

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



Aspectos del manejo de *Diaeretiella rapae*
(M'Intosh, 1855) (Hymenoptera: Braconidae) mediante plantas banco, y
fenología de la interacción tetratrófica del pulgón gris, *D. rapae*
y *Alloxysta fuscicornis* (Hartig, 1841) (Hymenoptera: Figitidae) en crucíferas

Tesis

Que presenta FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MONZÓN
como requisito parcial para obtener el título de:
DOCTOR EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila, México.

Julio 2020

ASPECTOS DEL MANEJO DE *Diaeretiella rapae* MEDIANTE PLANTAS BANCO,
Y FENOLOGÍA DE LA INTERACCIÓN TETRA-TRÓFICA DEL PULGÓN GRIS,
Diaeretiella rapae y *Alloxysta fuscicornis* EN CRUCÍFERAS

Tesis

Elaborada por FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MONZÓN como requisito parcial para
obtener el Grado de DOCTOR EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
con la supervisión y aprobación del comité de asesoría:

Dr. Sergio René Sánchez Peña
Asesor principal

Dr. Oswaldo García Martínez
Asesor

Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe
Asesor

Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor

Dr. José Isabel López Arroyo
Asesor

Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado
UAAAN

AGRADECIMIENTOS

Al CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) por el apoyo proporcionado durante el posgrado.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, gracias por brindarme todo lo necesario para cumplir una meta más en mi vida.

Al Dr. Sergio R. Sánchez Peña, gracias por el gran apoyo, confianza, consejos, por su valiosa participación en este proyecto y los conocimientos aportados. Como también las oportunidades que me hicieron crecer como profesionista.

Al Dr. Oswaldo García Martínez, así como también al Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe y Dr. José Isabel Lopez Arroyo por el tiempo disponible, por sus importantes comentarios en la revisión de este trabajo.

Al Departamento de Parasitología Agrícola por haberme ayudado de forma directa e indirecta a mi formación como posgraduado durante la Maestría y Doctorado, para asistir a eventos nacionales e internacionales de desarrollo y como parte de la organización de Jornadas de Evaluación Científica y demás eventos.

DEDICATORIA

Con todo mi amor y cariño, especialmente para mis padres: Javier López Hernández y Yeni Monzón Pérez, que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme la oportunidad de estudiar y creer en mí, aun en esos momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor y comprensión por todo esto les agradezco de todo corazón el que siempre estén a mi lado los quiero mucho.

A mis hermanos Miguel Ángel López Monzón, Karina López Monzón y Nelson de Jesús López Monzón gracias por estar conmigo siempre, los quiero mucho por sus consejos y apoyo incondicional.

También mis amigos, a esos amigos que me han acompañado a lo **largo de la toda mi vida** y con los cuales he contado desde que los conocí, muchas gracias por estar conmigo durante todo este tiempo, por tu amistad, por demostrar ser verdaderos amigos en todo momento, gracias por su apoyo y confianza.

A los compañeros de carrera **que no me alcanzaría esta hoja para mencionarlos a cada uno**, por todos buenos y malos momentos que compartimos durante los 3 años.



15Jul20

Estimado Dr. Sánchez, hemos recibido su manuscrito titulado “Fluctuación poblacional de los parasitoides, primario *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae); y secundario, *Alloxysta fuscicornis* (Hymenoptera: Figitidae) en crucíferas en el Noreste de México”, SWE#3424, de los autores Francisco J. López Monzón, Sergio R. Sánchez Peña y Griselda Aranda, el cual se pondrá a revisión de pares pronto.

Sin más por el momento reciba un afectuoso saludo y le agradecemos su interés de publicar su interesante trabajo en nuestra revista.

Carlos A. Blanco

Atentamente,
Carlos A. Blanco, Ph.D.
Editor Asociado
Southwestern Entomologist
<https://sswe.tamu.edu/>

Aspectos del manejo de *Diaeretiella rapae*
(M'Intosh, 1855) (Hymenoptera: Braconidae) mediante plantas banco, y
fenología de la interacción tetratrófica del pulgón gris, *D. rapae*
y *Alloxysta fuscicornis* (Hartig, 1841) (Hymenoptera: Figitidae) en crucíferas

Por:

FRANCISCO JAVIER LÓPEZ MONZÓN

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

DOCTORADO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGIA AGRICOLA

Dr. SERGIO RENÉ SÁNCHEZ PEÑA -Asesor-

Palabras clave: Parasitoide, *Diaeretiella rapae*, *Brevicoryne*
brassicae, hiperparasitoide, *Alloxysta fuscicornis*.

Saltillo, Coahuila

Julio 2020

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Generalidades de los Parasitoides.....	4
Tipos de parasitoides.....	4
<i>Brevicoryne brassicae</i> L. (Hemíptera: Aphididae)	5
Importancia económica	5
Posición taxonómica.....	6
Descripción morfológica.....	6
Distribución geográfica.....	6
Ciclo de vida.....	7
Daño en hospedero	7
Control de <i>Brevicoryne brassicae</i>	7
Control Químico.....	7
Control biológico.....	8
<i>Diaeretiella rapae</i> McIntosh (Hymenoptera: Braconidae).....	8
Importancia.....	8
Posición taxonómica:.....	8
Descripción Morfológica.....	9
Distribución Geográfica.....	9
Ciclo de vida y biología	9
Posición taxonómica:.....	10
Descripción morfológica.....	10
Distribución geográfica.....	10
Ciclo de vida y biología	11
CAPÍTULO 1	13
.....	18
CAPITULO 2.....	19
REFERENCIAS GENERALES.....	37

CONCLUSION GENERAL.....	39
CAPÍTULO 1.....	39
CAPÍTULO 2.....	39
ANEXOS.....	40

INTRODUCCIÓN

La familia Braconidae cuenta con cerca de 17.500 especies descritas y más de 40.000 especies estimadas; se encuentra como grupo hermano de Ichneumonidae dentro de la Superfamilia Ichneumonoidea, quizás el taxón más rico de todo el reino animal (Campos y Sharkey 2007).

Esta familia es muy importante a nivel mundial, siendo la segunda familia con mayor número de especies reportadas del perteneciente al orden Hymenoptera. En cuestiones ecológicas actúan como controladores naturales de diversas plagas de insectos herbívoros. En el estudio de Yu et al. (2012) reportaron un total de 19434 especies válidas. El tamaño de estos organismos varía desde 1 hasta 30 mm, aunque la mayoría de las especies son más bien pequeñas, generalmente midiendo menos de 10 mm (Wharton et al., 1997). Los miembros de esta familia son muy diversos dentro de los cuales encontramos ectoparasitoides y endoparasitoides (Wharton, 1993). También se presentan parasitoides del tipo Idiobionte (el huésped no se alimenta después de la parasitación) y Koinobiontes; generalmente ambos tipos de parasitoides actúan de forma denso-dependiente (Hawkins et al., 1992).

Los miembros de Braconidae habitan en casi todos los ecosistemas terrestres, aunque son particularmente diversos en los trópicos; casi todas sus especies son parasitoides (que matan a su hospedero) de larvas de otros insectos, principalmente herbívoros (Quicke, 1997). No obstante, en las últimas décadas se ha descubierto que algunos son formadores de agallas (Wharton y Hanson, 2005).

Las especies de Braconidae se clasifican actualmente en aproximadamente 40 subfamilias (van Achterberg, 1984a, 1988b, 1990b). El número exacto aceptado por los trabajadores de braconidos aún no se ha estabilizado, pero la aplicación de la metodología cladista en los últimos años ha llevado a la creación de una

serie de subfamilias adicionales para recibir generalmente un pequeño número de géneros difíciles que previamente habían sido clasificados en las subfamilias Heliconiinae y Microgastrinae.

A nivel ecológico y económico, la familia Braconidae es de gran importancia por la capacidad que tienen como reguladores de poblaciones de insectos herbívoros hospederos, así como la alternativa que se obtiene al utilizar éstos para el control de plagas mediante enemigos naturales, en lugar de la utilización de agroquímicos en la agricultura. Asimismo se investiga activamente el uso de estos enemigos en combinación con plaguicidas compatibles con ellos.

El uso de parasitoides en el Control Biológico ha tenido gran relevancia en los últimos años, tanto así que algunas empresas como Koppert® y otras se han dado a la tarea de comercializar masivamente estos enemigos naturales, dando resultados favorables para la agricultura en México y a nivel mundial. En Chiapas, México, Montoya et al. (2000) realizaron liberaciones de *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) en huertas de mango contra *Anastrepha* spp. (mosca de la fruta) durante dos años. En las pruebas de liberación del parasitoide sobre de la mosca de la fruta se encontraron diferencias altamente significativas en el porcentaje de parasitismo en las zonas de liberación y control en huertos de traspatio. Además, los resultados de la captura indicaron que las liberaciones de *D. longicaudata* se asociaron con una supresión de 2.7 veces de las poblaciones de *Anastrepha* spp. en huertos de traspatio.

Otro ejemplo del uso de parasitoides en el control biológico es el del *Aphidius transcaspicus* Telenga (Hymenoptera: Braconidae); éste fue seleccionado como agente de control biológico del pulgón harinoso del ciruelo, *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) 1762 (Hemiptera: Aphididae) Geoffroy en California. Ahí se liberaron más de 50,000 parasitoides en numerosas huertas desde el año 2000 hasta el 2008, pero parece que *Aphidius transcaspicus* Telenga (Hymenoptera: Braconidae) no se ha establecido en California (Latham and Mills 2012).

Estudios realizados en México también se enfocan a medir el porcentaje de parasitismo, así como la relación con la fenología del de las plantas hospederas de la plaga, además de la temperatura y otros factores abióticos. Estos estudios han arrojado resultados como lo reportado en el caso de producción comercial de crucíferas, específicamente el parasitismo de *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae) en Guanajuato, México, en donde Salas et al. (2017) mostraron que el porcentaje más alto de parasitismo por *D. rapae* sobre el pulgón gris del repollo o crucíferas, *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) fue 35.7% y ocurrió el 30 de enero, en cual las temperaturas de invierno son bajas, factores que son favorables para el pulgón *B. brassicae*.

