

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA Y DEL MEDI NATURAL



Diseño de un plan de gestión integrada de plagas de pulgones en horticultura ecológica

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y DEL MEDIO RURAL

ALUMNO: D. Félix Bastante Soliva

TUTORA: Prof. Dña. María Eugenia Rodrigo Santamalia

COTUTOR: Prof. D. Rafael Laborda Cenjor

Curso Académico 2016/2017

VALENCIA, JULIO DEL 2017

Valencia, Julio 2017

Autor: D. Félix Bastante Soliva

Tutora: Prof. Dña. María Eugenia Rodrigo Santamalia

Cotutor: Prof. D. Rafael Laborda Cenjor

Título: Diseño de un plan de gestión integrada de plagas de pulgones en horticultura ecológica

Resumen

Los pulgones son una plaga clave en cultivos hortícolas ecológicos en la finca de la empresa SAIFRESC, situada aproximadamente a 3 kilómetros al norte de Àlcasser. Para poder diseñar el plan de gestión integrada de esta plaga es necesario conocer que especies de pulgones parasitan los cultivos, que método de muestreo se ha de usar para determinar los niveles poblacionales y, consecuentemente establecer los momentos de actuación. También es determinante conocer la fauna útil presente y los momentos de mayor abundancia.

Se han elegido de entre todos los cultivos hortícolas presentes, los pertenecientes a la familia de las crucíferas como son: brócoli, col lisa, col rizada, col lombarda y coliflor además de la lechuga de hoja de roble y la lechuga romana pertenecientes a la familia de las asteráceas. Se probarán diferentes sistemas de muestreo (aspiración, observación de las plantas en campo y recogida de material vegetal) con el objetivo de determinar qué métodos aportan el máximo número de datos sobre la dinámica poblacional de las plagas. Simultáneamente se identificarán y contabilizarán los enemigos naturales presentes con métodos como la obtención de los parasitoides a partir de las momias recogidas en el material vegetal en campo o la contabilización de estos en las muestras de aspiración de los diferentes cultivos. Con la información obtenida al final de este trabajo, se diseñará un plan de gestión integrada en los cultivos de coles y lechuga.

Palabras clave

Hortícolas, cultivo ecológico, fauna útil, pulgón, muestreo.

Title: Integrated management plan design of aphids in ecologic horticulture

Summary

Aphids are a key pest in SAIFRESC. SAIFRESC is an organic farm located in Alcàsser, a municipality 8 km south of the city of Valencia. To design an integrated pest management strategy is necessary to know what aphid species are present in the crops, what sampling method must be used in order to determine the population level and, in consequence, the moment to pest control. It is important to know the natural enemies of the pests and when they are more abundant.

In order to carry out this work, several species belonging to *asteraceae* and *cruciferae* family have been chosen. Aspiration, plant observation in the field or vegetal material collection are some of the different sampling methods that are going to be tested with the purpose to decide what are the most helpful methods to obtain the maximum number of data about the pests population dynamic. Also, the aphid's natural enemies are going to be identified and counted in the laboratory using different methods, for example, obtaining parasitoids through the mummies founded in the vegetal material collected in the land or counting them in the aspiration samples of the different crops. At the end of this work, we will be able to design an integrated management plan in those horticulture crops.

Key words

Horticulture, ecologic crop, useful fauna, aphid, sampling.

AGRADECIMIENTOS

No puedo comenzar este apartado sin darle las gracias a mi tutora, María Eugenia Rodrigo Santamalia, por soportarme con infinita paciencia a lo largo de todos los meses que ha ocupado el trabajo, por las correcciones interminables a la hora de redactar y toda la ayuda que me ha prestado.

Dentro del ámbito académico, quiero darle las gracias a Adrián, que me ayudó en el trabajo de laboratorio durante los primeros meses, amenizando los días con infinitas anécdotas y conversaciones de cualquier tema, haciéndome ver que no todos los insectos eran iguales, cuando en un inicio, para mí eran todos bichos. También a la Dra. Paloma Pérez Díaz, por ayudarme con la identificación de los pulgones en el laboratorio de la universidad, además de darme algunas ideas y consejos. Gracias a la Dra. Mar Ferrer-Suay y al Dr. Jesús Selfa Arlandis, los expertos de la Universidad de Valencia, que con su excelente trabajo me ayudaron a identificar sin ningún tipo de problema los parasitoides primarios y secundarios capturados en los muestreos.

Un agradecimiento especial a Fermín y Julio, por proporcionarme el acceso a las parcelas de SAIFRESC, donde he realizado el trabajo y por resolver cualquiera de mis dudas sin ningún tipo de reparo.

Por último, agradezco a mi familia y amigos por animarme a seguir trabajando, por aguantar toda mi palabrería sobre el tema cuando me preguntaban acerca de mis avances en el trabajo y ni siquiera tenían idea de lo que les hablaba. Gracias por conseguir que la tarea de “contar bichitos” pareciera fácil y por apoyarme hasta el final.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Agricultura ecológica	2
1.2. Principales plagas que afectan a los cultivos de col y lechuga	3
1.2.1. Plagas de la col	3
1.2.2. Plagas de la lechuga	4
1.3. Principales enemigos de los pulgones en col y lechuga	4
1.3.1. Parasitoides	4
1.3.2. Insectos depredadores	5
2. OBJETIVOS	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS	8
3.1. Ubicación de la parcela	7
3.2. Cultivos elegidos	9
3.3. Tipos de muestreo en campo	9
3.4. Muestreo visual en campo y toma de muestras vegetales	10
3.5. Muestreo por aspiración	10
3.6. Trabajo en laboratorio	11
3.6.1. Muestras provenientes de aspiración	11
3.6.2. Muestras provenientes de material vegetal	12
3.6.3. Estudio de los parasitoides de los pulgones	13
3.6.4. Proceso de identificación de las especies de pulgones presentes en los cultivos 13	
4. RESULTADOS	14
4.1. Especies de pulgones identificados y abundancia de los mismos a lo largo del periodo de estudio	14
4.2. Seguimiento de la abundancia de pulgones según los tres tipos de muestreo en las variedades de col	14
4.2.1. Muestreo en campo	15
4.2.1.1. Col lisa	15
4.2.1.2. Coliflor	15
4.2.1.3. Brócoli	15
4.2.1.4. Col rizada	15
4.2.1.5. Col lombarda	15

4.2.2. Muestreo por aspiración.....	17
4.2.2.1. Col rizada.....	17
4.2.2.2. Col lombarda.....	17
4.2.3. Muestreo sobre el vegetal.....	19
4.3. Seguimiento de la abundancia de pulgones según los tres tipos de muestreo en las variedades de lechuga.....	19
4.3.1. Muestreo en campo.....	19
4.3.1.1. Lechuga de hoja de roble.....	19
4.3.1.2. Lechuga romana.....	20
4.3.2. Muestreo por aspiración.....	21
4.3.2.1. Lechuga de hoja de roble.....	21
4.3.2.2. Lechuga romana.....	21
4.3.3. Muestreo sobre el vegetal.....	23
4.4. Seguimiento de la abundancia de la fauna útil según el tipo de muestreo.....	24
4.4.1. Muestreo sobre el vegetal.....	26
4.4.2. Muestreo por aspiración.....	27
4.4.2.1. Col rizada.....	27
4.4.2.2. Col lombarda.....	27
5. DISCUSIÓN.....	28
6. CONCLUSIONES.....	30
7. BIBLIOGRAFÍA.....	31
8. ANEXOS.....	33

1. INTRODUCCIÓN

La Olericultura u Holericultura es la parte de la horticultura destinada al estudio, manejo y producción de hortalizas. En España es común asociar el término Horticultura con la producción de hortalizas.

En general, cuando se habla de un cultivo hortícola suele sobreentenderse un sistema de explotación intensiva que se caracteriza por una serie de particularidades:

- Importante desembolso de capital.
- Gran absorción de mano de obra durante el manejo del cultivo y, en ocasiones, que esta mano de obra sea especializada.
- Superficies principalmente pequeñas.
- Índices de mecanización bajos o no demasiado importantes.
- Rotaciones hortícolas muy solapadas.
- Reiteración de tratamientos fitosanitarios intensa.

Si bien se pueden distinguir diversos tipos de explotaciones hortícolas como la explotación intensiva, extensiva, forzada o industrial.

España es el principal país suministrador de hortalizas a la UE (sobre todo a Francia, Alemania y Reino Unido), siendo muy importantes las exportaciones en solanáceas y en cucurbitáceas. También es muy importante en los últimos años la exportación otoñal-invernal-primaveral de lechugas iceberg y bróculis, y durante el invierno-primavera, la de fresones.

Las plantas hortícolas, se pueden clasificar de diversas maneras, las principales son la clasificación por familias y la clasificación por el órgano aprovechable de la planta. Las principales familias en las que se dividen las hortícolas son: Liliáceas, quenopodiáceas, crucíferas, leguminosas, umbelíferas, convolvuláceas, solanáceas, cucurbitáceas y compuestas.

En caso que se clasifiquen según su órgano aprovechable, se establecen las siguientes categorías:

- Hortalizas aprovechables por sus raíces o tubérculos de desarrollo más o menos subterráneo (nabos, rábanos, zanahoria, patata...).
- Hortalizas aprovechables por sus bulbos (cebolla, ajo y puerro).
- Hortalizas aprovechables principalmente por sus tallos (espárragos).
- Hortalizas aprovechables por sus hojas (coles, lechuga, acelgas, espinacas...).
- Hortalizas aprovechables por sus inflorescencias (alcachofas, coliflores y bróculis).
- Hortalizas aprovechables por sus frutos (tomate, melón, pepinos...).
- Hortalizas aprovechables por sus frutos o semillas (judías verdes, guisantes, habas...).

1.1. Agricultura ecológica

Se puede definir la agricultura ecológica, como un sistema productivo en el cual no se utilizan fertilizantes basados en compuestos químicos de síntesis, ni plaguicidas, ni reguladores de crecimiento. Es un sistema basado en el mantenimiento de la estructura y capacidad de producir del suelo, el porte de nutrientes a las plantas y el control de plagas, enfermedades y malas hierbas, el uso de rotaciones de cultivos, el aprovechamiento de los residuos de cultivos y el empleo de abonos animales y verdes (Flórez, 2004).

La agricultura ecológica constituye una pequeña porción de la agricultura mundial. A pesar de haber experimentado un gran crecimiento en cuanto a la superficie total en España en las últimas décadas, el apoyo a la investigación, la extensión y el marketing en este tipo de agricultura sigue siendo muy bajo.

