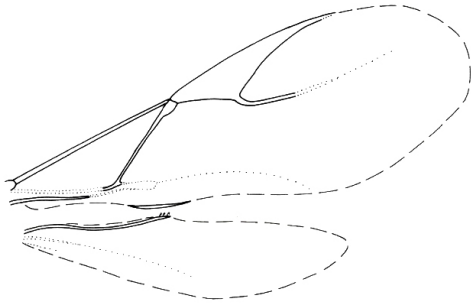


Fig. 1

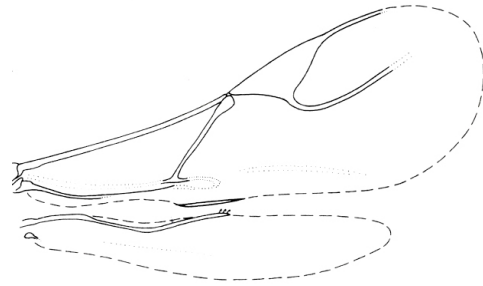


Fig. 2

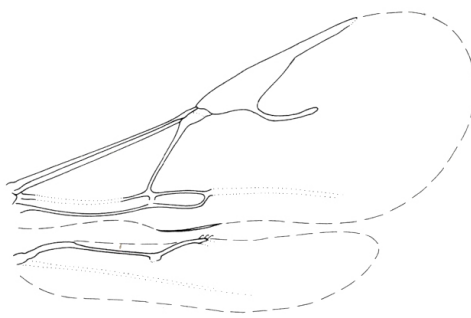


Fig. 3

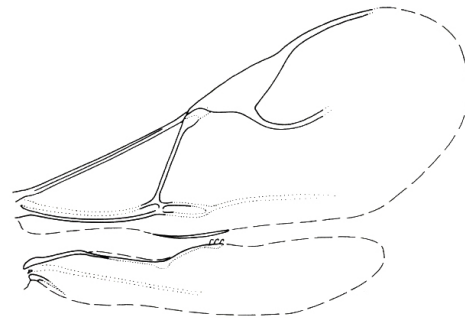


Fig. 4

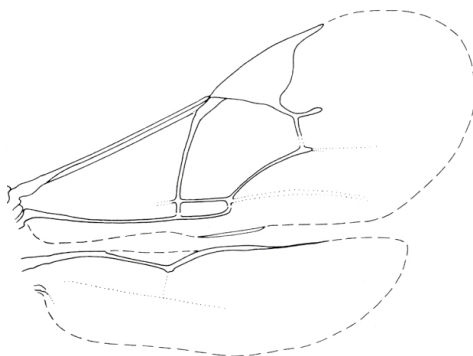


Fig. 5

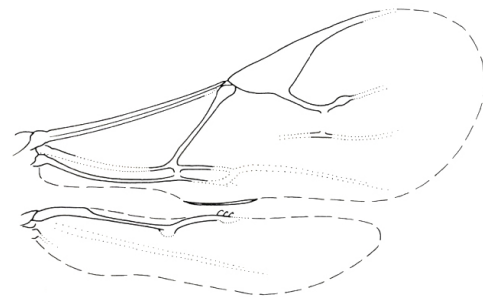


Fig. 6

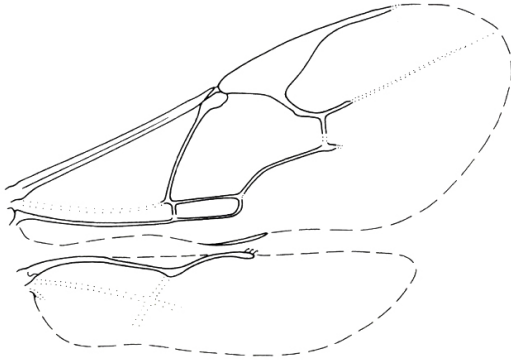


Fig. 7.

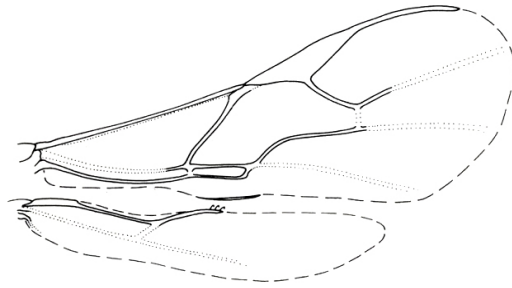


Fig. 8.