El control biológico ha mostrado ser una alternativa viable dentro del contexto de manejo integrado de plagas (MIP) ya que el manejo químico es costoso y, en el mejor de los casos, proporciona solo un control parcial debido al rápido desarrollo de la resistencia, un problema mundial (Cahill et al., 1996a, b; Viñuela, 1998; Kumar et al., 2008). No obstante, en algunos programas MIP se requiere el uso de insecticidas que actúen en algún momento del desarrollo de ciertas plagas (Barret et al. 1994, Stark & Rangus 1994, Zuazúa 2003). Algunas pruebas de parasitismo y depredación también se han realizado en compatibilidad con insecticidas.

En el manejo integrado de plagas, es importante determinar qué insecticidas son compatibles con los agentes clave de control biológico e identificar los posibles efectos perjudiciales sobre estos insectos beneficiosos. Desafortunadamente, las predicciones sobre la compatibilidad de un insecticida con el control biológico a menudo se basan en pruebas de detección incompletas en las que generalmente se ignoran factores como la alimentación con presas contaminadas, la susceptibilidad de los endoparásitos inmaduros y algunos parámetros poblacionales como la natalidad, mortalidad, etc. (Stapel et al., 2000).

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades de los Parasitoides

Se conoce como parasitoide a todo insecto que en estado larvario es parásito de otro artrópodo (hospedero), mientras que en estado adulto vive libremente. Además, a diferencia del parásito, el parasitoide en la mayoría de los casos termina matando al huésped, aunque hay muchas excepciones. Hasta hace unos 25 años, comúnmente se hacía referencia a parasitoides utilizando el término “parásito”; en la actualidad, se evita el uso de este término para resaltar, entre otras diferencias, que los separan de los parásitos en sentido estricto, son que típicamente sólo parasitan y consumen (matan) a un sólo huésped durante su ciclo de vida; su tamaño es similar al del huésped, poseen un ciclo de vida relativamente simple y pertenecen a un grupo taxonómico afín al de su huésped (comúnmente ambos son insectos) (Bernal, 2007). Asimismo, los parasitoides buscan activamente y eligen cuidadosamente a sus huéspedes, a diferencia de los parásitos, que muchas veces llegan a sus hospederos de manera pasiva, llevados por el agua, viento u otros organismos.

Tipos de parasitoides

Los parasitoides pueden ser divididos en dos clases por su comportamiento en la alimentación de sus larvas. Algunos parasitoides se desarrollan dentro del hospedero, alimentándose en el interior de éste y se conocen como *endoparasitoides*. Los *ectoparasitoides* viven externamente, normalmente con sus piezas bucales enterradas en el cuerpo de su huésped. La mayoría de los parasitoides caen naturalmente en uno de estos grupos, aunque hay una minoría de especies que pasan sus primeros instares como ectoparasitoides antes de

excavar en sus huéspedes para convertirse en endoparasitoides, o viceversa (Godfray 1994).

Los parasitoides que alimentan individualmente de un huésped se conocen como parasitoides solitarios, en lugar de parasitoides *gregarios*, de donde varios individuos se alimentan juntos en un solo huésped. Si más huevos de lo normal son depositados en el huésped por la misma especie de parasitoide, se dice que ocurre un *superparasitismo* (Askew 1973). Si una segunda hembra de una especie diferente pone huevos en el huésped, puede suceder una de dos cosas. Si las larvas de una segunda especie compiten con las larvas residentes por los recursos del huésped, se produce el *multiparasitismo*. Sin embargo, si la larva parasita a la larva del parasitoide primario se produce hiperparasitismo. El *hiperparasitismo* es generalmente de dos tipos: los *hiperparasitoides* facultativos pueden atacar a individuos hospederos no parasitados, pero se desarrollan como hiperparasitoides cuando los huevos se depositan en un huésped previamente parasitado; en contraste, los hiperparasitoides obligados sólo pueden desarrollarse como parasitoides de parasitoides. Los hiperparasitoides a menudo se denominan parasitoides secundarios e incluso se conocen casos de parasitoides terciarios. Un último tipo de parasitismo bastante raro es el cleptoparasitismo. Un *cleptoparasitismo* obligatorio requiere la presencia de otra especie de parasitoide, aunque, a diferencia de los hiperparasitoides, no se alimenta de éste (Godfray 1994).

***Brevicoryne brassicae* L. (Hemíptera: Aphididae)**

Importancia económica

Metcalf y Flint (1984) mencionan que esta plaga se alimenta succionando los líquidos del floema, principalmente de brotes tiernos, cuando los ataques son severos causan manchas necróticas, distorsión de hojas y tallos, inhibición del crecimiento y marchitamiento general.

Además, es vector de aproximadamente veinte virus fitopatógenos, que incluyen el anillo negro de la col y los mosaicos de la coliflor y del rábano (Anaya, 1999).

Posición taxonómica

De acuerdo a Borrer et al. (1989) la ubicación taxonómica del pulgón de la col es la siguiente:

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Clase: Hexápoda

Orden: Homóptera

Suborden: Sternorrincha

Superfamilia: Aphidoidea

Familia: Aphididae

Género: *Brevicoryne*

Especie: *Brevicoryne brassicae*

Descripción morfológica

El cuerpo del pulgón mide de entre 1.6-2.6 mm de largo. Las hembras aladas (llamadas aladas o alatae) son de color verde, con la cabeza y la cara ventral negro, y con barras transversales oscuras en el abdomen dorsal. La capa de cera es más delgada en los alados que en los ápteros. El cuerpo es 1.6-2.8 mm de largo. Los machos son alados. El número de cromosomas es $2n = 16$ (Gabrys, 1999).

Distribución geográfica

Brevicoryne brassicae (Linn.) (Hemíptera: Aphididae) se encontró por primera vez en 1734 por Frisch en Alemania (Essig, 1948). En la India, Lefroy y Howlett (1909) informaron de la especie por primera vez en los cultivos del género

Brassica. Es un pulgón nativo de Europa, que ahora se encuentra esencialmente en todas las áreas del mundo donde se cultivan estas plantas.

Ciclo de vida

Es de desarrollo muy rápido, que dura de 8-12 días desde el primer instar ninfal hasta su estado adulto. Presentan reproducción asexual (partenogénesis), y el tiempo de vida de reproducción es de 30 días con 4-6 ninfas por un día (Pal & Singh, 2013).

Daño en hospedero

La alimentación directa por el áfido en las plantas hospederas causa el amarillamiento, marchitamiento, distorsión y retardo en el crecimiento de las plantas infestadas. Prefieren alimentarse de las hojas jóvenes, flores y a menudo se interna profundamente en las cabezas de las coles de Bruselas y la col (Natwick 2009). Las plantas severamente infestadas se cubren con una masa de pequeños pulgones y material pegajosa (Griffin y Williamson, 2012). Esto último se debe a que produce un desecho azucarado llamado mielecilla, que se acumula en las plantas y sobre el cual pueden crecer hongos oscuros que manchan las plantas (Opfer y McGraff, 2013). Este áfido transmite más de veinte virus de plantas diferentes, incluyendo el virus del mosaico de la coliflor (CaMV) y el virus del mosaico del nabo (TuMV) (Broadbent, 1957) que dan como resultado enfermedades económicamente importantes de las crucíferas.

Control de *Brevicoryne brassicae*

Control Químico

Dentro del manejo de *B. brassicae* con insecticidas, se encuentran algunos ingredientes activos tales como: Cipermetrina, Deltametrina, Etofenprox, Imidacloprid, Pirimicarb, Zeta-cipermetrina, así como algunas Piretrinas naturales (Bermejo, 2011).

Control biológico

En Argentina, Ricci y colaboradores (2002) reportan el efecto repelente de los aceites esenciales de Laurel (*L. nabilis*) y Lemongrass (*C. citratus*) sobre *B. brassicae*. En México, Orozco et al 2006 reportan mortalidad de *B. brassicae* utilizando diversas concentraciones de extractos de *Azadirachta indica*, *Nicotiana glauca*, *Cynodon dactylon* y *Pinus cembroides* a partir de las 24 horas de aplicación de 2,500 y 10,000 ppm.

***Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae)**

Importancia

La avispa parasitoide *Diaeretiella rapae* es una de las especies entomófagas más importantes en el control natural de *B. brassicae*, por su ciclo de vida, hábitos reproductivos y alta especificidad (Prado, 1991). Se le encuentra en todas las regiones del mundo donde vive dicho pulgón.

Posición taxonómica:

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Hymenóptera

Suborden: Apocrita

Superfamilia: Ichneumonoidea

Familia: Braconidae

Subfamilia: Aphidiidae

Género: *Diaeretiella*

Especie: *rapae*

Descripción Morfológica

El cuerpo de la avispa cuenta con una longitud de 1.8-2.0 mm; color pardo oscuro; el cubito, intercúbito y vena recurrente ausentes en el ala anterior; el propodeo con carenas distintas y la cubierta del ovipositor corta en el caso de las hembras (Cave, 1995).

Distribución Geográfica

La distribución de *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hymenoptera: Braconidae) ha sido reportada en países como Japón (Takada 1975); Alemania; (Madel & Kilger), Nueva Zelanda (Carver & Stary 1974), Pakistán (Stary *et al.*, 1998). En el estado de Coahuila, México *D. rapae* es reportado por primera vez por Landero y Sánchez-Peña (1997) como parasitoide de *B. brassicae*, obtenido a partir de momias (pulgones parasitados) recolectadas en brócoli.

Ciclo de vida y biología

El ciclo de vida de *D. rapae* desde el estado huevo hasta la momificación generalmente es de 12 días, dependiendo de la temperatura principalmente. Del estado de momia a imago (adulto) es de 4 días. El tiempo de desarrollo total de *D. rapae* de momias de *B. brassicae* es de 16 días en condiciones de laboratorio según lo reportado por De los Ángeles *et al.* (2013).

***Alloxysta fuscicornis* Hartig, 1841 (Hymenoptera: Figitidae)**

Posición taxonómica:

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Orden: Hymenóptera

Suborden: Apocrita

Superfamilia: Cynipoidea

Familia: Figitidae

Subfamilia: Charipinae

Género: *Alloxysta*

Especie: *fuscicornis*

Descripción morfológica

Las especies de *Alloxysta* se caracterizan morfológicamente por su pequeño tamaño, con un cuerpo liso y brillante. Cabeza, mesosoma y metasoma marrón (café); escapo, pedicelo, F1 y F2 amarillo y F3-F12 marrón amarillento; patas amarillas y venas marrones. Antenas hembra de 13 segmentos. Antenas de los machos segmentadas (14), con las mismas proporciones que las hembras (Ferrer-Suay et., al. 2013).