La superficie ocupada ha aumentado desde el año 1991 desde 4.235 ha, hasta rozar los 2.000.000 de hectáreas en el año 2015 (MAPAMA – Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio ambiente 2017) (Figura 1). En la Comunidad Valenciana la superficie cultivada ha aumentado muy rápidamente en la actualidad, 50.916 ha cultivadas en el año 2014 (ocupando el 8º puesto), frente a las 70.897 ha en 2015 (ocupando el 5º puesto).

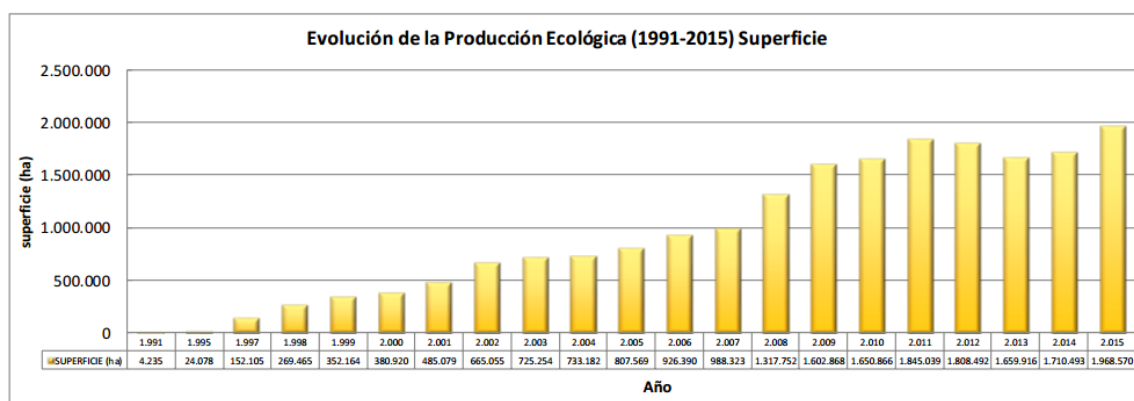


Figura 1. Evolución de la superficie de producción ecológica en España (MAPAMA, 2017), hasta el año 2015.

Según la definición de la Organización Internacional de Lucha Biológica (O.I.L.B), la lucha integrada es el “Sistema de control de plagas que aplica un conjunto de métodos que satisfacen exigencias económicas, ecológicas y toxicológicas, dando prioridad al empleo de elementos naturales de regulación, y respetando los umbrales de tolerancia”. Este sistema está considerado actualmente como el único racional y capaz de dar soluciones a largo plazo a los problemas de plagas.

Cabe destacar que su objetivo no es erradicar la plaga, sino mantenerla por debajo de unos umbrales económicos. El método de control a aplicar se elige para complementar la acción de los agentes de control natural, proporcionando protección a largo plazo, con mínimo coste económico y ecológico, y de forma que sea compatible con otras actuaciones.

1.2. Principales plagas que afectan a los cultivos de col y lechuga

1.2.1. Plagas de la col

Mosca de la col (*Chorthophilla brassicae*, Bouche). Díptero que pasa el invierno en forma de pupa. Los adultos aparecen en la primavera, ovoposando en la base de los tallos, en los que las larvas desarrollan galerías.

Minadores de hoja (*Lyriomyza trifolii*, Burgess, 1880). Es una especie de minador muy peligrosa y polífaga, cuyo control es muy difícil.

Falsa hernia de la col (*Ceuthorrhynchus pleurostigma*, Stephens, 1829). Coleóptero que origina unas agallas sobre la base del tallo, en cuyo interior se encuentran las larvas del cucurliónido.

Pulguillas de las crucíferas (*Phylloreta nemorum*, Linnaeus, 1758 o *Phylloreta cruciferae*, Goeze, 1777). Los adultos de esta especie mordisquean las hojas y las larvas realizan galerías en hojas y raíces.

Pulgón ceniciento de las coles (*Brevicoryne brassicae*, Linnaeus, 1758). Producen abarquillamiento de las hojas, amarilleamiento, etc.

Pulgón verde del melocotonero (*Myzus persicae*, Sulzer, 1776). Además de producir daños directos, son vectores de virosis.

Chinches de las coles (*Eurydema oleracea* y *Eurydema ornata*, Linnaeus, 1758). Heterópteros que producen picaduras sobre las hojas originando manchitas amarillas.

Mariposa de la col (*Pieris brassicae*, Linnaeus, 1758). Pasan el invierno como crisálidas. Pueden tener tres generaciones al año. Sus larvas son grandes comedoras de hojas.

Polilla de las crucíferas (*Plutella xylostella*, Linnaeus, 1758). Microlepidóptero, cuyo daño es realizado por sus larvas, que dejan las hojas de cualquier *Brassica* totalmente cribadas. Su control es complicado.

Noctuido de la col (*Mamestra brassicae*, Linnaeus, 1758). Lepidóptero noctuido, con una sola generación anual, cuyas larvas son grandes comedoras de hojas.

Rosquilla negra (*Spodoptera littoralis*, Boisduval, 1833). Es una plaga de gran incidencia en el cultivo de las coles, sobre todo desde la época de sus semilleros (julio) hasta mediados de noviembre. Las larvas son muy voraces.

Gusanos grises (*Agrotis* sp). Producen ataques en las plantas recién trasplantadas, devorando la base de los tallos.

Caracoles y babosas. Son muy frecuentes durante el período otoñal y primaveral. Se alimentan de las hojas produciendo daños graves en ellas.

1.2.2. Plagas de la lechuga

Larvas de lepidópteros comedores de hojas. Un gran número de especies pueden atacar a la lechuga en nuestro país, sobretodo en su fase estival-otoñal, como *Plusia gamma* (Linnaeus, 1758), *Laphygma exigua* (Hübner, 1808) y *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833). Estos ataques son particularmente graves en caso de las lechugas acogolladas, en las que si el daño se produce poco antes del arrepollado, aunque la plaga sea combatida, la herida queda tapada por la superposición de hojas, pudiendo desencadenar posteriormente problemas de podredumbres diversas.

Gusanos grises (*Agrotis* sp). Atacan a las lechugas jóvenes devorando el cuello de las raíces y a veces incluso de las hojas, produciendo marchitamiento de la planta.

Mosca blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*, Westwood, 1856). Son transmisores de una gran cantidad de virus, causan daños por acción directa de su alimentación, reducen el vigor de la planta, la melaza que segregan permite el desarrollo futuro de hongos.

Pulgones. Las partes aéreas pueden verse afectadas por diversas especies de áfidos como *Myzus persicae* (Sulzer, 1776), *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878), etc. Además del daño directo que realizan a la planta, son grandes transmisores de virosis.

Gusanos del alambre. Coleópteros elatéridos del género *Agriotes*, que dañan las raíces.

Minadores de hoja (*Lyriomyza trifolii*, Burgess, 1880). Es una especie de minador muy peligrosa y polífaga, cuyo control es muy difícil.

Tisanópteros (*Frankliniella occidentalis*, Pergande, 1895). Es una especie de difícil control, causante de la enfermedad viral del bronceado del tomate (TSWV), que afecta a una gran variedad de hortalizas.

Otros artrópodos. En condiciones de humedad alta, pueden detectarse ataques de diversos artrópodos, algunos como los colémbolos, pertenecientes a la clase Insecta Y las cochinillas de la humedad, pertenecientes a la clase Crustacea, que pueden dañar sobre todo a las plantas pequeñas.

Caracoles y babosas. Causan daños considerables como comedores de hojas.

1.3. Principales enemigos de los pulgones en col y lechuga

1.3.1. Parasitoides

El orden Hymenoptera queda caracterizado por la presencia de cuatro alas membranosas cubiertas en la base por tégulas, un aparato bucal masticador fuertemente adaptado a succionar o lamer, un primer segmento fuertemente adaptado a succionar o lamer, un primer segmento del abdomen que se fusiona con el metatórax formando lo que se conoce como propodeo y, en las hembras, un ovopositor constituido por 3 pares de valvas que está modificado a modo de sierra, taladro agujijón (Anento y Selfa, 1997).

Los principales parasitoides que atacan a los pulgones pertenecen a la subfamilia Aphidiinae (Hymenoptera: Ichneumonoidea: Braconidae: Aphidiinae), estos son endoparásitos koinobiontes de pulgones resultando, por tanto, parasitoides específicos de pulgones.

En la actualidad esta subfamilia engloba a más de 400 especies distribuidas en algo más de 50 géneros. Comúnmente, la hembra deposita un sólo huevo en el interior de cada pulgón, dentro del cual se realiza tanto el desarrollo embrionario como el postembrionario. Durante este último el afidiino puede permanecer latente en un estadio larvario temprano hasta que el pulgón alcanza un tamaño adecuado. Durante este periodo el parasitoide, que pasa por varios estadios larvarios, se alimenta de los tejidos internos del hospedador y, tras consumirlos, al finalizar el último de los estadios sólo queda del pulgón su cubierta externa y es a partir de ese momento cuando se considera a lo que queda de este, momia (Michelena *et al.*, 2004).

A partir de los estudios realizados por Michelena *et al.* (2004), los géneros más comunes de parasitoides en la Comunidad Valenciana que parasitan a los pulgones son:

Diaeretiella

La especie *Diaeretiella rapae* (M'Intosh, 1855), parasita a uno de los principales pulgones de las coles, *B. brassicae*. Es un insecto con un amplio rango de hospedadores como indican González y Michelena (1987), entre los que se encuentran *M. persicae* o *M. euphorbiae* entre otros.

Aphidius

Dentro de este género podemos encontrar especies como *Aphidius ervi* (Haliday, 1834) o *Aphidius matricariae* (Haliday, 1834). Estos parasitoides atacan a varias especies de áfidos como *Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776), *M. euphorbiae*, *M. persicae*, *Aphis hederæ* (Kaltenbach, 1843), etc.

Lysiphlebus

Lysiphlebus fabarum (Marshall, 1896) y *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson, 1880) abarcan a una gran cantidad de especies de pulgones que atacan a una amplia diversidad de cultivos. Entre las especies identificadas de pulgones destacan aquellas pertenecientes al género *Aphis* como *Aphis fabae* (Scopoli, 1763) y otras especies como *Brachycaudus cardui* (Linnaeus).

Trioxy

Dentro de este género destacan tres especies de parasitoides: *Trioxy angelicae* (Haliday, 1833), *Trioxy brevicornis* (Haliday, 1833) y *Trioxy acalephae* (Marshall, 1896). Estos parasitan a pulgones del género *Aphis* (*A. fabae*) y otras especies como *Cavariella aegopodii* (Scopoli, 1763).