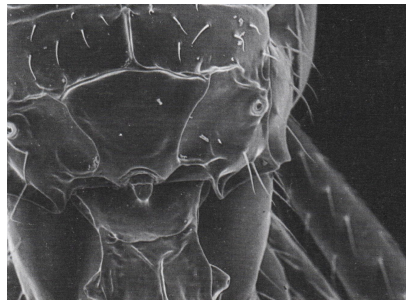


Fig. 9

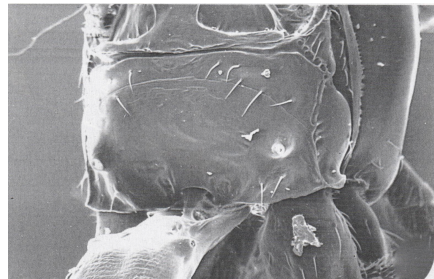


Fig. 10

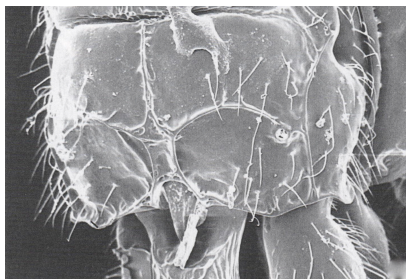


Fig. 11

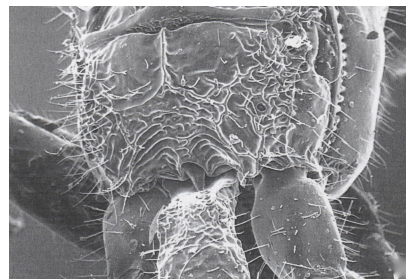


Fig. 12

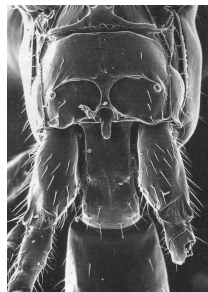


Fig. 13

9. Bibliografía

- Akinlosotu, T. A. 1980. Some aspects of the host finding behaviour of the female *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera, Aphidiidae). Nigerian Journal of Entomology, 1(3):11-18.
- Andorno, A. V.; López, S. N. y Botto, E. N. 2007. Asociaciones áfido-parasitoide (Hemiptera: Apjididae; Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) en cultivos hortícolas orgánicos en Los Cardales, Buenos Aires, Argentina. Rev. Soc. Entomol. Argent. 66 (1-2): 171-175.
- Ayal, Y. 1987. The foraging strategy of *Diaeretiella rapae*. I. The concept of the elementary unit of foraging. Journal of Animal Ecology, 56 (3): 1057-1068.
- Bahana, J.; Karuhize, G. 1986. The role of *Diaeretiella rapae* (Mc'Intosh) (Hymenoptera: Braconidae) in the population control of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae) in Kenya. Insect science and its Applications, 7 (5): 605-609.
- Barrios-Díaz, B.; Alatorre-Rosas, R.; Calyecac-Cortero, H. y Bautista-Martínez, N. 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var. *capitata*) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. Agrociencia 38: 239-248.
- Batista, L.; Porras, D. N.; Gutierrez, A.; Peña, I.; Rodriguez, J.; Fernandez del Amo, O.; Pérez, R. y Morera, J. L. 1995. Tristeza and *Toxoptera citricida* in Cuba, incidence and control strategy pp.197-203 in Proc. of the 3rd Int. Workshop on Citrus Tristeza

Virus and brown citrus aphid in the Caribbean Basin: Management strategies. Lake Alfred, FL, May 15-18, 1995. Univ. of Florida, Inst. of Food and Agric. Sci.

Bennett, F. D. 1985. First records of hymenopterous parasites of aphids from Trinidad, West Indies. Florida Entomol. 68:227-228.

Bernal, J.; González, D. 1993. Temperature requirements of four parasites of the Russian wheat aphid *Diuraphis noxia*. Entomologia Experimentalis et applicata, 69 (2): 173-182.

Bernal, J.; González, D. 1995. Thermal requirements of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) on Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia* Mordwilko, Hom., Aphididae) hosts. Journal of Applied Entomology, 119 (4): 273-277.

Bernal J, González D, 1997. Reproduction of *Diaeretiella rapae* on Russian wheat aphid hosts at different temperatures. Entomologia Experimentalis et Applicata, 82:159-166.

Bernal, J.; González, D.; Natwick, E. T.; Loya, J. G.; León-López, R. & Bendixen, W.E. 1993. Natural enemies of Russian wheat aphid identified in California. California Agriculture, 7 (6): 24-28.