Distribución geográfica

Es de distribución cosmopolita: Inglaterra, Francia, Alemania, Rumania, Suiza y Países Bajos. En el continente americano, en Costa Rica (De Jong, et al. 2014), en Colombia y México están confirmados la presencia de este Figitidae (Ferrer-Suay et., al. 2013).

Ciclo de vida y biología

Esta especie de hiperparásito se ha encontrado en el pulgón *Myzus persicae* Sulzer, 1776 (Hemiptera: Aphididae) y en *B. brassicae*, sobre diversas especies de plantas del género *Brassica*. Su presencia en estos pulgones es a través de parasitismo de *D. rapae*.

Plantas banco en control biológico

Las plantas bancos son hábitats móviles (en macetas, etc.) o establecidos permanentemente en un sitio, que proporcionan hospedantes, presas o alimentos alternativos para enemigos naturales disponibles comercialmente., las plantas banco ofrecen un nuevo enfoque no químico, como estrategia de control biológico para manejar las plagas comúnmente encontradas en el campo e invernadero (Payton Miller y Rebek 2018). Los componentes de las plantas banco son: 1) Una planta hospedera de un insecto herbívoro; 2) un insecto herbívoro que debe tener dos características: a) servir de hospedero a un insecto benéfico (más comúnmente un parasitoide) que a su vez ataque al insecto plaga que se pretende controlar; b) dicho insecto herbívoro no debe atacar al cultivo que se pretende proteger. 3) como se mencionó, un enemigo natural que se reproduzca sobre el insecto herbívoro de la planta banco, y que asimismo se reproduzca sobre el insecto plaga de interés. En este sentido el insecto benéfico debe tener un rango de hospederos que incluya al menos a dos insectos: el insecto que prolifera sobre la planta banco, y el insecto plaga en el cultivo que nos interesa proteger (Payton Miller y Rebek 2018).

En el presente trabajo, se realizó un análisis de plantas banco dirigida al control de *B. brassicae* en crucíferas, y se llegó a la conclusión de usar a *D. rapae* como organismo benéfico contra *B. brassicae*. Se planteó utilizar sorgo (*Sorghum bicolor*) como planta banco; y a el pulgón amarillo del sorgo, *Melanaphis sacchari*,

como hospedero alterno de *D. rapae*. El análisis se dividió en dos fases: laboratorio e invernadero.

En la fase de laboratorio se analizó el proceso de cambio de hospedero para *D. rapae*, de *B. brassicae* hacia *M. sacchari*. Dicho proceso fue satisfactorio; se observó parasitismo en el nuevo hospedero.

En la fase de invernadero se presentó un fuerte problema de contaminación por pulgón del maíz, *Rhopalosiphum maidis*, así como la invasión de un parasitoide que no fue posible identificar, lo que indicó que no se tenía registro de su presencia en este país. Este problema de contaminación imposibilitó las evaluaciones en invernadero, ya que la población del nuevo parasitoide desplazó completamente a la población de *D. rapae*. Por tanto se inició el proceso de identificación del parasitoide invasor.

CAPÍTULO 1

PRIMER ARTÍCULO

Primer Registro de *Aphidius transcaspicus* Telenga¹ (grupo de especies de *Aphidius colemani*) en México

First Record of *Aphidius transcaspicus* Telenga¹ (*Aphidius colemani* species group) in Mexico

Primer Registro de *Aphidius transcaspicus* Telenga¹ (grupo de especies de *Aphidius colemani*) en México**First Record of *Aphidius transcaspicus* Telenga¹ (*Aphidius colemani* species group) in Mexico**

Francisco J. López-Monzón², Robert Plowes³, y Sergio R. Sánchez-Peña^{2*}

Resumen. El parasitoide de pulgones *Aphidius transcaspicus* Telenga ha sido reportado en el Mediterráneo (Turquía, Transcaucasia) y en Asia Central. Es miembro del grupo de especies de *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae); ambas especies son difíciles de diferenciar morfológicamente. Aquí reportamos a *A. transcaspicus* por primera vez en México, atacando *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) en sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, en un invernadero en Saltillo, México, basado en información morfológica y molecular (secuencia de CO1). Debe considerarse la presencia de *A. transcaspicus* debido al parecido con la especie *A. colemani* que se produce y comercializa masivamente en el control biológico de pulgones en México.

Abstract. The aphid parasitoid *Aphidius transcaspicus* Telenga is native to the Mediterranean region and Central Asia. It is a member of the *Aphidius colemani* Viereck species group; it is difficult to differentiate both species morphologically. In this paper, *A. transcaspicus* is reported for the first time from Mexico, based on molecular (CO1 sequencing) and morphological information, attacking the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), in sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, in a greenhouse at Saltillo, Mexico. The presence of *A. transcaspicus* should be noted because of its resemblance to *A. colemani* that is produced and marketed in mass for the biological control of aphids in Mexico.

La subfamilia Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) incluye decenas de especies de endoparasitoides de importancia económica como agentes de control biológico de pulgones (Hemiptera: Aphididae) (Pungerl 1986). Incluye a *Aphidius colemani* Viereck, parasitoide de plagas como el pulgón del melón, *Aphis gossypii* (Glover), y el pulgón verde *Myzus persicae* (Sulzer) que infestan cultivos de campo e invernadero (Van Schelt et al. 1990), y a *Aphidius transcaspicus* Telenga, que se reportó atacando a los géneros *Hyalopterus* Koch, *Melanaphis* (Van der Goot) y *Rhopalosiphum* (Koch) (Starý 1964, 1966). *A. transcaspicus* ha sido reportado en la cuenca del Mediterráneo (Turquía, Transcaucasia) y Asia Central (Starý 1964).

¹Hymenoptera: Braconidae

²Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315

³Brackenridge Field Laboratory, University of Texas at Austin, Austin, TX

*Autor de correspondencia e-mail: sanchezcheco@gmail.com

A. transcaspicus se confunde fácilmente con *A. colemani* por su parecido morfológico (Starý 1975). El primero fue seleccionado como agente de control biológico del pulgón harinoso del ciruelo, *Hyalopterus pruni* Geoffroy en California. Ahí se liberaron más de 50,000 parasitoides en numerosas huertas desde el año 2000 hasta el 2008, pero parece que *A. transcaspicus* no se ha establecido en California (Latham and Mills 2012). En este informe describimos la detección de *A. transcaspicus* en un invernadero en Saltillo, México, basado en análisis morfológico y secuencia del ADN. Especímenes se han depositado en las colecciones de UT-Austin (R. Plowes) y UAAAN (Saltillo).

Se estableció una colonia de áfido de la hoja del maíz, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), y del pulgón amarillo del sorgo, *Melanaphis sacchari* (Zehntner), en un invernadero del campus de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, México. Se pretendía producir otros parasitoides en estos hospederos pero la colonia fue invadida por una especie de *Aphidius*. Se recolectaron pulgones parasitados intactos de *R. maidis* y *M. sacchari* el 15 de diciembre de 2018 (n = 50 de cada especie), y se incubaron a temperatura ambiente en el laboratorio hasta la aparición de la avispa. Las avispas emergidas fueron almacenadas en alcohol al 70% para la identificación morfológica y alcohol al 96% para el análisis molecular. Comparamos nuestros especímenes con las descripciones de Garantonakis et al. (2009) observando características tales como número de segmentos antenales, venación de las alas, y partes del palpo labial.

Los kits Quiagen DNeasy y Multiplex (Quiagen México, Mexico City) se utilizaron para extracción y PCR siguiendo las instrucciones del fabricante. Los insectos se trituraron hasta obtener un polvo muy fino utilizando un mortero de microcentrífuga sobre hielo seco; se agregaron 180 µl de buffer ATL y 20 µl de proteinasa K a cada tubo. El ADN se desnaturizó a 95°C durante 5 min, seguido de 35 ciclos de desnaturalización, síntesis y extensión (94°C x 1 min, 53.1°C x 1 min, y 72°C x 1 min), seguidos de extensión a 72°C x 10 min. Se utilizaron los primers LCO1490_t1_folmer y HCO2198_t1_folmer (Folmer et al 1994): (TGT AAA ACG ACG GCC AGT CAA CAA) y (CAG GAA ACA GCT ATG ACT AAA CTT CAG) para amplificación del gen mitocondrial citocromo c oxidasa subunidad I (CO1). Los productos de PCR se secuenciaron y compararon (BLAST) con las secuencias de Genbank; la secuencia obtenida se está registrando en la misma base de datos.

No se obtuvieron especímenes de *A. transcaspicus* de *M. sacchari*; únicamente de *R. maidis*. Algunas características de *A. transcaspicus* son: El último tergo es de color marrón (café) claro y el ovipositor marrón oscuro (Fig. 1a). Los palpos labiales son de tres segmentos, mientras que *A. colemani* posee palpos de dos segmentos (Garantonakis et al. 2009). Las hembras de *A. transcaspicus* tienen 16 segmentos antenales (n = 8) (Fig. 1a), mientras que *A. colemani* generalmente tiene 15, aunque este carácter parece ser variable (Garantonakis et al. 2009). La venación de las alas anteriores es incompleta; la vena R1 no alcanza el margen anterior de las alas anteriores, y el estigma es ampliamente triangular (Fig. 1c) (Ahmadabadi et al. 2013). La proporción largo/ancho del stigma del ala delantera tiene una media de 3.46, dentro del rango reportado anteriormente (3.78 ± 0.38) para *A. transcaspicus* por Hwang et al. (2018).