1.3.2. Insectos depredadores.

Los depredadores difieren de los parásitos porque atacan a varias presas durante su vida. Las larvas de los depredadores buscan activamente a sus presas y éste es un carácter que los distingue también de los parásitos, en los cuales es el adulto el que busca al hospedante mientras que la larva se limita a alimentarse de él. Las larvas de depredadores consumen a

veces muchas presas hasta completar su desarrollo y una vez llegado al estado adulto siguen en la mayoría de los casos con sus hábitos depredadores.

Chrysopidae (Orden neuróptera)

La familia de los crisópidos comprende insectos muy característicos tanto en su forma adulta como larvaria. Suelen mostrar bastante polifagia y sus lavas se desplazan a largas distancias, caracterizándose por prospectar amplias zonas de las plantas sin eliminar totalmente una colonia de presa. Atacan fundamentalmente pulgones, y también cóccidos, cicadélidos, moscas blancas, psilas y ácaros, incluso huevos y orugas de lepidópteros.

Algunas especies como *Chrysopa carnea* (Stephens, 1836), pueden volverse resistentes a plaguicidas. Esta especie es la más utilizada en lucha biológica, habiéndose empleado para combatir pulgones, huevos y orugas de noctuidos, cochinillas algodonosas y otros insectos.

Cecydomidae (Orden diptera)

La familia de los cecidómidos incluye especies con hábitos fitófagos, saprófagos y depredadores. Entre las especies depredadoras destaca *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani, 1847), que se emplea en la actualidad en horticultura comercial en Europa como agente de control biológico de pulgones. La larva es de tamaño similar a la del pulgón y de color anaranjado y ataca a la mayoría de especies de pulgones más perjudiciales. Otras larvas de cecidómidos son depredadoras de cochinillas, ácaros y otros pequeños artrópodos.

Syrphidae (Orden diptera)

Es la familia más importante de dípteros depredadores. En estado adulto son moscas negras o de colores oscuros metalizados con bandas amarillas, lo cual les da una semejanza aparente con las avispas. Las larvas se asemejan a pequeñas babosas, con manchas verdes o pardas, mimetizando a veces excrementos de aves. Entre las características depredadoras de los sírfidos cabe destacar su aparición precoz en primavera, la gran movilidad y la constante presencia de adultos, que ponen los huevos muy cerca de las colonias de sus presas y la gran voracidad de las larvas que exterminan totalmente las colonias en las que se encuentran. Esta familia se ha empleado en control biológico de pulgones, psilas, moscas blancas y otros artrópodos.

2. OBJETIVOS

En la finca de horticultura ecológica donde se ha realizado este estudio, llamada SAIFRESC, el principal problema de plagas en los cultivos lo constituyen los pulgones. Debido a la importancia de estos insectos y la gravedad de los daños que producen, se plantea el siguiente TFG que tiene como objetivos:

1. Identificar las diferentes especies de pulgón que afectan a los cultivos de col (variedades col lisa, lombarda, rizada, coliflor, brócoli) y lechuga (romana y hoja de roble) durante el otoño e invierno, entre octubre y marzo.
2. Determinar la dinámica poblacional de las diferentes especies de pulgones, utilizando diferentes métodos de muestreo: directo en campo, mediante aspiración y analizando la planta.
3. Identificar los parasitoides de las especies de pulgones estudiadas mediante el aislamiento de pulgones parasitados (“momias”) extraídos de las plantas.
4. Estudiar la dinámica poblacional de los parasitoides utilizando los mismos métodos de muestreo que para los pulgones.
5. Proponer un sistema de gestión integrada para la plaga de pulgón en col y lechuga.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la parcela

La finca “Saifresc” donde se desarrolla este trabajo se encuentra dentro de la Comunidad Valenciana, en el municipio de Alcàsser en la comarca de l'Horta Sur (Figura 2). El municipio se encuentra a 13 kilómetros aproximadamente de la ciudad de Valencia accesible desde la carretera V-31 dirección Sur.

La finca en concreto se encuentra a 3 kilómetros dirección Norte de Alcàsser, pasando el polígono industrial el Placita siguiendo por el Camí de Torrent. Esta finca ocupa una superficie total de 14.44 hectáreas divididas en 19 parcelas pequeñas (Figura 3).



Figura 2. Imagen de google maps donde se indica en un círculo azul la finca de “Saifresc” donde se ha realizado el estudio.



Figura 3. Imagen de google maps donde se muestran, numeradas la distribución de las parcelas de toda la finca.

3.2. Cultivos elegidos

Las plantas escogidas son coles y lechugas pertenecientes a las familias de las crucíferas y las asteráceas respectivamente, ya que son cultivos que están presentes en la finca de SAIFRESC en invierno.

Las lechugas se han seleccionado debido a que son cultivos que normalmente se ven afectados por pulgones y que afectan a la parte de la planta que se convierte en un producto para el consumo humano, la hoja. Entre las lechugas, el muestreo se ha realizado en las lechugas de hoja de roble y romana.

Las coles son cultivos que suelen infestarse de pulgones, aunque la plaga no afecte en directamente a la parte de la planta que comercialmente se consume, si afecta a su desarrollo y calidad. Entre las crucíferas muestreadas se han escogido col lombarda, col lisa, col rizada, brócoli y coliflor.

Comúnmente al brócoli y a la coliflor no se les suele denominar coles debido a que no forman un cogollo de hojas apretado como las otras tres especies, sino que desarrollan una inflorescencia, que es la parte que se destina al consumo. Las cinco variedades pertenecen a la misma especie, *Brassica oleracea*. Por lo tanto por motivos prácticos, denominaremos comúnmente a las cinco variedades “col”, con tal de facilitar la lectura del trabajo.

3.3. Tipos de muestreo en campo

El periodo de muestreo comprendió desde el mes de octubre de 2016 hasta principios del mes de abril de 2017, realizando muestreos quincenales aproximadamente (Tabla 1). El objetivo de estos muestreos es reunir una cantidad de datos considerable pero al mismo tiempo evitando generar una carga de trabajo demasiado grande, con este intervalo entre muestreos se puede observar el desarrollo de las plantas y de las plagas de una forma gradual. También hay que tener en cuenta los ciclos de los cultivos en la finca de SAIFRESC, un espacio de tiempo grande entre un muestreo y otro podría provocar la pérdida de datos debido a que tal vez al siguiente muestreo las plantas ya no se encuentren en el campo debido a su recolección.

En el caso de las coles, cultivos que se desarrollan muy lentamente en invierno, durante este trabajo solo se cambió de parcela una sola vez. Al contrario que el segundo cultivo escogido para este trabajo, las lechugas, la periodicidad del muestreo adquiere un papel muy importante, ya que su ciclo es mucho más rápido. En el caso de las lechugas el cambio de una parcela a otra se realizó 4 veces.

Tabla 1. Número de muestreos, especificando la fecha de 2016 a 2017, realizados en este estudio

Octubre			Noviembre	Diciembre		Enero		Febrero	Marzo		Abril
5	17	31	21	7	21	11	26	7	3	21	5

3.4. Muestreo visual en campo y toma de muestras vegetales

En una primera fase, este muestreo consistió en la visualización de plantas al azar en una parcela de col y una de lechuga, con el objetivo de tener una idea sobre la cantidad de plantas afectadas y la intensidad de la plaga por planta. Al mismo tiempo, se seleccionaban cuatro de las plantas más infectadas tanto en lechuga como en col para su posterior análisis en laboratorio, sumando un total de ocho plantas recogidas.

Una vez se tuvo una idea sobre la infestación de las plantas en la parcela, el muestreo visual se cambió, haciéndose más sistemático. Cada vez que se iba al campo, se trazaba un transecto en diagonal en una parcela de coles y otra de lechugas y en ella se analizaban veinte coles y veinte lechugas, anotando los resultados obtenidos en un estadillo de campo que se diseñó con esta finalidad (ANEXO I). La diagonal siempre se iniciaba en el mismo punto en cada parcela. De cada planta de lechuga y col, se observaba la presencia o ausencia de pulgones en cuatro de sus hojas más externas y opuestas siempre que era posible y en el centro de la planta. Este muestreo comenzó el 21 de noviembre de 2016 y finalizó cuando al acabar el estudio.

En cada fecha de muestreo, a partir del mes de noviembre, se tomaron las 4 plantas más infestadas de toda la parcela (normalmente 4 coles lombarda y 4 lechugas romana). Estas plantas se introducían en bolsas para su posterior transporte al laboratorio y una vez allí se colocaban en la nevera para evitar la movilización de los pulgones.

3.5. Muestreo por aspiración

Para este muestreo se utilizó un aspirador STHIL SH 85, este aspirador/picador posee una cilindrada de 27,2 cm³ con una potencia de 1,1 CV, capaz de generar un caudal máximo de aire de 770 m³/h. El motor funciona con gasolina sin plomo 95 con mezcla de aceite al 4%.

El aspirador fue modificado para poder tomar muestras de insectos. Esta modificación consistió en añadir un tubo creado en el laboratorio, aparte del tubo que lleva el propio aspirador, con el objetivo de amplificar la superficie de aspiración. Para poder atrapar los insectos, se colocaba una malla entomológica en la boca del tubo del aspirador (Figura 4).



Figura 4. Aspirador preparado para realizar el muestreo en campo, se puede observar el canalón del aspirador con la malla entomológica ya colocada y el accesorio acoplado.

Con el aspirador se tomaron muestras de los 2 bordes y del centro de la parcela. En los tres primeros muestreos, se aspiraron 6 plantas de los dos bordes y 6 plantas de la hilera central de la parcela, para las 5 variedades de col y las dos de lechuga. En lechuga, sólo se tomaron muestras de una parcela, contabilizándose 6 aspiraciones en total para cada fecha de muestreo.

Se observó que las mayores incidencias de ataques de pulgón se localizaban en col rizada y en col lombarda con una diferencia notable en cuanto al número de pulgones hallados en las otras tres variedades de col muestreadas. Por lo tanto, se aspiraron a partir de ese momento, 6 plantas de uno de los bordes y 6 plantas de la zona central en una sola parcela sobre los cultivos de col rizada y lombarda. Se realizó el mismo proceso para la lechuga de hoja de roble y la lechuga romana, recogiendo en total en cada muestreo 8 muestras, cuatro pertenecientes a los muestreos en col y cuatro pertenecientes a las aspiraciones en lechuga.