Blackman, R. L.; Eastop, V. F. 1984. Aphids on the World's Crops. An identification and Information Guide. Chichester, UK: John Wiley.

Blackman, R. L. 1974. Life-cycle variation of *Myzus persicae* (Sulz.) (Hom. Aphididae) in different parts of the world in relation to genotype and environment. Bulletin of Entomological Research, 63 (4): 595-607.

- Bravo, M. 1992. Artrópodos depredadores de plagas agrícolas. En Memorias III. Curso de Control Biológico pp:34-39. Universidad Autónoma de México. 5-7 de octubre 1992. Cuautitlán.
- Bocchino, F. J. y Sullivan, S. J. 1981. Effects of venoms from two aphid hyperparasitoids, *Asaphes lucens* and *Dendrocerus carpentieri* (Hymenoptera: Pteromalidae and Megaspilidae), on larvae of *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Aphidiidae). Canadian Entomologist, 113 (10): 887-889.
- Bonnemaison, L. 1965. Insect pest of crucifers and their control. Ann Rev. Entomol. 10: 233-256.
- Bonnemaison L. 1976. The action of crowding and two juvenile hormone analogues on *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera, Aphididae). Annales de Zoologie, Ecologie Animale, 8 (3): 289-314.
- Bujanos, R.M. y Marín A.J. 1996. Plagas de los cultivos de crucíferas en El Bajío, México. Publicación especial núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Celaya, Guanajuato. México.
- Burks, B. D. 1979. Family Pteromalidae. Páginas 768-835 en Krombein, K. V., P. D. Hurd, Jr., D. R. Smith y B. D. Burks (eds). Catalog of Hymenoptera in America North Mexico. Vol. 1 Symphyta and Apocrita (Parasitica). Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.
- CAB International. 2012. Crop Protection Compendium. The World's Most Comprehensive Site for Crop Protection Information. www.cabi.org

- Carver, M.; Saty, P. 1974. A preliminary review of the Aphidiidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) of Australia and New Zeland. journal of the Australian Entomological Society, 13 (3): 235-240
- Ceballos, M.; Martínez, M. A.; Duarte, L.; Baños. H. L. y Sánchez, A. 2009. Asociación áfidos-parasitoides en cultivos hortícolas. Rev. Protección Veg. 24 (3): 180-183.
- Cecilio, A. 1994. Faunistic evolution after the introduction of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Aphidiidae) in Portugal, and its importance for the control of aphids. Bol. San. Veg. Plagas, 20: 471-476.
- Chua, T.H. 1977. Population studies of *Brevicoryne brassicae* (L.), its parasites and hyperparasites in England. Researches on Population Ecology. 19 (1): 125-139.
- Ciomperlik MA, 1995. Characterization and separation of indigenous and exotic populations of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Aphidiidae). PhD. dissertation, Texas A&M University, College Station.
- Clausen CP, 1978. Aphididae. In: Clausen CP, ed. Introduced Parasites of Predators of Arthropod Pests and Weeds: A World Review. US Department of Agriculture Agricultural Handbook.
- Collier, R.H.; Mead, A.; Parker W.E.; Ellis, S. A. 2003. A Risk management system for controlling the foliar pests of *Brassica* crops. Book Chapter; Conference paper. The BCPC International Congress. Crop Science and Technology. Volumes 1 and 2. Proceedingd of an International Congress held at the SECC, Glasow, Scotland UK, 10-12 November 2003. pp. 335-340.

- Couchman, J. R.; King, P. E. 1977. Morphology of the larval stages of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Aphidiidae). International Journal of Insect Morphology and Embryology, 6 (3-4): 127-136.
- De Souza, B. M.; Bueno V. H. P. 1994. Parasitoids and hyperparasitoids of mummies of *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus, 1758) (Homoptera: Aphididae). Revista de Agricultura (Piracicaba), 67 (1): 55-62.
- Desneux, N.; Fauvergue, X.; Dechaue-Moncharmont, F. X.; Kerhoas, L.; Ballanger, Y. and Kaiser, L. 2005. *Diaeretiella rapae* Limits *Myzus persicae* Populations After Applications of Deltamethrin in Oilseed Rape. Journal of Economic Entomology, 98 (1): 9-17.
- Domínguez, R. R. 1998. Taxonomía I (Protura a Homoptera). UACH. Chapingo, México.
- Eilenberg, J., Hajek, A & Lomber, C. 2001. Suggestions For Unifying The Terminology In Biological Control. Biocontrol 46, 387-400.
- El-Heneidy, A. H.; Gonzalez, D.; Stary, P.; Adly, D.; El-Khawas, M. A. 2001. A survey of primary and secondary parasitoid species of cereal aphids on wheat in Egypt. ; Egyptian Society for Biological Control of Pests, Cairo, Egypt, Egyptian Journal of Biological Pest Control, 11, 1/2, pp 193-194, 7 ref.
- Ellis P. R.; Sigh, R. 1993. A review of the host plants of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera, Aphididae). bulletin OILB/SROP, 16 (5): 192-201.
- Evans, G.A. y Stange, L. A. 1997. Parasitoids associated with the brown citrus aphid, *Toxoptera citricida*, in Florida (Insecta: Hymenoptera). Florida Department of

Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry Entomology Circular, 384: 5 pp.

Flint, M. L. & Van den Bosch, R. 1981. Introduction to Integrated Pest Management, New York: Plenum Press.

Gabry, S. B.; Chora Zyczewska, J. 1998. Probing behaviour of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) on host and non-host plants. Progress in Plant Protection, 38 (2): 395-397.

Ghosh, L. K.; Verma, K. D. 1990. Discovery of sexual female of *Myzus persicae* (Sulzar) (Homoptera: Aphididae) with redescription of its alate male in India. Journal of Aphidology, 4 (1-2): 30-35.

Gibson, G. A. P. 2001. The Australian Species of *Pachyneuron* Walker (hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae). Journal of Hymenoptera Research, 10 (1): 29-54.

Gibson, G. A. P.; Huber, J. T.; Woolley, J. B. 1997. Annotated Keys to the Genera of Nearctic Chalcidoidea (Hymenoptera). NRC Research Press. Ottawa, Ontario. Canada.

Gibson, G. A. P. and Vikberg, V. 1998. The species of *Asaphes* Walker from America North of Mexico, with remarks on Extralimital Distributions and Taxa (Hymenoptera: Chalcidoidea, Pteromalidae). Journal of Hymenoptera Research, 7 (2): 209-256.

Godfray, H.C.J. 1994. Parasitoids: Behavioural and Evolutionary Ecology. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. U.S.A.

- Graham M. W. R. de V., 1969. The Pteromalidae of North-Western Europe (Hymenoptera: Chalcidoidea). Bulletin of the British Museum (Natural History). Entomology. 16: 1-908.
- Greathead, D.J. 1986. Parasitoids in Classical Biological Control, pp.289-318. En: Waage, J and D. Greathead (eds.). Insect Parasitoids. Academic Press, London.
- Griffiths M. 1994. The New Royal Horticultural Society Dictionary: Index of Garden Plants. Basingstroke, UK: Macmillan Press Ltd.
- Hafez M, 1961. Seasonal fluctuations in population density of the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) in The Netherlands, and the role of its parasite *Aphidius* (*Diaeretiella*) *rapae* (Curtis). Tijdschrift over Plantenziekten Nederlands, 67:445-548.
- Hagen, K. S. y R. van den Bosch. 1968. Impact of pathogens, parasites, and predators on aphids. Annual Review of Entomology, 13: 325-384.
- Hajek Ann E. 2004. An Introduction to Biological Control. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sao Paulo. Cambridge University Press.
- Hayamizu, E. 1982. Comparative studies on aggregations among aphids in relation to population dynamics I. Colony formations and aggregation behavior of *Brevicoryne brassicae* L. and *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae). Applied Entomology and Zoology, 17 (4): 519-529.

- Heinz, K. M.; Thompson, S. P.; Krauter, P. C.; Lenteren, J. C. Van. 1999. Development of biological control methods for use in Southwestern U.S. greenhouses and nurseries. International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (OIBC/OILB), West Palaearctic Regional Section (WPRS/SROP), Dijon, France, Bulletin OILB/SROP, 22, (1): 101-104.
- Horn, D. J. 1989. Secondary parasitism and population dynamics of aphid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiinae). Journal of the Kansas Entomology Society, 62 (2): 203-210.
- Jasso, G. H. 1993. Capacidad Depredadora de *Hippodamia convergens* G. (Coleoptera: Coccinellidae) sobre *Macrosiphum rosae* L. (Homoptera: Aphididae) en vivero. Escuela Superior de Agricultura "Hermanos Escobar", Dpto. Entomología. Cd. Juárez, Chihuahua.
- Kamijo, K y Takada, H. 1973. Studies on aphid hyperparasites of Japan, II. Aphid hyperparasites of the Pteromalidae occurring in Japan (Hymenoptera) Insecta Matsumurana, n. s. 2: 39-76.
- Kant, R.; Sandanayaka W. R. M.; He, X. Z. and Wang, Q. 2008. Effect of host age on searching and oviposition behaviour of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Aphidiidae). New Zealand Plant Protection, 61: 355-361.
- Keller, L. j. y Sullivan, D. J. 1976. Oviposition behavior and host feeding of *Asaphes lucens* an aphid hyperparasitoid. Journal of New York Entomological Society, 84: 206-211.