La secuencia obtenida será depositada en Genbank en conjunto con otras secuencias obtenidas en este trabajo (disponible de autor de correspondencia). El análisis BLAST indica 97.01% de identidad de la secuencia CO1 obtenida con la secuencia (accesión) análoga LC260579 de Genbank obtenida en Japón (Uesugi 2017) y 96.95% con la secuencia MF673884 de Hwang et al. (2018), de

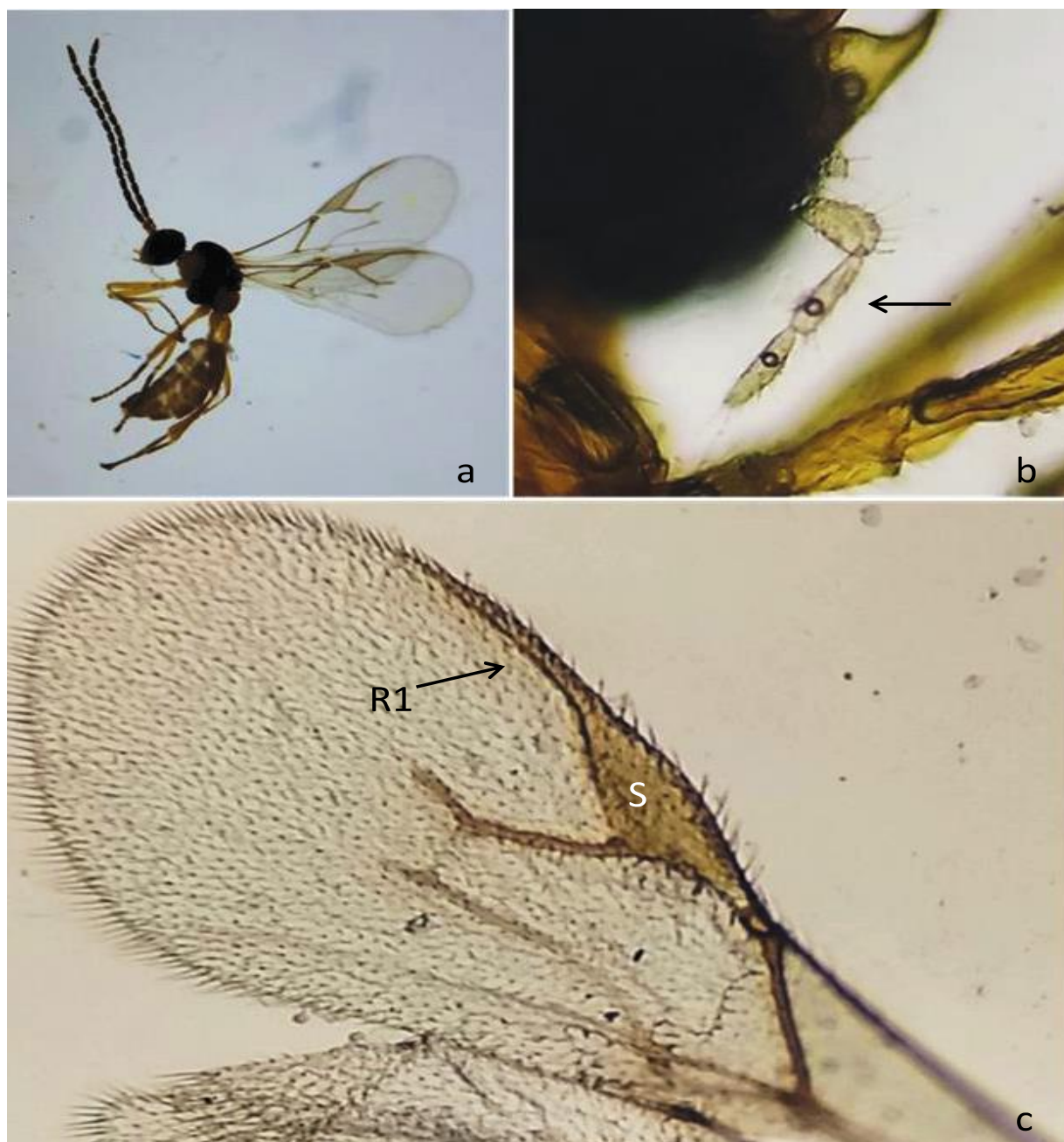


Fig. 1. a: Hembra de *Aphidius transcaspicus*. b: tres segmentos en los palpos labiales. c: R1, estigma y venación general de las alas anteriores.

Fig. 1. a: *Aphidius transcaspicus* female. b: three-segmented labial palp. c: R1, stigma and general venation of forewing.

especímenes de Corea. La similitud con secuencias análogas de *A. colemani* siempre fue inferior a 95%. Hay una similitud de hasta 97.99% con tres secuencias solamente de *Aphidius platensis* Brethes; sin embargo, la secuencia es similar,

como se describió, a más de 45 secuencias de *A. transcaspicus*. Por lo tanto, interpretamos que la morfología y análisis molecular sugieren que la identidad de las avispas emergidas de *R. maidis* son *A. transcaspicus*.

Agradecimiento

Agradecemos a K. Williams por procesamiento de las muestras, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de posgrado a FJLM y a la Dirección de Investigación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Proyecto UAAAN 2222.

Referencias Citadas

- Ahmadabadi, N., J. Karimi, M. Awal, and E. Rakhshani. 2011. Morphological and molecular methods in identification of *Aphidius transcaspicus* Telenga (Hym: Braconidae: Aphidiinae) parasitoid of *Hyalopterus* spp. (Hom: Aphididae) with additional data on Aphidiinae phylogeny. *J. Entomol. Res. Soc.* 13: 91-103.
- Garantonakis, N., D. Perdakis, D. Lykouressis, A. Kourti, and T. Gkouvtis. 2009. Studies on the identity of the parasitoids *Aphidius colemani* and *Aphidius transcaspicus* (Hymenoptera: Braconidae). *Eur. J. Entomol.* 106: 491-498.
- Hwang, H., D. Jung, J. Kim, and K. Lee. 2018. Molecular identification of *Aphidius transcaspicus* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae), a closely associated species of *Aphidius colemani*, in Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.* 21: 1246-1252.
- Latham, D. R., and N. J. Mills. 2012. Host instar preference and functional response of *Aphidius transcaspicus*, a parasitoid of mealy aphids (*Hyalopterus* species). *BioControl* 57: 603-610.
- Pungerl, N. B. 1986. Morphometric and electrophoretic study of *Aphidius* species (Hymenoptera: Aphidiidae) reared from a variety of aphid hosts. *Sys. Entomol.* 11: 327-354.
- Starý, P. 1964. Integrated control problems of citrus and peach aphid pests in Italy orchards. *Entomophaga* 9: 147-152.
- Starý, P. 1966. Aphid Parasites of Czechoslovakia: A Review of the Czechoslovak Aphidiidae (Hymenoptera). Springer, Berlin.
- Starý, P. 1975. *Aphidius colemani* Viereck: its taxonomy, distribution and host range (Hymenoptera: Aphidiidae). *Acta Entomol. Bohem.* 72: 156-163.
- Uesugi, R., and K. Nagasaka. 2017. Mitochondrial COI sequences to identify species of primary and secondary parasitoid wasps of aphids in the agricultural environment in Japan. *Annual Report of the Kanto-Tosan Plant Protection Society*, 2017: 143-145.
- Van Schelt, J., J. B. Douma, and W. J. Raveneberg. 1990. Recent developments in the control of aphids in sweet pepper and cucumber. *IOBC/WPRS Bull.* 13: 190-193.

CAPITULO 2

SEGUNDO ARTÍCULO

Fluctuación poblacional de los parasitoides, primario *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae); y secundario, *Alloxysta fuscicornis* (Hymenoptera: Figitidae) en crucíferas en el Noreste de México

Enviado a Southwestern Entomologist

Fluctuación poblacional de los parasitoides, primario *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae); y secundario, *Alloxysta fuscicornis* (Hymenoptera: Figitidae) en crucíferas en el Noreste de México

Francisco J. López-Monzón¹, Sergio R. Sánchez-Peña^{1, 2} y Griselda Aranda³

¹Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315

²Autor de correspondencia e-mail: sanchezcheco@gmail.com.

RESUMEN

Todos los organismos dentro de un ecosistema, están interconectados unos con otros por medio de cadenas alimenticias y redes tróficas. Estas interacciones ocurren frecuentemente entre organismos sobre y bajo el suelo y son mediadas principalmente por compuestos químicos en las plantas, los cuales pueden afectar positiva o negativamente a los enemigos naturales de los herbívoros. En el cultivo de crucíferas (brócolí, coliflor, repollo, etc.) los insectos: plaga, pulgón gris de las crucíferas, *Brevicoryne brassicae*; parasitoide primario, *Diaeretiella rapae*; y el hiperparásito asociado, *Alloxysta fuscicornis*, forman un sistema tetratrófico donde el nivel poblacional final del pulgón es de gran importancia en el éxito comercial de estos sistemas de producción. El objetivo de el presente estudio fue determinar la fenología de *B. brassicae*, el parasitoide *D. rapae* y el hiperparásito asociado *Alloxysta fuscicornis*, así como sus niveles de parasitismo en cinco cultivares de la familia Brassicaceae en Coahuila, México. Se realizó la siembra de semillas de origen comercial, con las plántulas se estableció una parcela experimental de 300 m² donde se sembraron *Brassica napobrassica* (Mill)

(Colinabo), *Brassica napus* (L.) (Nabo), *Brassica oleracea* (L) var. Capitata, Italica y Botrytis. (brócoli, repollo y coliflor respectivamente). Se realizaron muestreos semanales de marzo hasta agosto de 2018, se inspeccionaron al azar diez plantas individuales por cultivar. Las partes revisadas de la planta fueron; haz y envés de las hojas; tallo e inflorescencia. Se contabilizó el número de *Brevicoryne brassicae* encontrados en cada planta, así como el número de momias (pulgón parasitado). Las momias sin orificio de emergencia se incubaron en el laboratorio para la obtención de parasitoides. Los datos obtenidos, se sometieron a un ANOVA de una vía para comparar las fechas muestreadas entre cada uno de los cinco cultivares establecidos. Se encontró una preferencia hacia el cultivo de la coliflor ($P < .0001$) del pulgón, con casi 600 individuos por planta en coliflor (*Brassica oleracea* var. Botrytis) sobre el resto de los cultivos. Por su parte, *Diaeretiella rapae* mostró una mayor abundancia hacia el cultivo del colinabo, una especie diferente a *Brassica oleracea*. De igual manera, *Alloxysta fuscicornis* mostró una mayor abundancia en colinabo. Estos datos indican que las interacciones entre plantas e insectos son complejas; los parasitoides y pulgón mostraron patrones de distribución y abundancia diferentes; los primeros fueron más abundantes en colinabo, y el último en coliflor. Es posible que estos patrones de preferencia son mediados de manera química (compuestos secundarios de las plantas). El conocimiento de dichos compuestos sería de real importancia para en un futuro aislar de ser posible y utilizarlo en favor de la agricultura en control del pulgón gris *Brevicoryne brassicae*.