En cada aspiración, se aspiraba cada planta durante 6 segundos. Una vez finalizada la aspiración, se retiraba el tubo acoplado, se introducía una etiqueta identificativa que incluía tanto la variedad de planta como la localización de la aspiración y la fecha. A continuación se cerraba la malla realizando un nudo en su extremo. Todas las mallas se trasladaban al laboratorio de protección de cultivos de la UPV y se introducían en el congelador, observándose las muestras como mínimo al día siguiente.

3.6. Trabajo en laboratorio

El trabajo de laboratorio se dividía en diferentes tareas según el material del que se partía, dependiendo si eran muestras de aspiración o muestras provenientes de material vegetal recogido en campo.

3.6.1. Muestras provenientes de aspiración

Las muestras de aspiración, que previamente se habían introducido en el congelador durante al menos un día, se vertían en una placa petri y se observan al binocular. Se identificaba todo lo que se capturaba y se contaba, introduciendo los datos posteriormente en un documento Excel.

En el caso de los pulgones, estos se clasificaban en 4 categorías, correspondientes a diferentes fases del desarrollo:

- Pulgón con 5 artejos en las antenas (que representan los primeros estadios ninfales) (Anexo II: Figura 1)
- Pulgón áptero (hembras completamente desarrolladas) (Anexo II: Figura 2)
- Pulgón con primordios alares (Anexo II: Figura 3)
- Pulgón alado (Anexo II: Figura 4)

Era necesario utilizar unas pinzas para extraer el material vegetal que hubiera podido aspirarse y un pincel para facilitar la identificación de los insectos al binocular, el pincel era útil en caso de que se requiriera guardar cierto insecto para su posterior identificación o de referencia para las muestras próximas, en caso de que así fuera se guardaba en botes de cristal, correctamente etiquetados con la fecha del muestreo y de la muestra de la que provenía, en alcohol del 70%.

3.6.2. Muestras provenientes de material vegetal

Las plantas se introducían en la nevera provocando la inmovilización de los insectos hasta que se pudieran analizar, normalmente al día siguiente del muestreo en la finca. El tratamiento variaba dependiendo de si se analizaba una lechuga o una crucífera.

En lechugas, con ayuda de un cuchillo se retiraban una a una las hojas y se observaban minuciosamente, introduciendo directamente los áfidos en un bote con alcohol al 70%. Posteriormente se identificaban las especies y se contaban todos los individuos. En el caso de encontrar pulgones parasitados se extraían las momias y se dejaban evolucionar hasta obtener el himenóptero parasitoide adulto.

Si se trataba de una crucífera el proceso era más extenso debido a que había un mayor número de pulgones. El primer paso era, con ayuda de un cuchillo, retirar cuidadosamente todas las hojas y observarlas una a una, tomando nota de la superficie de la hoja ocupada por pulgones y su distribución por la planta. Al comienzo del trabajo, se introducían las hojas del interior en un embudo de Berlese (Figura 5) y las exteriores en una caja convenientemente preparada (Figura 6). Esta caja se encontraba completamente cerrada y disponía de un agujero en el que colocar un bote de plástico transparente, aprovechando la fotosensibilidad de los insectos, estos acudían al único punto de luz y se introducían en el bote, posteriormente se añadía alcohol al 70% para conservarlos. Pasado un periodo de 5 a 6 días, se retiraban los botes de las cajas y de los embudos y se procedía al conteo de todos los insectos.



Figura 5 (izquierda); Figura 6 (derecha). A la izquierda se puede observar, al fondo, el embudo de Berlese completamente montado. A la derecha se contempla la caja ya cerrada con el material vegetal en su interior, se puede apreciar el bote colocado y el agujero practicado en la superficie de la caja.

Después de dos muestreos se decidió cambiar la metodología debido a la incapacidad de obtener datos precisos, pues no todos los insectos eran capaces de introducirse en bote colocado en la caja, una gran cantidad de insectos permanecían en el interior de la caja. Por lo tanto, en una fase más avanzada del trabajo, se descartó el uso de las cajas y se comenzó con la nueva metodología, pensada para identificar qué era lo que provenía exactamente de la planta.

Se comenzaron a analizar todas las hojas en el laboratorio una a una, retirando todas las momias de pulgón encontradas en las hojas (proceso que se explicará a continuación). Las hojas que componían el centro de la planta y que a la vez es donde se encontraba la mayor población de pulgones, se introducía en los embudos de Berlese durante un período de 5 a 6 días. No era recomendable dejarlos por más tiempo debido a la pudrición del material vegetal. Una vez transcurrido el tiempo conveniente se procedía a contar e identificar todos los insectos de cada una de las muestras de los embudos.

Las muestras de los embudos se etiquetaban con un código único para cada muestra que se recogía en el cuaderno de laboratorio, este código se correspondía con los siguientes datos en el cuaderno: título del trabajo, nombre de la muestra, día de muestreo, día de la colocación de la muestra en el embudo y día de salida de la muestra del embudo.

3.6.3. Estudio de los parasitoides de los pulgones

Empleando un pincel para causar los mínimos daños posibles, se retiraban todas las momias de las hojas de y se colocaban en una placa petri cerrándola con parafilm y se identificaba con la fecha del muestreo, el material vegetal del que provenían y la especie a la que pertenecía la momia.

Las placas petri se tenían que mirar diariamente y extraer todos los parasitoides que habían emergido, para ello, se introducían las placas durante unos minutos en la nevera, una vez transcurrido ese tiempo, se sacaban de la nevera, se retiraba cuidadosamente el parafilm y se extraían los parasitoides introduciéndolos en un bote de cristal previamente etiquetado, en alcohol del 100%. Una vez se habían extraído todos, se volvía a cerrar con parafilm para repetir el proceso al próximo día.

En colaboración con especialistas de la Universidad de Valencia, se han identificado todos los parasitoides e hiperparasitoides extraídos de las momias, hasta el nivel de especie.

3.6.4. Proceso de identificación de las especies de pulgones presentes en los cultivos

El proceso previo a la identificación de las especies de pulgones se describe a continuación. En primer lugar era necesario obtener los pulgones que se extraían de los embudos de Berlese o bien mediante la extracción directa a través de la planta. Una vez se obtuvieron los pulgones era necesario digerirlos en KOH al 10% en frío. Para ello se pinchaba el abdomen del pulgón con un alfiler en posición ventral evitando así alterar detalles de la morfología de los insectos y se sumergían en el producto con el objetivo de eliminar toda la materia del interior de su cuerpo. El tiempo de la digestión varía entre las 24 y las 48 horas en función del color del pulgón, cuanto más claro sea menor será el tiempo de digestión y viceversa. Una vez finalizado este periodo, los pulgones se lavaban en una solución de agua destilada y jabón durante 24 horas con el objetivo de eliminar las impurezas y cualquier resto del KOH. Posteriormente se sumergían en agua destilada varias veces para eliminar el jabón y limpiarlos por completo y se conservaban en alcohol del 70%. Una vez completado este proceso se podía proceder a su identificación con ayuda de una lupa y las claves para su identificación adecuadas. Para la identificación de los pulgones se empleó la clave de Remaudiere & Seco (1990).

4. RESULTADOS

4.1. Especies de pulgones identificados y abundancia de los mismos a lo largo del periodo de estudio.

Las tres especies de pulgón capturadas a lo largo del trabajo han sido *M. persicae* (Anexo II, figura 5), *B. brassicae* (Anexo II, figura 6) y *M. euphorbiae* (Anexo II, figura 7). La especie más abundante a lo largo del estudio ha sido *B. brassicae*, seguido por *M. persicae* y por último, *M. euphorbiae* (Tabla 2 y 3). En las coles han estado presentes las dos primeras especies mencionadas anteriormente y en lechugas las tres especies.

Destaca que en la parcela predominan sobre todo pulgones en las primeras fases del desarrollo (lo que hemos denominado a lo largo del TFG como “ninfas”) y ápteros. Es importante también el hecho de que apenas existen individuos adultos alados.

Tabla 2. Número total de pulgones capturados a lo largo del estudio en todas las variedades de coles analizadas, separando muestreo por aspiración y muestreo sobre el vegetal.

Categoría	COL			
	<i>Brevicoryne brassicae</i>		<i>Myzus persicae</i>	
	Sobre el vegetal	Aspiración	Sobre el vegetal	Aspiración
Ninfas	26662	732	34	1004
Ápteros	9363	506	5	588
Con primordios	3597	69	17	16
Alados	823	87	13	109
TOTAL	40445	1394	69	1717

Tabla 3. Número total de pulgones capturados a lo largo del estudio en todas las variedades de lechugas analizadas, separando muestreo por aspiración y muestreo sobre el vegetal.

Categoría	LECHUGA		
	<i>Macrosiphum euphorbiae</i>		<i>Myzus persicae</i>
	Sobre el vegetal	Aspiración	Aspiración
Ninfas	535	82	56
Apteros	435	116	19
Con primordios	139	2	2
Alados	68	6	7
TOTAL	1177	206	84

4.2. Seguimiento de la abundancia de pulgones según los tres tipos de muestreo en las variedades de col.

Como ya se ha citado anteriormente en el apartado de material y métodos, se han muestreado cinco especies de crucíferas: col lisa, coliflor, brócoli, col rizada y col lombarda. En este trabajo tras el muestreo realizado a finales de octubre, se efectuó un cambio de parcela debido a la retirada del material vegetal en el campo, debido a que las coles habían alcanzado el tamaño adecuado para su venta. En noviembre comenzaron las observaciones en la nueva parcela, haciendo el seguimiento del nivel de infestación conforme las plantas iban creciendo.

Las especies encontradas a lo largo del estudio han sido dos: *B. brassicae* y *M. persicae* localizadas en las diferentes variedades de col estudiadas.

Los tres tipos de muestreo llevados a cabo a lo largo del trabajo han sido: muestreo en campo, muestreo por aspiración y muestreo sobre el vegetal. Con el primer tipo de muestreo se ha observado únicamente *B. brassicae* en las coles. En los muestreos por aspiración y en el vegetal se han capturado las dos especies de áfidos.

4.2.1. Muestreo en campo

La variedad de col que presentó un mayor porcentaje de órganos infestados, principalmente en el centro de la planta, fue la col lombarda (Figura 7). La evolución de la infestación a lo largo del tiempo fue diferente en función de la variedad de col.