Koppert de México. 2012. <http://www.koppert.com.mx/soluciones/control-biologico-de-plagas/pulgon>. consultado el 4 de mayo, 2012.

Lammerick, J. 1968. A new biotype of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L., on aphid resistant rape (*Brassica napusi*). New Zeland Journal of Agriculture. 11: 341:344.

Lankin, G.; Araya, J. E. y Lamborot, L. 1997. Efectos de fenvalerato y metamidofos sobre *Diaeretiella rapae* (McIntosh), parasitoide de *Brevicoryne brassicae* (L.). Bol. San. Veg. Plagas, 23: 457-471.

Lankin, G.; Lamborot, L. y Araya J. E. 1997. Método de crianza de *Diaeretiella rapae* (Mcintosh), parasitoide de *Brevicoryne brassicae* (L.). Bol. San. Veg. Plagas, 23: 57-61.

López, E. R.; Van Driesche, R. G.; Bellows, T. S. 1989. Direct measurement of host and parasitoid recruitment for assessment of total losses due parasitism in a continously breeding species, the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae). Bulletin of Entomological Reseach, 79: 47-59.

Luck RF, 1981. Parasitic insects introduced as biological control agents for arthropod pests. In: Pimentel D, ed., CRC handbook of pest management in Agriculture, Volume II. Florida, USA: CRC Press.

Mujica, Y.; Martínez M. A.; Alemán, J. y Ravelo J. 2009. Fluctuación poblacional de plagas de la col (*Brassica oleracea*) y otros enemigos naturales en dos agroecosistemas. Cultivos Tropicales, 30 (4): 10-15.

- Nault, L. R.; Styer, W. F. 1972. Effects of sinigrin on host selection by aphids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 15 (4): 423-437.
- Nemec, V.; Stary, P. 1984. Population diversity of *Diaeretiella rapae* (M'Int.) (Hym., Aphidiidae), an aphid parasitoid in agroecosystems. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 97 (3): 223-233.
- Nottingham, S. F.; Hardie, J.; Dawson, G. W.; Hick, A. J.; Pickett, J. A.; Wadhams, L. J.; Woodcock, C. M. 1991. Behavioural and electrophysiological responses of aphids to host and nonhost plant volatiles. *Journal of Chemical Ecology* 17 (6): 1231-1242.
- Peck, O. 1951. Family Pteromalidae. Páginas 534-568 en Muesebeck, C. F. W., K. V. Krombein y H. K. Townes (eds). *Hymenoptera of America North of Mexico synoptic catalog*. United States Department of Agriculture Monograph No. 2. 1420 pp.
- Pike, K. S.; Stary, P.; Miller, T.; Graf, G.; Allison, F.; Boydston, L. y Miller, R. 2000. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Northwest USA. *Proc. Ent. Soc. Wash*, 102: 688-740.
- Pickett, J. A., Wadhams, L. J. and Woodcock, C. M. 1992. The chemical ecology of aphids. *Ann. Rev. Entomol.* 37: 67-90.
- Pujade-Villar, J.; Díaz, N.; Evenhuis, H. H. y Ros-Farré, P. 2002. South American Charipinae: Review and Description of Two New Species (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae). *Annal of the Entomological Society of America*, 95 (5): 541-546