Introducción

Las poblaciones y comunidades de organismos están influenciados por una serie de factores bióticos y abióticos (Hunter & Price, 1992). Todos los organismos dentro de un ecosistema, están interconectados unos con otros por medio de cadenas alimenticias y redes tróficas (Polis & Winemiller, 1996). Estas interacciones ocurren frecuentemente entre organismos sobre y bajo el suelo y son mediadas principalmente por compuestos químicos en las plantas, los cuales

pueden afectar positiva o negativamente a los enemigos naturales de los herbívoros (Masters & Brown, 1997). Asimismo, es evidente que muchas plantas cuando son atacadas por insectos herbívoros, liberan compuestos volátiles que son usados por los enemigos naturales para localizar a su presa u hospedero (Vet & Dicke, 1992).

El pulgón de la col (*Brevicorine brassicae* L.) es un pulgón destructivo originario de Europa que ahora se encuentra en muchas otras áreas del mundo (Pal et al., 1992), infestando diferentes cultivos de la familia Brassicaceae; causa diversos efectos sobre su hospedero, tales como enrollamiento de los brotes nuevos, detiene el crecimiento óptimo, afectando la apariencia y por tanto la comercialización de las plantas, esto también a causa la producción de mielecilla y proliferación de fumagina, además de ser vector de enfermedades como las causadas por el Virus del Mosaico de la Coliflor (CaMV), y el Virus *Brevicoryne brassicae* (BrBV). Todo esto causa pérdidas económicas hasta de un 100%, además de afectar la calidad del producto a comercializar (Broadbent, 1957).

La avispa *Diaeretiella rapae* (M'Intosh, 1855) es un endoparasitoide primario importante de una amplia gama de especies de pulgones de importancia económica (Elliott et al., 1994) dentro de los cuales se encuentran *Rhopalosiphum maidis* Fitch y *Melanaphis sacchari* Zehntner y *Myzus persicae* Sulzer entre otros. En condiciones de laboratorio se han realizado estudios de alimentación, biología (Kant y Sandanayaka, 2009). Esta avispa es uno de los parasitoides con mayores estudios científicos en el mundo.

En estudios con condiciones de semi campo, este parasitoide ha presentado hasta un 88% de parasitismo sobre *B. brassicae* (López-Monzón et al., 2016, datos sin publicar). En México en campo abierto, los estudios han arrojado resultados como lo reportado sobre parasitismo de *D. rapae* en crucíferas en Guanajuato, en donde Salas-Araiza et al. (2017) mostraron que el porcentaje más alto de parasitismo fue 35.7% y ocurrió en enero en cual las temperaturas de

invierno son bajas, factores que son favorables para el pulgón *B. brassicae*. En muchos casos la eficacia de los parasitoides primarios generalmente se ve afectada por la actividad de diferentes hiperparasitoides que atacan a parasitoides primarios (Sullivan, 1988). Dentro de los hiperparasitoides, las especies del género *Alloxysta* Förster, 1869 son uno de los grupos más numerosos y taxonómicamente el más complicado de diferenciar dentro de la subfamilia Charipinae de la familia Figitidae (Ferrer-Suay et al. 2012).

La familia Figitidae es una de las más amplias en especies de hiperparasitoides que causan un impacto en la actividad de los parasitoides utilizados en el control biológico a nivel mundial. Hasta ahora, se han reconocido 111 especies válidas de este género. En México se han reportado tres especies nuevas de hiperparasitoides del género *Alloxysta*, en el centro del país; en específico en el Estado de Morelos y en el Estado de México se reportaron 12 especies dentro de ellos se reportó a *Alloxysta fuscicornis* y tres especies fueron descritas como nuevas: *Alloxysta evenhuisi* Ferrer-Suay&Pujade-Villar n. sp., *Alloxysta mexicana* Ferrer-Suay&Pujade-Villar n. sp., y *Alloxysta sarae* Ferrer-Suay n. sp. (Ferrer-Suay, 2012).

Alloxysta fuscicornis, avispa de distribución cosmopolita (Ferrer-Suay, 2013) es un endohiperparasitoide de diversos parasitoides primarios y entre sus hospederos se encuentra *D. rapae*, al que ataca a través de áfidos. Nuestras observaciones preliminares indican que este Figitidae causa un gran impacto sobre *D. rapae*, por lo cual se propone el presente estudio con el propósito de obtener más información sobre su ecología relacionada con pulgones y cultivos de la familia Brassicaceae.

Por lo tanto, el objetivo de este presente estudio fue determinar la fenología de *Brevicoryne brassicae*, *Diaeretiella rapae* y el hiperparásito asociado *Alloxysta fuscicornis*, así como sus niveles de parasitismo en cinco cultivares de la familia Brassicaceae en Coahuila, México.

Materiales y Métodos

Producción de Material vegetal

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo Coahuila, México. En este campus se realizó la siembra de semillas de origen comercial en charolas de unicel de 200 cavidades rellenas con fibra de coco y perlita con una proporción de 50-50, las cuales fueron regadas y mantenidas en las charolas hasta la tercera hoja verdadera en condiciones de invernadero. Después, se estableció una parcela experimental de 300 m², donde se trasplantaron individuos de *Brassica napobrassica* (Mill) (Colinabo), *Brassica napus* (L.) (Nabo), *Brassica oleracea* (L) var. Capitata, Italica y Botrytis. El sistema de siembra se realizó en cinco surcos con una distancia de 80 cm con 50 cm de separación entre las plantas formando líneas de 10 por cada cultivar sobre los surcos. A las 150 plantas se les proporcionó agua durante todo el periodo de siembra hasta la evaluación cada tres días mediante un sistema de goteo, por medio de cintillas para riego de marca comercial.

Técnica de muestreo

Se realizaron muestreos semanales de 13 de marzo hasta agosto de 2018, donde se inspeccionaron al azar plantas 10 plantas individuales por cada cultivar escogidos aleatoriamente. Las partes de la planta revisadas fueron; haz y envés de las hojas; tallo e inflorescencia. Se contabilizó el número de *B. brassicae* encontrados en cada planta, así como el número de momias (pulgón parasitado). Las momias encontradas fueron recolectadas con ayuda de un pincel entomológico y depositadas en cajas de Petri de 100x15 mm, para después ser llevadas al laboratorio de Ecología y Control Biológico de insectos en el campus de la Universidad. Esto se repitió en cada fecha de muestreo. Una vez que las momias fueron llevadas al laboratorio en cajas de Petri, estas fueron selladas con Klean-pak[®] (Reyma, Saltillo, Coahuila), posteriormente se dejaron reposar a

temperatura de 25 ± 3 °C. Once días después de la emergencia de las avispas, éstas se contabilizaron y se separaron por especie.

Metodología de evaluación de muestras

Después de realizar la separación de especies emergidas, se procedió a la identificación morfológica de las avispas emergidas utilizando claves taxonómicas de Cave (1995) para *D. rapae*, así como las claves de Villar (2002), para identificar a *A. fuscicornis*. Se contabilizó el número total de cada una de las especies para cultivar, y se obtuvo la media para cada una de las fechas muestreadas.

Análisis estadístico

Las medias obtenidas, se sometieron a un ANOVA de una vía para comparar las fechas muestreadas entre cada uno de los cinco cultivares establecidos, mediante el programa SAS.

Resultados y Discusión

El pulgón gris de la col (*B. brassicae*) apareció desde la primera fecha de muestreo, el 13 de marzo de 2018, fue después de siete días de haber realizado el trasplante de las charolas hacia la parcela, siendo el cultivo de la coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*) con más número de especímenes en total de las plantas muestreadas y el de menor número fue el repollo. En la fecha del 7 de agosto, se observa un aumento (Gráfico 1) significativo ($p < 0.0001$) del pulgón, con totales de casi 600 individuos por planta en coliflor, esto muy por encima de los niveles poblacionales en el resto de los cultivos. Sin embargo, el pulgón de la col, *B. brassicae* reportó un máximo de 50 pulgones por planta al final del verano como lo reporta Barrios et al. (2004).

El parasitismo de *Diaeretiella rapae* es más fuerte en el invierno a finales de enero como lo reporta Salas-Araiza et al. 2017 con un máximo de parasitismo de 37%. La fluctuación poblacional de *A. fuscicornis* está débilmente relacionada con el comportamiento de preferencia de hospedero tanto como del pulgón gris de la col, así como el parasitoide. En ambos casos, el mayor número de avispas/planta se observó en el cultivo del colinabo. Esto es algo inesperado, ya que el mayor número de pulgones/planta (hospederos de *D. rapae*) fue observado en coliflor.