4.2.1.1. Col lisa

No se observó *B. brassicae* en campo en las cuatro hojas observadas ni en el centro de la planta hasta el mes de marzo. Los dos últimos muestreos (marzo y abril) destacaron debido a la aparición de individuos, tanto aislados como en colonias. A finales de marzo proliferaron los individuos aislados en el centro de la planta mientras que a principios de abril, se encontraron pulgones tanto en el centro como en las hojas exteriores (Figura 7a).

4.2.1.2. Coliflor

La especie *B. brassicae* sólo se observó en las hojas exteriores al comienzo del muestreo (octubre a enero). Principalmente se apreciaron individuos aislados que desaparecieron a finales de enero (Figura 7b).

4.2.1.3. Brócoli

Sólo se apreciaron pulgones en el primer muestreo (finales de noviembre) cuando las plantas eran grandes. En las plantas muestreadas solo se encontraron pulgones aislados en las hojas exteriores (Figura 7c).

4.2.1.4. Col rizada

En esta variedad solo se encontraron pulgones aislados en las hojas exteriores y en el centro de la planta en el primer muestreo (finales de noviembre). A principios de diciembre el número de pulgones aislados en las hojas exteriores descendió y se hallaron colonias en el centro de las plantas. A partir de este momento (principios de diciembre) ya no se encontraron más pulgones hasta el final del estudio (Figura 7d).

4.2.1.5. Col lombarda

B. brassicae se mantuvo presente durante todo el periodo del estudio en col lombarda. La presencia de este pulgón se localizó principalmente en el centro de las plantas, mientras que un menor número se visualizó en las hojas exteriores. Con el paso del tiempo, se detectó un aumento del porcentaje de plantas afectadas en la parcela, aumentando la presencia de pulgones aislados en las hojas exteriores (Figura 7e).

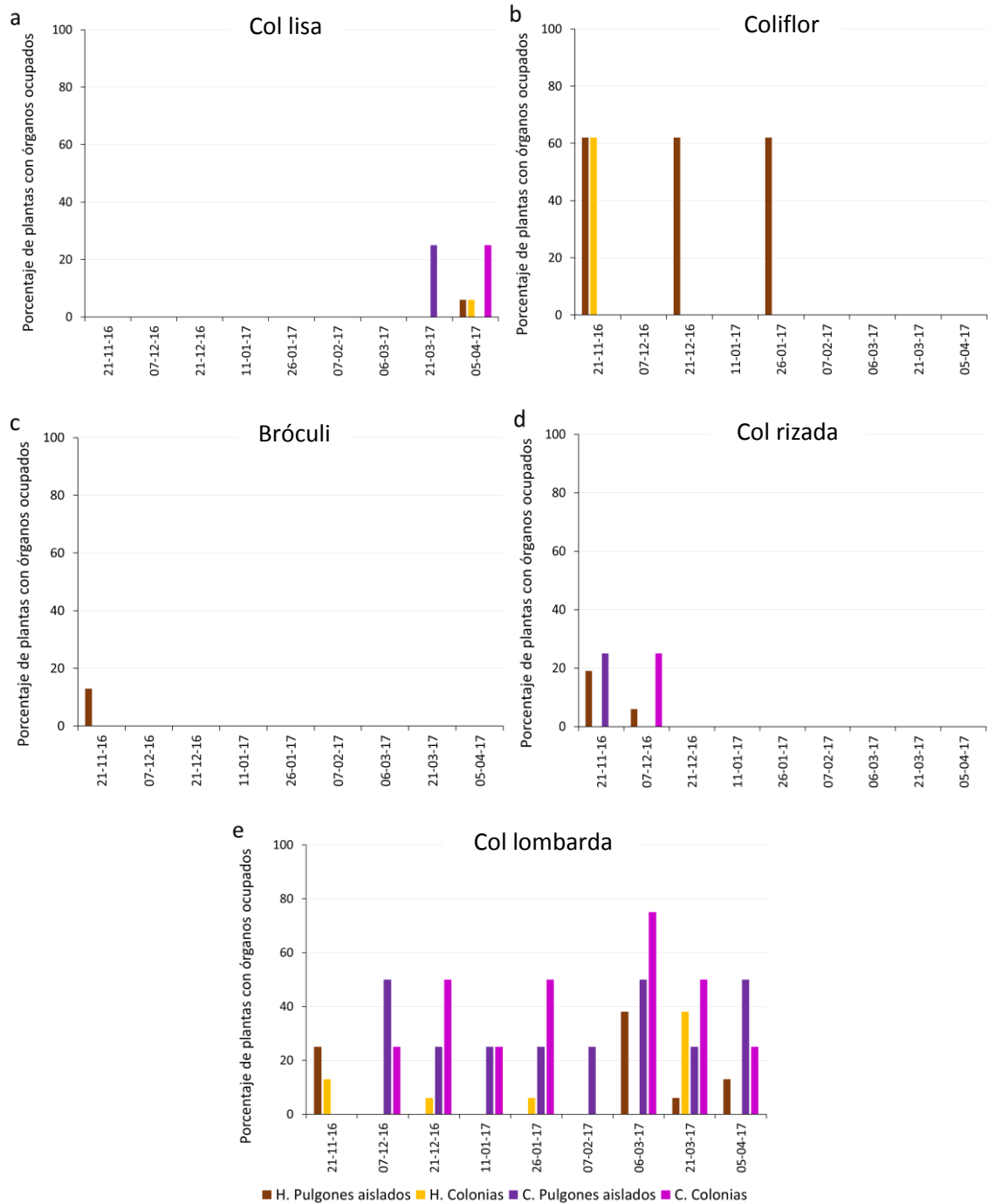


Figura 7. Porcentaje de plantas con órganos ocupados en el muestreo en campo de las especies de crucíferas a lo largo del trabajo. Los órganos evaluados fueron las hojas exteriores (H) y el centro de la planta (C). Se muestran las cinco variedades de col estudiadas, de izquierda a derecha: col lisa (a), coliflor (b), brócoli (c), col rizada (d) y col lombarda (e).

4.2.2. Muestreo por aspiración

Dado que en los cultivos de col rizada y col lombarda fueron donde más pulgones se observaban, se decidió seguir con estas dos variedades en los muestreos de aspiración.

4.2.2.1. Col rizada

M. persicae

Esta especie solo se capturó en abundancia durante el mes de octubre, ya que a partir de finales de noviembre la población se mantuvo en niveles muy bajos hasta el final del muestreo. La población en la zona del borde fue superior a la existente en la zona del centro de la parcela. A partir de finales de noviembre, el nivel de población fue muy bajo, aunque la especie se mantuvo presente hasta finales de marzo (Figura 8a).

B. brassicae

La mayor cantidad de individuos capturados fue durante el mes de octubre y los meses marzo y abril, siendo la población muy baja entre noviembre y febrero. Esta situación se dio tanto en el borde como en el centro de la parcela (Figura 8b). El número de pulgones capturados fue mayor en el borde que en el centro de la parcela. A mediados de octubre se capturó una gran cantidad de pulgones con primordios alares, en una proporción superior a la de ápteros y adultos alados. En el mes de marzo, se comenzó a observar un aumento de la población, sobre todo en el borde de la parcela, donde se presentó la mayor abundancia. A principios de abril, se identificó un gran crecimiento de pulgones ápteros respecto del anterior muestreo.

4.2.2.2. Col lombarda

M. persicae

La población de *M. persicae* fue alta en octubre y en el borde de la parcela. A partir del mes de diciembre la población disminuyó hasta prácticamente desaparecer. Esta población presente durante el mes de octubre estaba compuesta principalmente por ninfas e individuos ápteros (Figura 8c).

B. brassicae

Se pueden definir tres momentos de mayor abundancia de esta especie, el primero se da a finales de octubre, el segundo en los últimos días de diciembre y el tercero a principios de marzo. Estos picos están caracterizados por la presencia de un gran número de ninfas y pulgones con primordios alares. Se capturaron muy pocos adultos ápteros a lo largo de todo el estudio (Figura 8d).

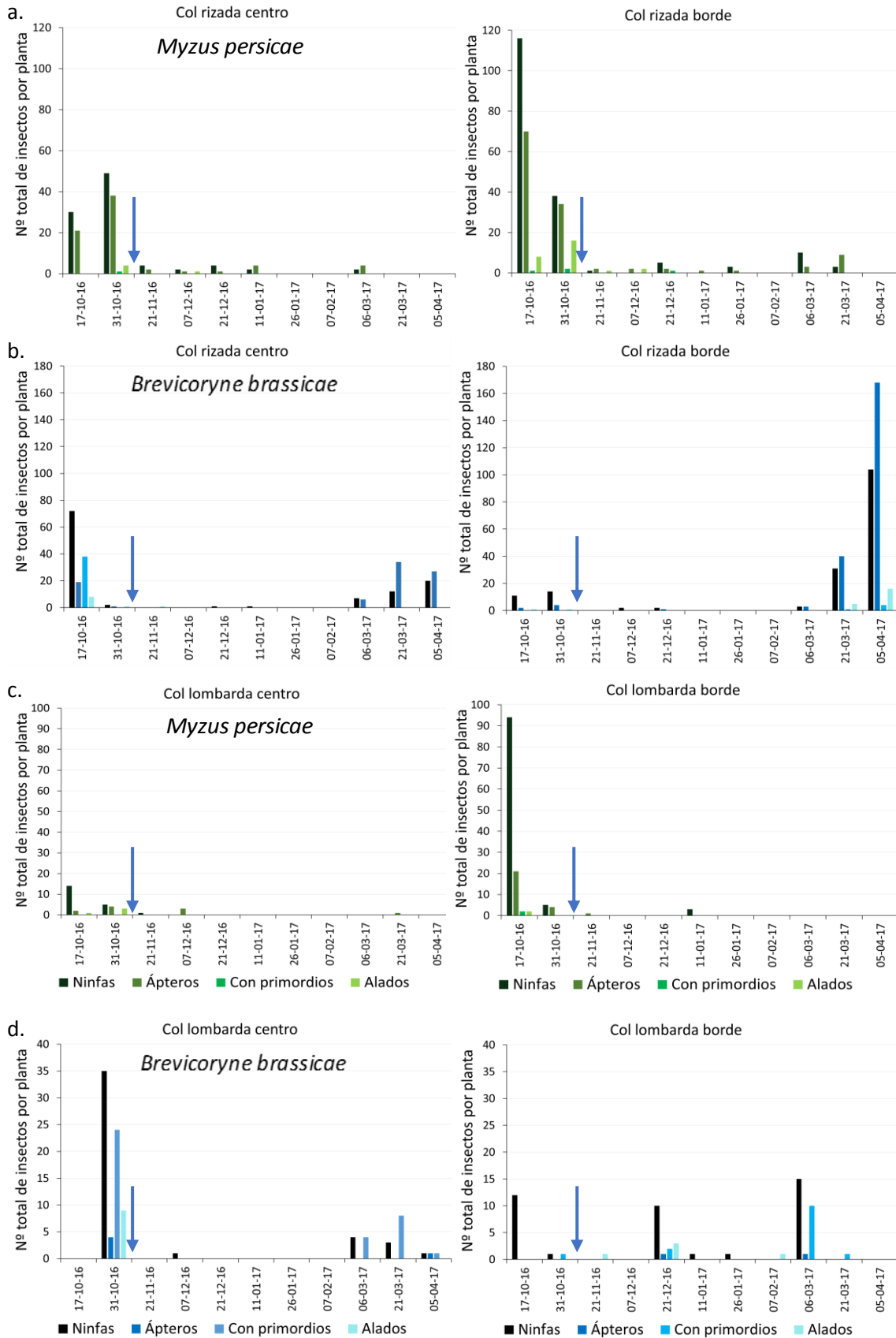


Figura 8. Resultados obtenidos del muestreo por aspiración en col rizada (a y b) y col lombarda (c y d) para las especies *M. persicae* y *B. brassicae* en el centro de la parcela (izquierda) y en los bordes (derecha). La flecha indica el cambio de parcela.