- Quisenberry SS, Peairs FB, 1998. Response Model for an Introduced Pest: the Russian Wheat Aphid. Lanham, USA: Thomas Say Publications in Entomology, Entomological Society of America.
- Read, D. P.; Feeny, P. P.; Root, R. B. 1970. Habitat selection by the aphid parasite *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera; Braconidae) and hyperparasite *Charips brassicae* (Hymenoptera: Cynipidae). Canadian Entomologist, 102:1567-1578.
- Ronquist, F. 1999. Phylogeny, classification and evolution of the Cynipoidea. Zoologica Scripta, 28, 139-164.
- SIAP- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.gob.mx (consultado el 23 de marzo, 2012).
- Shaltiel, L.; Ayal, Y. 1998. The use of kairomones for foraging decisions by an aphid parasitoid in small host aggregations. Ecological Entomology, 23 (3): 319-329.
- Sheehan, W.; Shelton, A. M. 1989. Parasitoid response to concentration of herbivore food plants: finding and leaving plants. Ecology, USA, 70 (4): 993-998.
- Silva, R. J.; Cividanes, F. J.; Pedroso, E. C. and Sala S. R. D. 2011. Host quality of different aphid species for rearing *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae). Neotropical Entomology, 40 (4): 477-482.
- Srivastava, A.; Singh, H. 1995. Impacts on the population dynamics of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Homoptera: Aphididae). Journal of Oilseeds Research, 12 (2): 197-202.

- Starý, P. 1995. The Aphidiidae of Chile (Hymenoptera, Ichneumonoidea, Aphidiidae). Dtsch. Ent. Z. 42:113- 138.
- Starý, P. 1976. Two new *Pseudophedrus* Starý, aphid parasites (Hymenoptera: Aphidiinae) associated with *Nothofagus* in South America. With notes on the continental draft. Entomologia Scandinavica. 7 (1): 24-30.
- Starý, P. 1970. Biology of Aphid Parasites (Hymenoptera: Aphidiidae) with respect to integrated Control. Series Entomologica. Volumen 6.
- Starý, P. 1968. Biological control of aphid pests (Homoptera: Aphidoidea) by parasites (Hym., Aphidiidae) in the West Indies. Ann. Soc. Ent. Fr., N.S. 4: 27-43.
- Starý, P.; Lumbierres, B. & Pons, X. 2004. Opportunistic changes in the host range of *Lysiphlebus testaceipes* (Cr.), an exotic aphid parasitoid expanding in the Iberian peninsula. J. Pest Sci. 77: 139-144.
- Starý, P.; Lyon, J. P. & Leclant, F. 1988. Post-colonisation host range of *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) in the Mediterranean area (Hymenoptera, Aphidiidae). Acta Entomol. Bohemoslov. 85: 1-11.
- Starý, P. y Remaudiere, G. 1982. New genera, species, and host records of aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae) from Mexico. Ann. Soc. Ent. Fr., 18:107-127.
- Starý, P.; Sampaio, M. V. & Paes Bueno, V. H. 2007. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) and their associations related to biological control in Brazil. Rev. Brasileira Entomol. 51: 107-118.

- Sullivan, D. J. 1972. Comparative behavior and competition between two aphid hyperparasites: *Alloxysta victrix* and *Asaphes californicus* (Hymenoptera: Cynipidae; Pteromalidae). *Environmental Entomology*, 1: 234-244.
- Triplehorn, C.A. & Johnson N. F. 2005. Borror and De Long's Introduction to the Study of Insects. 6th Edition. Sounders College Publishing.
- Van Driesche R.G., Hoodle, M. S., Center, T.D. 2007. Control de Plagas y Malezas por Enemigas Naturales. U.S. Department of Agriculture. U.S. Forest Service. Forest Health Technology Enterprise Team.
- Vater G, 1971. The dispersal and orientation of *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aphidiidae) with reference to the the hyperparasites of *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae). *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie*, 68(2):187-225.
- Vaughn, T. T.; Antolin, M. F.; Bjostad, L. B. 1996. Behavioral and physiological response of *Diaeretiella rapae* to semiochemicals. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 78 (2): 187-196.
- Verma. A. K., Makhmoor, H. D. 1988. The intrinsic rate of natural increase of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linn.) (Homoptera: Aphididae) on cauliflower. *Entomon*, 13 (1): 51-55.
- Wharton, R. A.; Marsh, P. M. & Sharey M. J. 1998. Manual Para los Géneros de la Familia Braconidae (Hymenoptera) del Nuevo Mundo. The International Society of Hymenopterists. Washington, D.C. Edición en Español.

Wiech, K.; Jankowska, B. 1994. The occurrence of pests and beneficial insects on different cruciferous vegetables. *Materiały Sesji Instytutu Ochrony Roślin*, 34 (1): 229-236.

Yokomi, R. K. & Y. Q. Tang. 1996. A survey of parasitoids of brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae) in Puerto Rico. *Biol. Control* 6: 222-225.