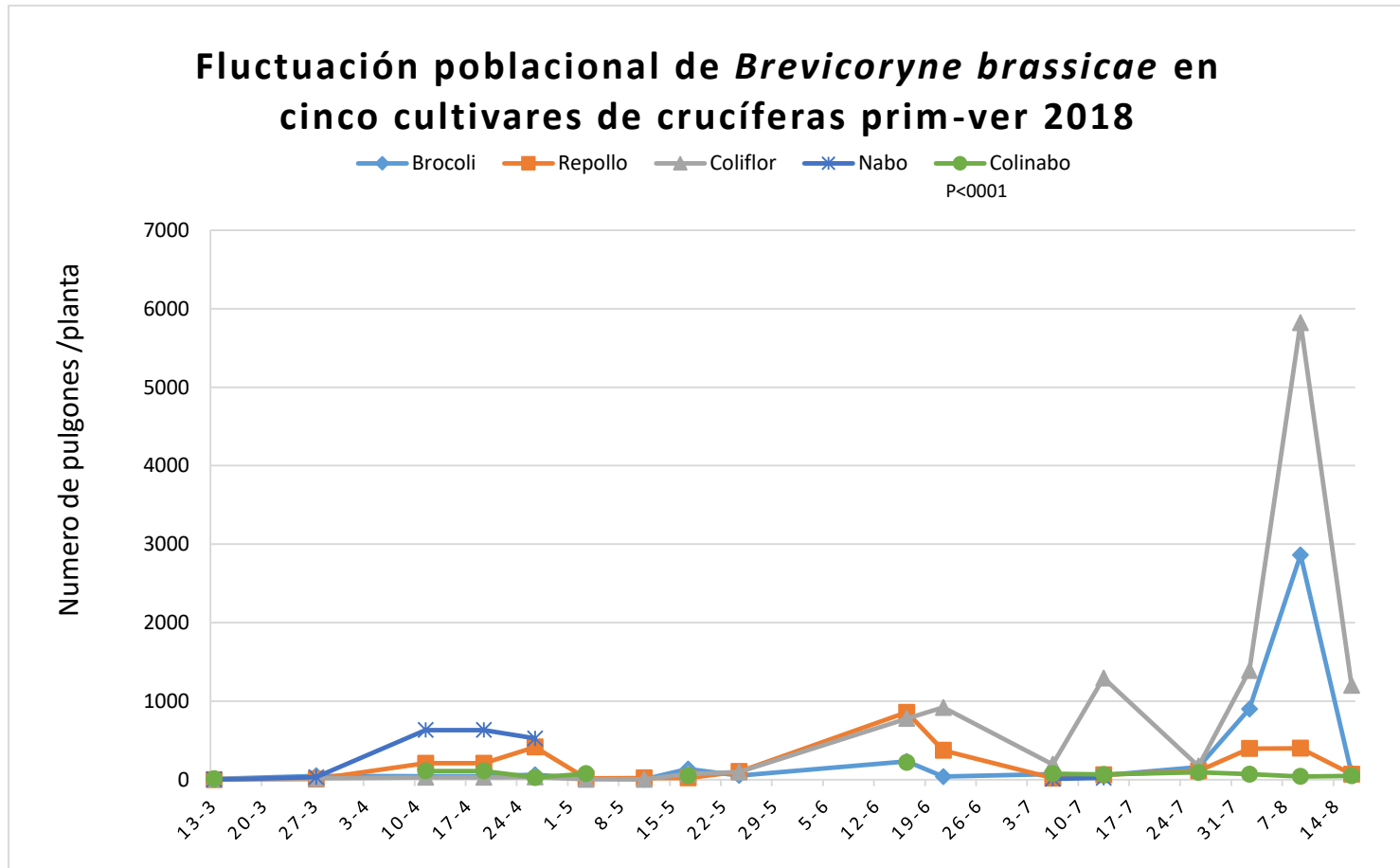


Gráfico 1. Fluctuación del ciclo Primavera-verano de *Brevicoryne brassicae* en cinco crucíferas con un valor de $P < .0001$ en la fecha del. Se muestran fechas en el eje Y en formato corto del año 2018

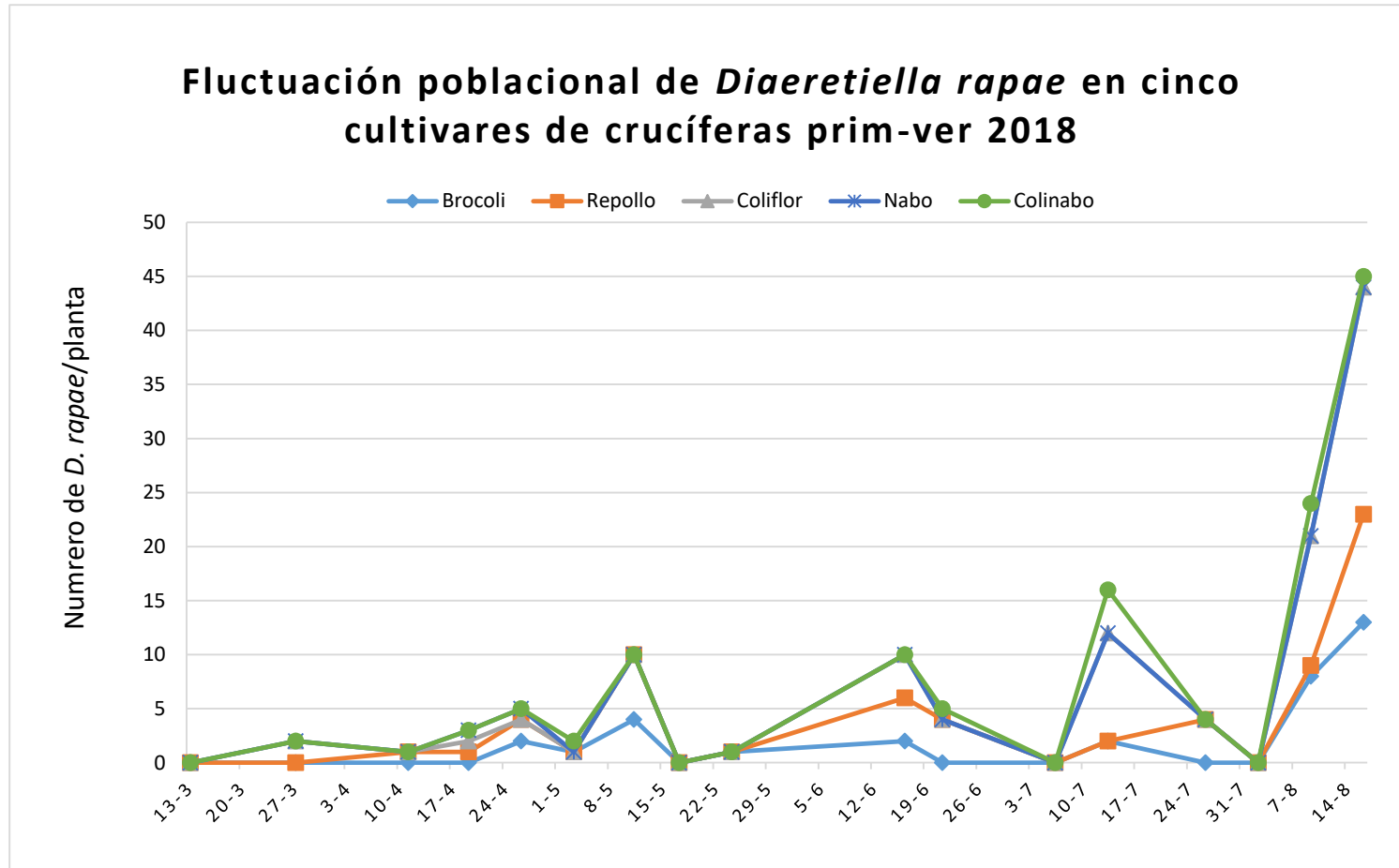


Gráfico 2. Fluctuación del ciclo Primavera-verano de *Diaeretiella rapae* en cinco crucíferas. Fechas de muestreo con el valor $P < .0001$ entre cultivares.

El parasitoide primario (*D. rapae*), presento una preferencia hacia el cultivo del colinabo (*Brassica napobrassica*) (<.0001) en varias de las las fechas de muestreo, hasta el final de la evaluación.

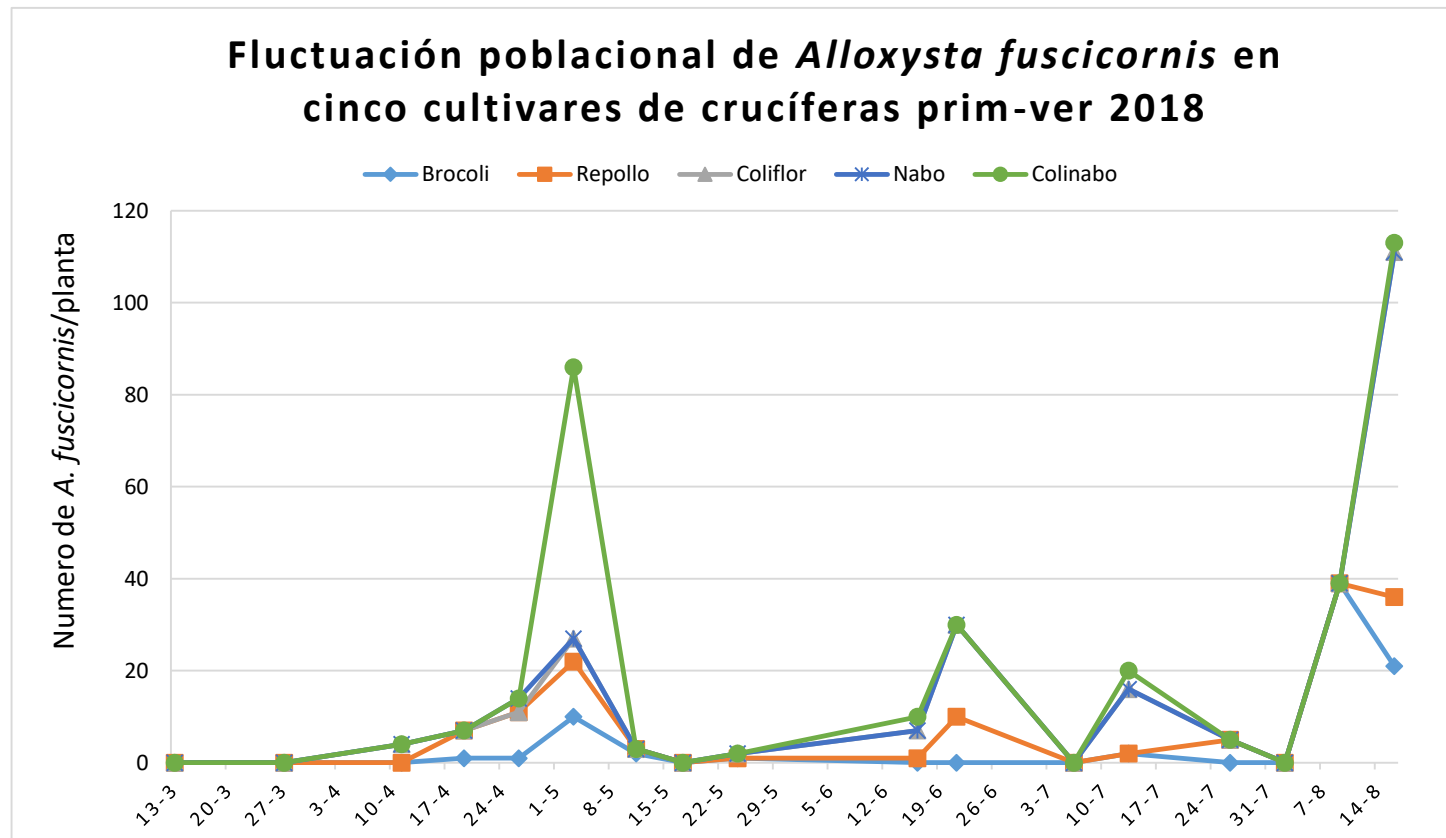


Gráfico 3. Fluctuación del ciclo Primavera-verano de *Alloxysta fuscicornis* en cinco crucíferas del año 2018. Fechas de muestreo con # rep el valor $P < .0001$ entre cultivares.