4.2.3. Muestreo sobre el vegetal

Debido a que la col lombarda fue el cultivo que mayor ocupación por pulgones presentó, se decidió cortar y llevar al laboratorio esta variedad para realizar una observación más exhaustiva. La especie de pulgón identificada en las plantas analizadas fue *B. brassicae*.

La población de *B. brassicae* ha seguido un aumento progresivo desde el inicio del muestreo hasta un máximo durante los meses de febrero y marzo de 2017. A partir de ese momento, la población permaneció en niveles altos hasta su brusco descenso en el último muestreo, en abril. Se observa un aumento de la población sobre el vegetal, coincidente con el pico de población recogido en las muestras de aspiración en marzo. En todos los muestreos se han capturado individuos de las 4 categorías estudiadas: ninfas, adultos ápteros, pulgones con primordios alares y adultos alados, siendo las ninfas la categoría más abundante en todos los muestreos. (Figura 9).

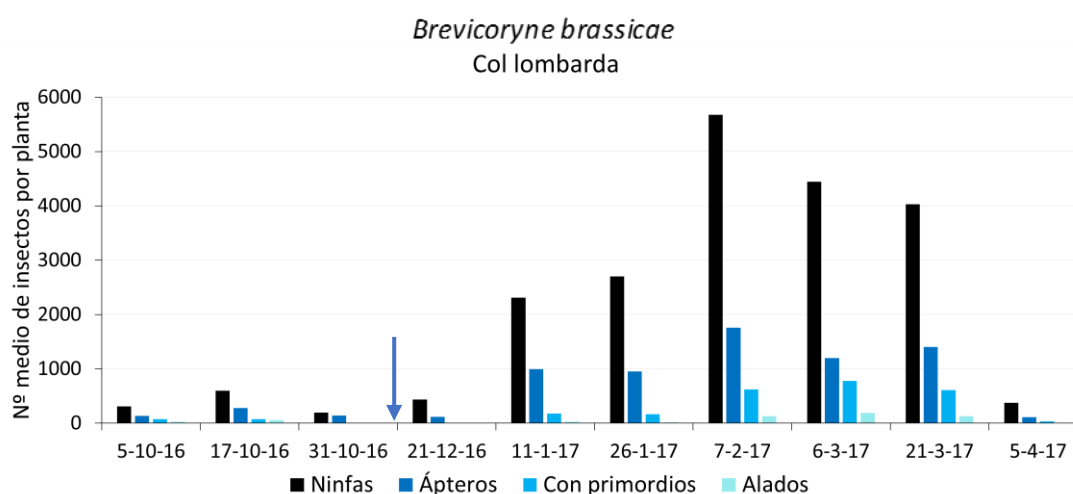


Figura 9. Resultados obtenidos del muestreo en vegetal en col lombarda para la especie *B. brassicae*. La flecha indica el cambio de parcela.

4.3. Seguimiento de la abundancia de pulgones según los tres tipos de muestreo en las variedades de lechuga.

Como ya se ha citado anteriormente en el apartado de material y métodos, se han muestreado dos variedades de lechuga: lechuga de hoja de roble y lechuga romana. Durante este trabajo se efectuaron diversos cambios de parcela debido a la continua retirada del material vegetal del campo a causa del rápido ciclo de cultivo.

Las especies encontradas a lo largo del estudio han sido dos. En la lechuga de hoja de roble se hallaron pulgones de las especies *M. persicae* y *M. euphorbiae* y en lechuga romana únicamente se halló la última especie.

4.3.1. Muestreo en campo

4.3.1.1. Lechuga de hoja de roble

En la lechuga de hoja de roble el porcentaje de infestación fue muy bajo. Se encontraron pulgones aislados en las hojas exteriores a finales de noviembre pertenecientes a la especie *M.*

persicae. A principios del mes de marzo y a principios del mes de abril, se encontraron plantas con pulgones solitarios pertenecientes a la especie *M. euphorbiae* en el centro de la planta (Figura 10a).

4.3.1.2. Lechuga romana

El porcentaje órganos ocupados y el número de muestreos en los que se han encontrado pulgones en la lechuga romana son mucho mayores que en la lechuga de hoja de roble. La presencia de colonias se localiza únicamente en las hojas exteriores, a principios de los meses de febrero y marzo y pulgones aislados se encontraron tanto en el centro de las plantas como en el exterior. La mayor infestación de las plantas se produjo en febrero y marzo (Figura 10b).

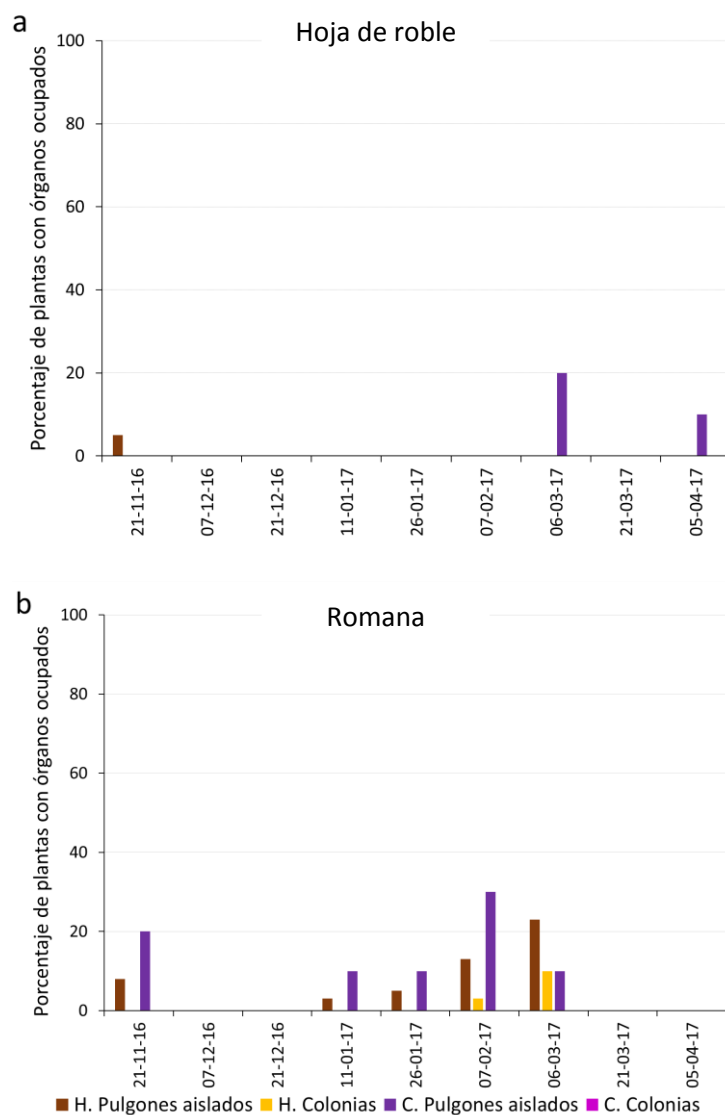


Figura 10. Porcentaje de plantas con órganos ocupados en el muestreo en campo de lechuga de hoja de roble (a) y lechuga romana (b) a lo largo del trabajo.

4.3.2. Muestreo por aspiración

4.3.2.1. Lechuga de hoja de roble

En los muestreos por aspiración en esta variedad de lechuga se han identificado dos especies de pulgones: *M. persicae* y *M. euphorbiae*. Respecto a la primera especie de pulgón encontrada, la población total de pulgones alcanzó valores muy bajos, siendo más abundantes en el borde de la parcela y compuestos principalmente por ninfas. Hubo un pico de población a finales de diciembre, tras ese pico, la población descendió abruptamente hasta casi desaparecer (Figura 11a).

M. euphorbiae se encontró cuando la población de *M. persicae* desapareció. Las poblaciones estaban compuestas principalmente por ninfas y adultos. La población del borde de la parcela se mantuvo similar a la del centro, salvo en el muestreo de principios de marzo, momento en el que se capturaron una gran cantidad de ninfas y adultos ápteros en el borde. En la zona del centro se capturaron individuos con primordios alares en el mes de enero. En el borde de la parcela, se capturaron pulgones con primordios alares en la misma fecha que en los muestreos del centro de la parcela (Figura 11b).

4.3.2.2. Lechuga romana

En esta variedad de lechuga solamente se ha encontrado una especie, *M. euphorbiae*. Esta especie fue detectada a finales de enero en el borde de la parcela. Los resultados obtenidos sobre la abundancia de la población son coincidentes entre las aspiraciones del centro y las aspiraciones de uno de los bordes de la parcela, si bien el mayor número de individuos se encontró en el borde de la parcela

La población en general se caracterizó por componerse de un alto número de áfidos con primordios alares y ninfas. La presencia de tan alto número de adultos con primordios es indicadora de posibles momentos de vuelo.

Durante el mes de marzo la población aumentó rápidamente y descendió bruscamente a principios de abril. La población en general se caracterizó por componerse de un alto número de áfidos con primordios alares y ninfas. La presencia de tan alto número de adultos con primordios podría ser indicadora de posibles momentos de vuelo (Figura 11c).

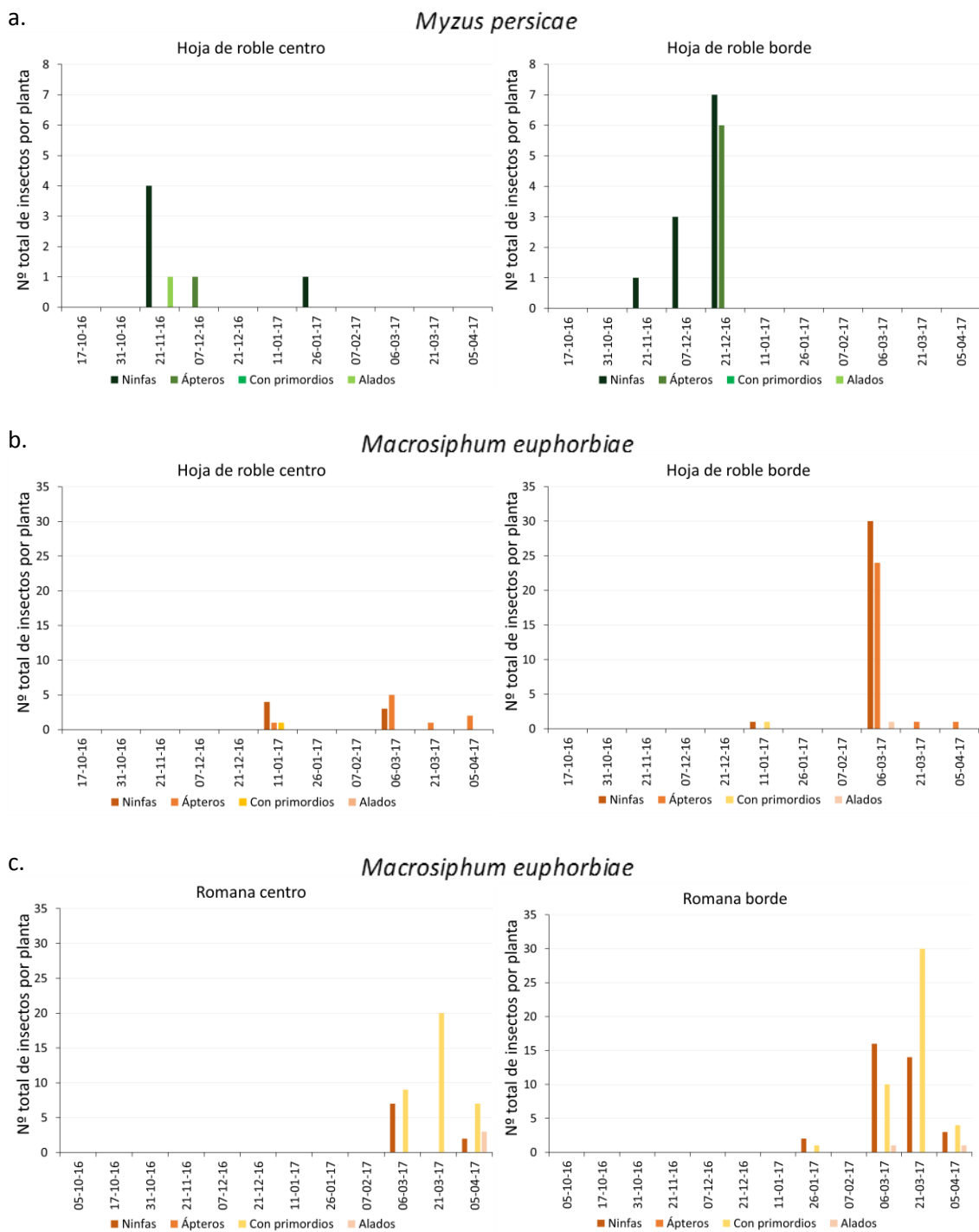


Figura 11. Resultados obtenidos del muestreo por aspiración en lechuga de hoja de roble para las especie *M. persicae* (a) y *M. euphorbiae* (b) y en lechuga romana para la especie *M. euphorbiae* (c), en el centro de la parcela (izquierda) y en uno de los bordes (derecha).

4.3.3. Muestreo sobre el vegetal

El muestreo se decidió realizar sobre la lechuga romana debido a que la mayor abundancia de pulgones se encontró sobre esta variedad de lechuga. Los pulgones de la lechuga se extrajeron manualmente en el laboratorio, contándose todos los individuos y clasificándolos en los diferentes estados de desarrollo.

La primera vez que se capturaron pulgones de la especie *M. euphorbiae* fue a mediados de enero, igual que en las muestras de aspiración. En este momento se observó un alto número de ninfas y adultos ápteros. A principios de marzo se recogieron una gran cantidad de adultos ápteros, pulgones con primordios alares y adultos alados. El pico poblacional obtenido de las plantas recolectadas en campo no coincidió exactamente con el pico de población recogido en las muestras de aspiración, que se retrasa un muestreo. La población decayó hasta valores casi nulos a finales de marzo y se volvió a recuperar a principios de abril, sin alcanzar el nivel de población obtenido en el mes anterior (Figura 12).

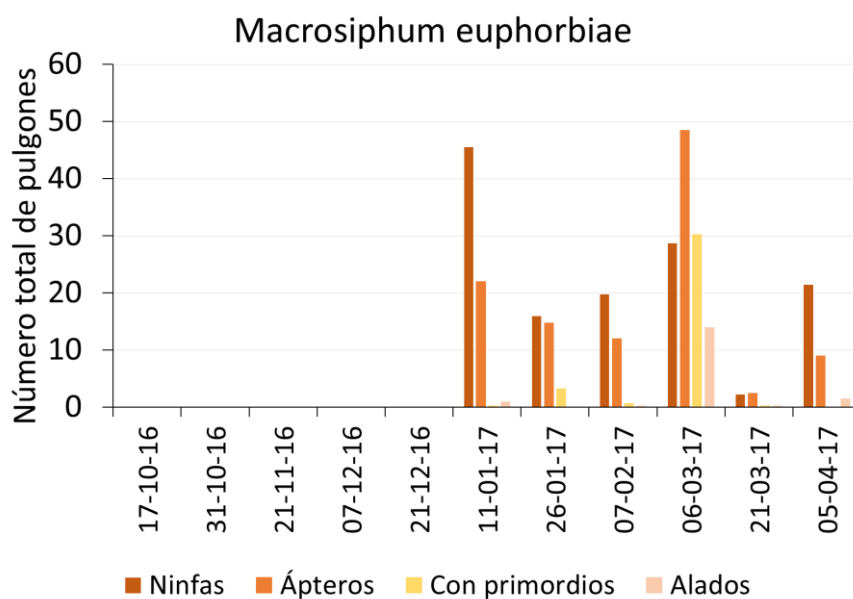


Figura 12. Resultados obtenidos del muestreo sobre el vegetal en lechuga romana para la especie *M. euphorbiae*.

4.4. Seguimiento de la abundancia de la fauna útil según el tipo de muestreo.

Como se puede observar en la tabla 4, expuesta a continuación, la mayor parte de los insectos capturados en la parcela de SAIFRESC pertenecen al orden Hymenoptera, aunque también se han capturado insectos del orden Diptera y Coleoptera. Entre los himenópteros destaca la familia de los Braconidae, subfamilia Aphidiinae, donde se encuentran los parasitoides de pulgones. Dentro de esta subfamilia, se ha identificado la especie *D. rapae* (ANEXO II, figura 8), muy abundante tanto en los muestreos por aspiración como en los muestreos sobre el vegetal. Destaca también la familia Figitidae, de la que se han identificado tres especies diferentes pertenecientes a la subfamilia Charipinae: *Alloxysta consobrina* (Hartig, 1841) (ANEXO II, figura 9), *Alloxysta arcuata* (Kieffer, 1902), *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841) (Hymenoptera, Figitidae). Estas tres especies se consideran hiperparasitoides o parasitoides secundarios de pulgones, como se discutirá en el apartado de discusión. La familia Hybotidae, del orden Díptera, sólo se ha capturado en los muestreos de aspiración, mientras que las otras dos familias pertenecientes a este orden (Syrphidae y Cecidomyiidae) únicamente se han capturado en los muestreos sobre el vegetal.

Los datos de coliflor, lisa y brócoli son los obtenidos de 3 muestreos al principio del trabajo. Destaca que en coliflor y en brócoli, la cantidad de parasitoides capturados es igual o superior al número de pulgones. Los 114 individuos de *A. consobrina* de col lisa proceden de una única planta en el último muestreo del trabajo.

Orden	Familia	Género	Especie	Coliflor		Lombarda		Lisa		Brócoli		Rizada	Roma.	Roble		
				A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A	V	A
Hymenoptera	Braconidae	<i>Diaeretiella</i>	<i>D. rapae</i>	64	10	96	1040	32	41	59	8	178	17	5	0	
	Eulophidae			27	0	8	0	6	0	6	0	23	0	25	3	
	Pteromalidae			1	1	9	8	4	0	5	0	19	1	1	1	
	Braconidae	<i>Aphidius</i>		1	0	1	0	0	0	2	0	1	0	5	0	
	Ichneumonidae			0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	
					4	0	14	0	5	0	2	0	39	0	5	0
					1	0	0	676	0	114	0	0	1	0	0	0
		Figitidae	<i>Alloxysta</i>	<i>A. consobrina</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			<i>Alloxysta</i>	<i>A. arcuata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
			<i>Phaenoglyphis</i>	<i>P. villosa</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Diptera	Encyrtidae			1	0	4	17	0	0	0	0	8	0	1	0	
	Megaspilidae			2	1	5	0	2	0	0	0	3	0	2	2	
	Ceraphronidae			0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
	Hybotidae	<i>Platypalpus</i>		30	0	3	0	52	0	34	0	69	0	43	2	
Coleoptera	Cecidomyiidae			2	78	0	89	0	0	0	0	0	147	0	0	
	Coccinellidae			23	0	2	4	29	0	32	0	83	0	18	1	

Tabla 4. Número total de insectos que representan a la fauna útil en la parcela a lo largo del trabajo en los cultivos de col y lechuga.

4.4.1. Muestreo sobre el vegetal

Tal como se ha indicado en el apartado de material y métodos, a partir de enero, se retiraron todas las momias de la col lombarda en cada fecha de muestreo. A partir de las momias de *B. brassicae*, evolucionaron dos especies de parasitoides. *D. rapae* y *A. consobrina*.