Fluctuación de *B. brassicae*, *D. rapae* y *A. fuscicornis* Crucíferas en el ciclo Prim-Ver 2018

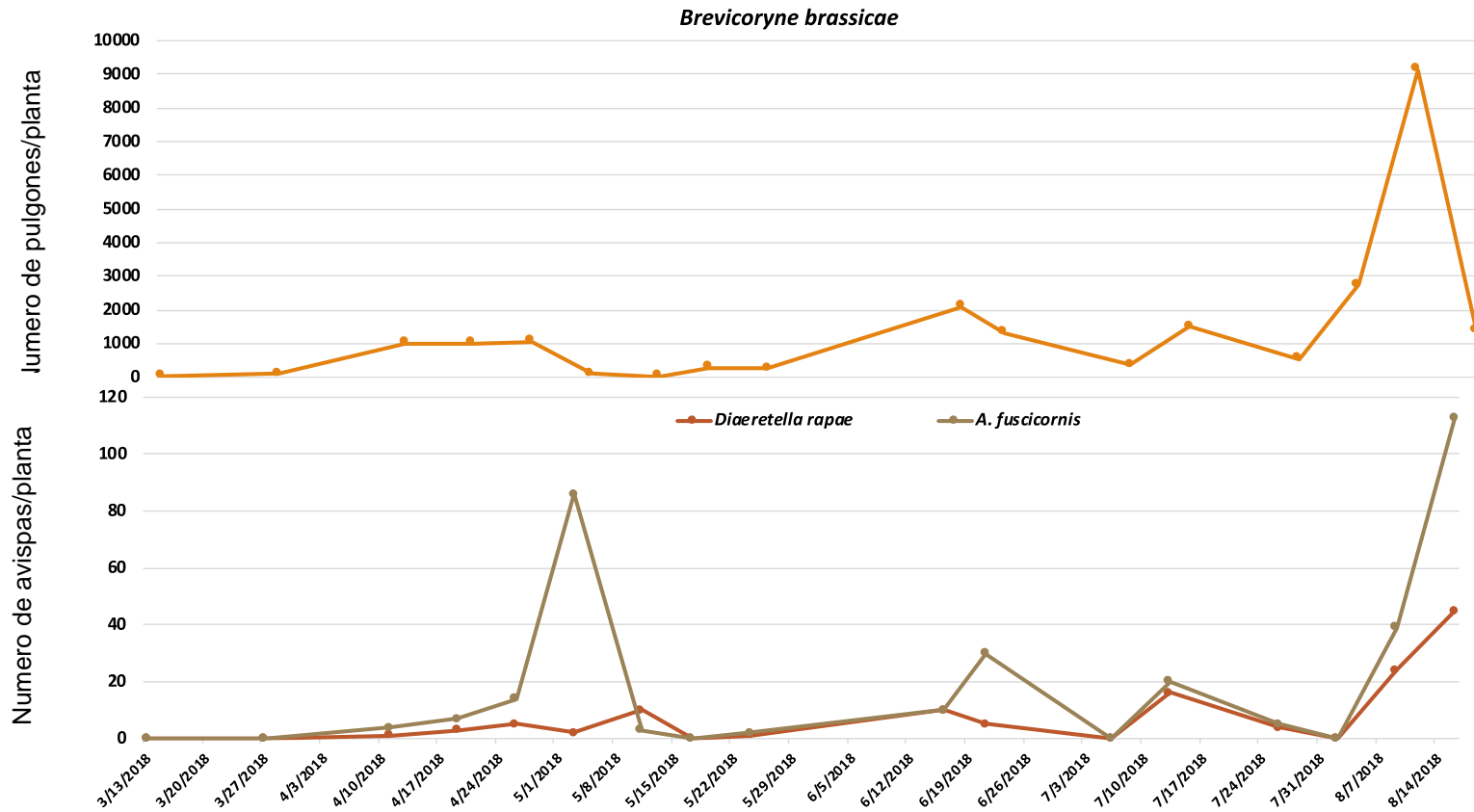


Gráfico 4. Fluctuación Total de *Brevicoryne brassicae*, *Diaeretiella rapae* y *Alloxysta fuscicornis* en Crucíferas, en el ciclo Primavera-verano 2018

Discusión y Conclusión

El pulgón gris inclinó su preferencia (indicada muy probablemente como mayor sobrevivencia) hacia el cultivo de la coliflor, una variedad de *Brassica oleracea*; esto se debe posiblemente a un efecto de protección por la estructura de la planta (Hines y Hutchinson 2020); al estar dentro de las hojas enrolladas de la planta, hay un mayor grado de dificultad hacia los parasitoides y depredadores y en este caso en particular, *Diaeretiella rapae*, para que estos puedan tener acceso a ellos para efectuar su acción parasítica (Salas-Araiza et al. 2017): al revisar las plantas, se encontraron individuos muertos de parasitoides dentro de las hojas. Esto parece indicar que las avispas tienen un mayor grado de dificultad para desplazarse dentro de e incluso escapar de las hojas enrolladas, lo cual se acentúa por el efecto de la abundante mielecilla acumulada del pulgón en las hojas enrolladas, la cual actúa como trampa para las avispas. Por otra parte, no se puede descartar que la atracción del pulgón hacia la coliflor se debe principalmente a factores bioquímicos de la planta hospedera (Hafez 1961). La preferencia o mayor sobrevivencia (resultante en mayor población) del pulgón como se menciona anteriormente, no fue de influencia determinante hacia la búsqueda de plantas por los parásitos, ya que la mayor parte de las avispas (tanto parasitoide primario como hiperparásito) se encontraron en el cultivo del colinabo, que es una variedad distinta a coliflor, brócoli y repollo, y menos preferida o de menor población de pulgones que las anteriores. Un efecto similar de planta hospedera sobre el parasitoide fue reportado por Bayhan et al. (2007) aunque estos autores reportan una preferencia o mayor parasitismo de *Diaeretiella* en repollo y el más bajo en nabo, aunque las diferencias en porcentajes fueron pequeñas (< 10%). En el presente reporte, la atracción hacia las avispas posiblemente fue mediada por compuestos secundarios volátiles emitidos por la planta hospedera en el sistema tetratrófico. Se debe investigar esta aparente atracción de los parasitoides hacia las diferentes plantas, aunque la preferencia de las avispas por diferentes cultivares también puede ser debida a la facilidad de *D. rapae* y *A. fuscicornis* de encontrar a su presa en diferentes cultivares, variedades o especies de planta hospedera. Por otra parte, la mayoría de los pulgones se

encontraban en los tallos e inflorescencia, cuando éstas estaban presentes. Sin embargo, al desaparecer o no presentar inflorescencias las plantas, los pulgones se hallan en las hojas, con los efectos mencionados anteriormente debido al efecto de hojas enrolladas vs. hojas de estructura plana.

El hiperparásito *A. fuscicornis* tiene un impacto significativo sobre su hospedero, la avispa benéfica *D. rapae*. En este caso los niveles de parasitismo sobre *D. rapae* son altos y llegan a rebasar el 50% en algunos cultivos y fechas de muestreo. Esto indica que *A. fuscicornis* afecta de manera importante la dinámica poblacional de *D. rapae* e indirectamente la de *B. brassicae*, al reducir el efecto de regulación de *D. rapae* sobre el pulgón (Hafez 1961; Hines y Hutchinson 2020). Este impacto negativo debe ser minimizado. Una forma puede ser integrar en la producción plantas trampa que sean más atractivas para *A. fuscicornis*. En el presente trabajo, se encontró que las poblaciones más altas del hiperparásito ocurren en colinabo; este efecto persiste aún considerando las diferentes poblaciones del hospedero primario, el pulgón del repollo, en las diferentes plantas hospederas.

El análisis de la interacción entre plantas y enemigos naturales, y especialmente de la atracción diferencial hacia diferentes plantas hospederas de parte de las avispas parásitas, permitirá diseñar estrategias más fundamentadas ecológicamente para el manejo de pulgón de repollo; estudios similares deben emprenderse en otros sistemas de producción considerando sus respectivas plagas y enemigos naturales.

Agradecimiento

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca de posgrado a FJLM y a la Dirección de Investigación, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Proyecto UAAAN 2222.

Referencias

- Bayhan, S.Ö., Ulusoy, M.R. & Bayhan, E., 2007. Is the parasitization rate of *Diaeretiella rapae* influenced when *Brevicoryne brassicae* feeds on *Brassica* plants?. *Phytoparasitica* 35(2): 146-150.
- Barrios, D. B., R. R. Alatorre, C. G. Cayecac, & M. N. Bautista. 2004. Identificación y fluctuación poblacional de plagas de col (*Brassica oleracea* var. capitata) y sus enemigos naturales en Acatzingo, Puebla. *Agrociencia* 38: 239-248.
- Cave, D. R. 1995. Manual para el reconocimiento de parasitoides de plagas agrícolas en América Central, Primera Edición. Zamorano Academic Press. Tegucigalpa, Honduras, 61 pp.
- Elliott, N.C., French, B.W., Michels Jr., G.J., Reed, D.K., 1994. Influence of four aphid prey species on development, survival and adult size of *Cycloneda ancoralis* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). *Southwest. Entomol.* 19, 57–61.
- Ferrer-Suay, M., Paretas-MARTÍNEZ, J., Selfa, J. & Pujade-Villar, J. 2012: Taxonomic and synonymic world catalogue of the Charipinae and notesn about this subfamily (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae). *Zootaxa* 3376: 1–92.
- Ferrer-Suay, M., Selfa, J., Tomanović, Ž., Janković, M., Kos, K., Rakhshani, E., & Pujade-Villar, J. (2013). Revision of *Alloxysta* from the north-western Balkan

- peninsula with description of two new species (hymenoptera: Figitidae: Charipinae). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 53(1), 347–368.
- Hafez, M., 1961. Seasonal fluctuations of 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*, 67(5), pp.345-548.
- Hines, R. L. & W. Hutchinson. Aphids on Cole Crops. The University of Minnesota Extension IPM Program. University of Minnesota Extension & the College of Food, Agriculture, and Natural Resource Sciences (CFANS). Accesado Feb. 2020. <https://www.vegedge.umn.edu/pest-profiles/pests/cabbage-aphids>.
- Hunter, M. D., & Price, P. W. 1992. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. *Ecology* 73: 724-732.
- Kant, R. & Sandanayaka, W.R.M., 2009. Diel Asynchrony in reproductive behaviour of *Diaeretiella rapae* (M'intosh) (Hymenoptera: Aphidiidae). *N. Z. Pl. Protec.*, 62: 161-167.
- Masters, G. J., & Brown, V. K. 1997. Host-plant mediated interactions between spatially separated herbivores: effects on community structure, pp. 217-232, en Gange, A. C., & Brown, V. K. (eds.), *Multitrophic Interactions in a Changing World*. 36th symposium of the British Ecological Society. Blackwell, Oxford.
- Pal, M., & Singh, R. (2013). Biology and Ecology of the Cabbage Aphid, *Brevicoryne Brassicae* (Linn.) (Homoptera: Aphididae): a Review. *Journal of Aphidology*, 27(July), 59–78.
- Polis, G. A., & Winemiller, K. O. 1996. *Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics*. Chapman and Hall, New York.

- Salas-Araiza, M. D., González-Márquez, M. A., & Martínez-Jaime, O. A. (2017). Relación del número de individuos de *Brevicoryne brassicae* con la temperatura y con su parasitoide *Diaretiella rapae* en brócoli en el Bajío, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 463. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i2.358>
- Sullivan, D. J. 1988: Hyperparasites. Pp. 189–203. In: Minks A. K. Harewijn P. (eds.): *Aphids: their biology, natural enemies and control*, Vol. B. Elsevier, Amsterdam, 382 pp.
- Vet, L. E. M., & Dicke, M. 1992. Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annu. Rev. Entomol.* 37: 141-172.
- Villar, P. J., N. Díaz, H. H. Evenhuis, Farré, P. R. 2002. South American Charipinae: Review and description of two new species (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 95(5):541-546.

REFERENCIAS GENERALES

- Cave, D. R. 1995. Manual para el reconocimiento de parasitoides de plagas agrícolas en América central. Primera Edición. Zamorano Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras. 61 p.
- De Jong, Y. et al. (2014) Fauna Europaea - all European animal species on the web. *Biodiversity Data Journal* 2: e4034. doi: 10.3897/BDJ.2. 4034.

- De los Ángeles, M. M., Ceballos, M., Duarte, L., Lellani, B. H., Sánchez, A., & Chico, R. 2011. Cría de *Diaeretiella rapae* McIntosh en un Sistema de Plantas Banco. Revista de Protección Vegeta. Vol. 26 no. 2: 129-130.
- De los Ángeles, M. M, Duarte, L, & Ceballos, M. (2013). Biología y tabla de vida vertical de *Diaeretiella rapae* McIntosh en condiciones de laboratorio. 28(1), 23–26.
- Ferrer-Suay, M., Selfa, J., Tomanović, Ž., Janković, M., Kos, K., Rakhshani, E., & Pujade-Villar, J. (2013). Revision of *Alloxysta* from the north-western Balkan peninsula with description of two new species (hymenoptera: Figitidae: Charipinae). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae*, 53(1), 347–368.
- Ferrer-Suay, M., Selfa, J., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E., Lomeli-Flores, R., Peña Martínez, R., & Pujade-Villar, J. (2013). Charipinae (Hymenoptera: Cynipoidea: Figitidae) from Mexico with description of three new species. *Annals of the Entomological Society of America*, 106 (1), 26–41. <https://doi.org/10.1603/an12022>
- Payton Miller, T.L. & Rebeck, E. J., 2018. Banker plants for aphid biological control in greenhouses. *Journal of Integrated Pest Management*, 9(1), p.9.
- Salas-Araiza, M. D., González-Márquez, M. A., & Martínez-Jaime, O. A. (2017). Relación del número de individuos de *Brevicoryne brassicae* con la temperatura y con su parasitoide *Diaeretiella rapae* en brócoli en el Bajío, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(2), 463. <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i2.358>

CONCLUSION GENERAL

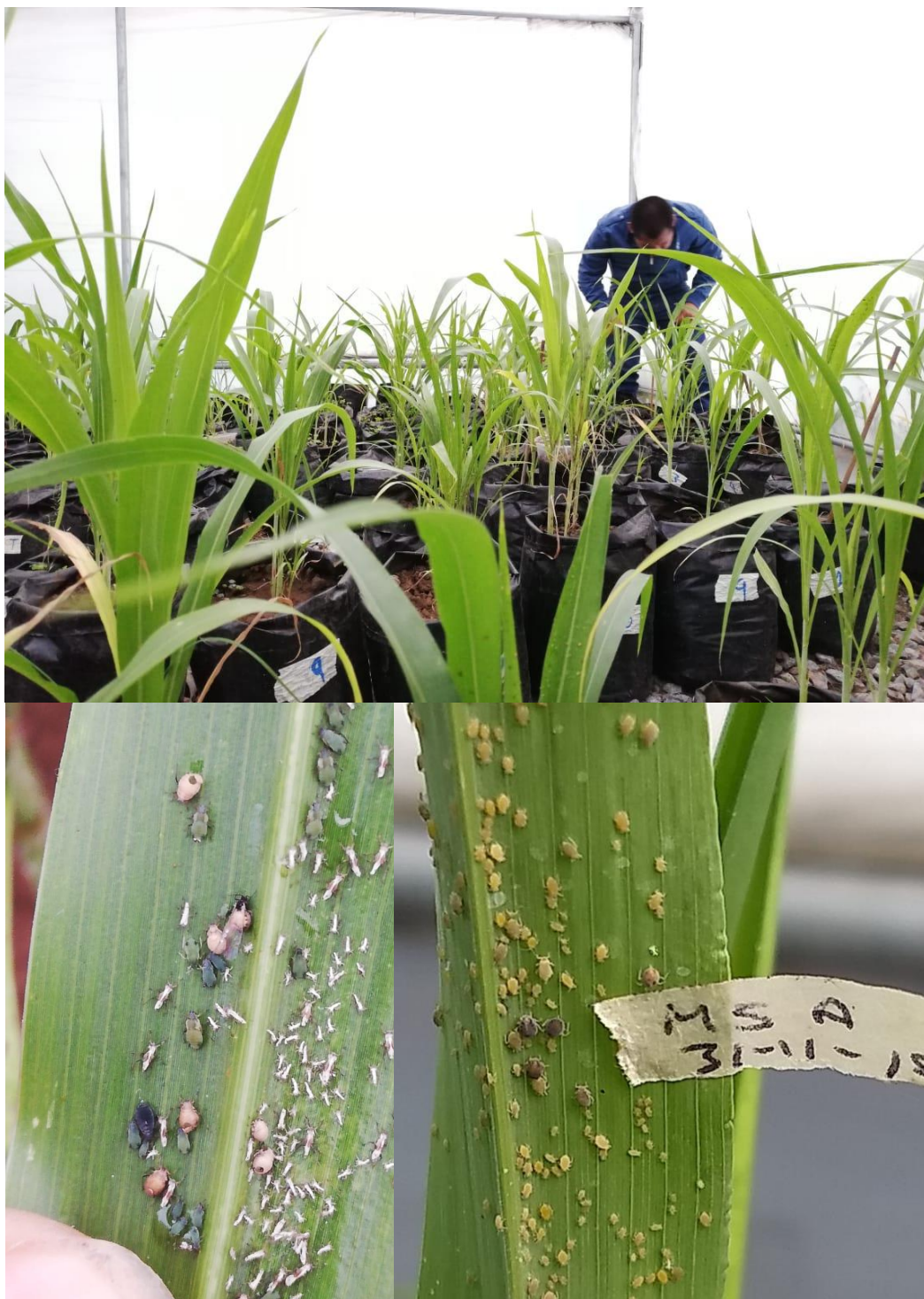
CAPÍTULO 1.

El registro de una especie nueva de parasitoide en México, es de suma importancia porque ayuda a saber si existe a algún peligro al liberar una especie parasítica en un control biológico, ya que la especie nueva pueda reemplazar a la especie liberada de la plaga objetivo. De ahí se toma la decisión de hacer el primer reporte de *Aphidius transcaspicus* en esta presente tesis y dar a conocerlo en el país y saber qué medidas tomar hacia futuras experimentos de especies hermanas, a la vez que se recomienda tener mas cuidado al liberar especies que tienen un alto parecido morfológico con una o varias especies, ya que de esto dependerá el éxito del control biológico a implementar.

CAPÍTULO 2.

El comportamiento del hiperparasitoide *Alloxysta fuscicornis* en crucíferas evaluadas en Saltillo fue de manera intermitente durante todo el ciclo de muestreo. Al final inclino su preferencia hacia el cultivo del colinabo por en sima el repollo y brócoli. En el caso del pulgón gris, los resultados muestran que le es más apetecible el cultivo de la coliflor, dado que se encontró la mayor parte de pulgones en esta planta. Se observó una fluctuación aparentemente dependiente de la planta hospedera de parte de *Alloxysta fuscicornis* hacia el parasitoide primario *Diaeretiella rapae*, y de éste, hacia *Brevicoryne brassicae*. esto quiero decir que, en las plantas donde se encontró la mayoría de *D. rapae*, también se encontró a la mayoría de *A. fuscicornis*. Esto es un ejemplo de las diferentes interacciones que pueden manifestarse dentro de un sistema tetratrófico en algunas crucíferas y afectar el control de algunas plagas fuertemente, al iniciar algún control biológico en la agricultura.

ANEXOS



Revisión de pulgones (pulgón verde y pugno amarillo) y parasitoides en invernadero de la UAAAN en Saltillo, Coahuila.



Pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) en plantas de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*).



Prevención de heladas (arriba) y plántulas de crucíferas en Invernadero de la UAAAN Saltillo México.



Riego por Sistema de goteo en parcela de Repollo, Brócoli, Coliflor, Nabo y Colinabo en Saltillo, Coahuila, México.



Parcela experimental de crucíferas en UAAAN Saltillo, Mexico



Cultivo de Brócoli en parcela experimental UAAAN Saltillo, México