El momento de población máxima de pulgones se dio en febrero y marzo. En la figura 13 se observa un ligero descenso en la población de pulgones, coincidiendo con un aumento de los parasitoides primarios, a principios de marzo. En abril cayó la población de pulgones y también la de parasitoides.

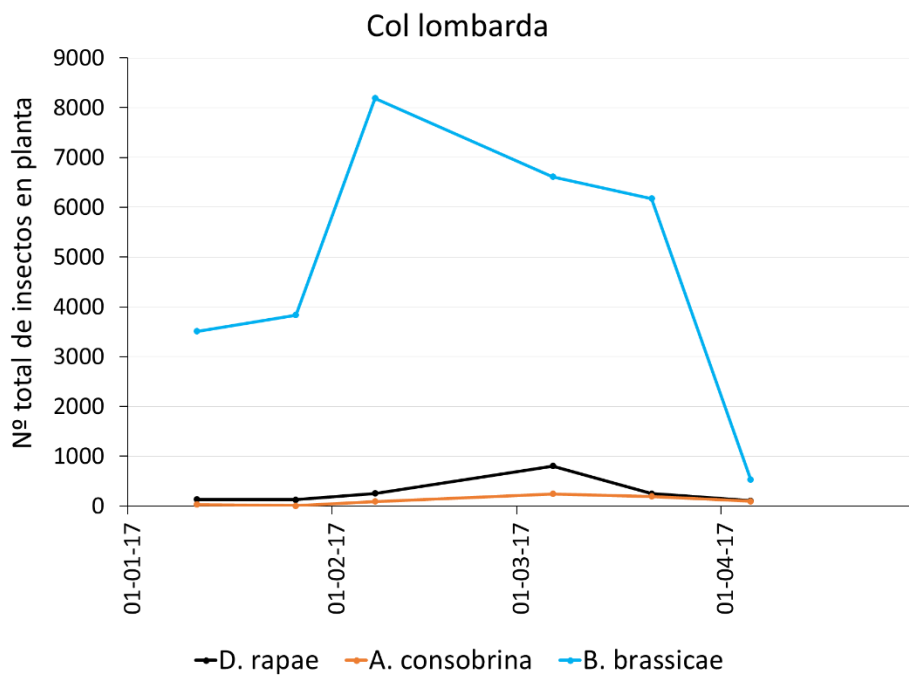


Figura 13. Número total de pulgones relacionado con el número de *D. rapae* y *A. consobrina* presentes en las momias extraídas en col lombarda.

4.4.2. Muestreo por aspiración

4.4.2.1. Col rizada

El mayor número de individuos capturados de la especie *D. rapae*, que es el principal parasitoides de pulgones, se dio en col rizada (178 insectos). Los momentos de mayor población de ambas familias de insectos tanto en el borde como en el centro de la parcela se dieron en los primeros y últimos muestreos (Figura 14a). La población de parasitoides siempre estuvo muy por debajo de la población de pulgones. Destaca que la población de la principal especie de hiperparasitoides, *A. consobrina*, se mantuvo siempre por debajo de la población de *D. rapae*, salvo en un muestreo a mediados de marzo en el centro de la parcela.

4.4.2.2. Col lombarda

Al igual que en col rizada, la fauna útil permaneció en valores bajos durante los meses centrales del trabajo tanto en el borde como en el centro de la parcela (Figura 14b). En el borde de la parcela se observó que en los tres muestreos en los que se dio un aumento y descenso brusco alcanzando un máximo en la población de *B. brassicae*, existió un crecimiento idéntico y en menor número de los parasitoides primarios al muestreo posterior de ese momento.

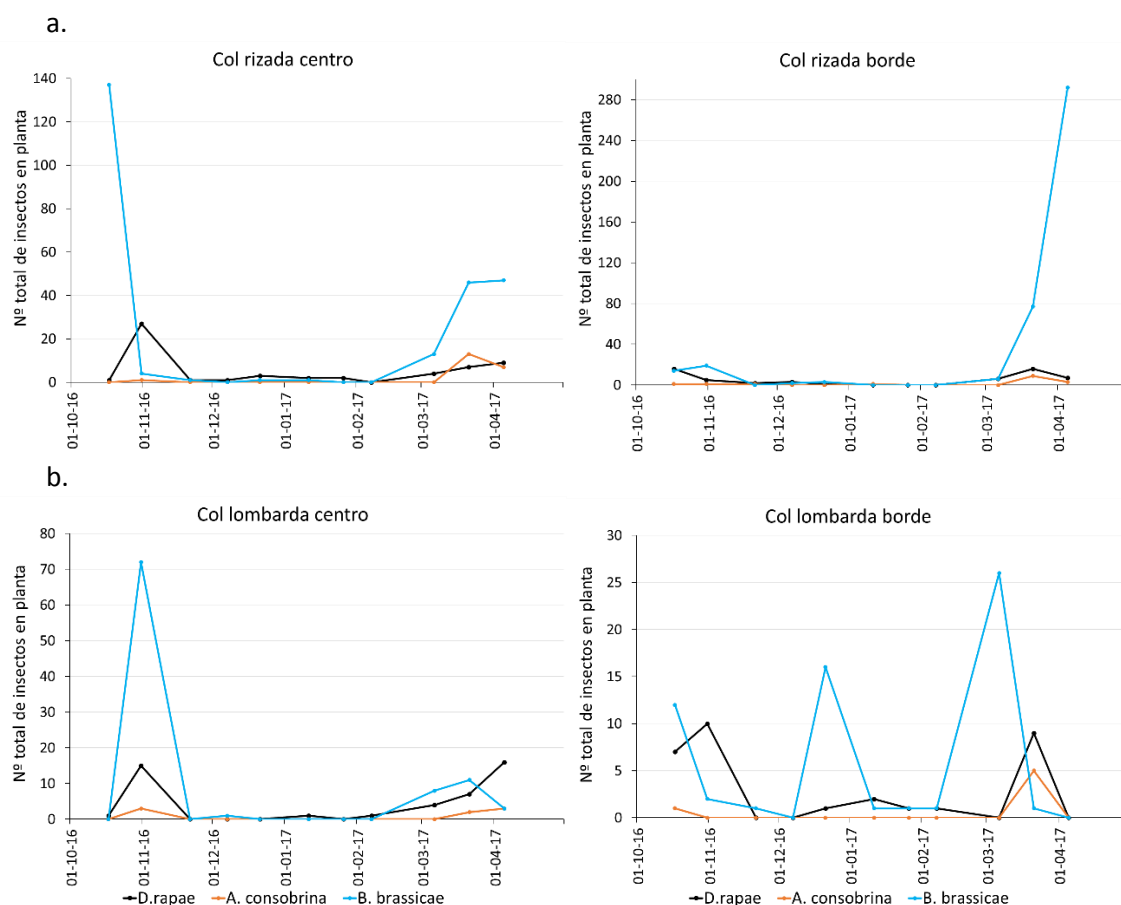


Figura 14. Número total de pulgones, parasitoides e hiperparasitoides capturados en las muestras de aspiración, en los cultivos de col rizada (a) y col lombarda (b) en el centro de la parcela (izquierda) y en el borde (derecha).

5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los pulgones o áfidos (Aphididae), debido a sus características biológicas e impacto económico en los cultivos, representan uno de los grupos de insectos más importantes desde el punto de vista agronómico (Delfino *et al.*, 2007). La problemática de estos áfidos se basa en los daños directos y la transmisión de virus fitopatógenos a cultivos de importancia para la alimentación básica, disminuyendo los rendimientos y calidad de las semillas (Ceballos *et al.*, 2009).

Los pulgones estuvieron presentes en los cultivos en octubre y a partir de marzo, disminuyendo de forma importante las poblaciones en los meses más fríos del año entre noviembre y febrero. El periodo crítico para los cultivos de col se localiza en los primeros estados vegetativos de las plantas y durante el resto del ciclo, especialmente en el cierre del cogollo. Las estaciones de mayor incidencia son primavera y otoño (MAGRAMA, 2016), coincidiendo con nuestros resultados. Según nuestros resultados se ha constatado que los cultivos que más se han visto dañados por los pulgones han sido col lombarda y col rizada. En especial la col lombarda ha sido altamente afectada por la especie *B. brassicae*.

M. persicae ha sido una especie que no hemos capturado en cantidades tan grandes como *B. brassicae*. Sin embargo ha sido encontrada tanto en los cultivos de lechuga y de col. La tercera especie de pulgón identificada ha sido *M. euphorbiae*, encontrada únicamente en lechuga. De las dos especies de lechuga analizadas, la lechuga romana ha sido la más atacada por pulgones. En general, el nivel de plaga fue superior en los bordes de la parcela que en el centro, para las tres especies de pulgón y los dos cultivos, indicando que la invasión de las plantas se realiza desde los bordes hacia el centro de la parcela de cultivo.

Los pulgones son activos vectores de virus y los estadios de desarrollo que permiten la dispersión de los virus entre las plantas son precisamente las formas aladas (Collar *et al.*, 1998; Djilani Khoudja *et al.*, 2004). Es de destacar que hemos capturado muy pocas formas aladas en total en todos los muestreos. La escasa presencia de estas formas en la finca de Saifresc justifica que los cultivos no presenten plantas virosadas.

Como activos vectores de virus destacan *M. persicae* y *M. euphorbiae*. *M. persicae* es una especie polífaga capaz de transmitir más de 100 tipos de virus distintos a más de 400 plantas empleadas en horticultura (Quaglia *et al.*, 1993), al igual que *M. euphorbiae* (Delfino *et al.*, 2007).

En este trabajo hemos comparado diferentes métodos de muestreo para poder establecer una gestión integrada de plagas de pulgones en col y lechuga. De los tres métodos de muestreo utilizados, el muestreo en campo es con el que hemos obtenido menos información. Este método lo utilizaríamos para identificar la presencia o ausencia de pulgones en campo. Mediante este sistema de muestreo no hemos podido identificar todas las especies de pulgones presentes en las plantas y hemos observado la evolución de la ocupación de las plantas por los pulgones, pero no el nivel de población de la plaga.

En el caso de las coles, debido a la propia estructura de las plantas, pensamos que el mejor método de muestreo para evaluar las poblaciones de pulgón es la aspiración al azar de las plantas. En el caso de las lechugas, elegiríamos como método de muestreo la recogida de las plantas al azar en toda la parcela de cultivo y posterior observación detallada de cada una de las plantas.

Quedan por determinar los umbrales de población a partir de los cuales tomar la decisión de aplicar un producto fitosanitario. En el caso de esta finca ecológica no fue necesaria la aplicación de ningún producto para el control del pulgón.

Para conocer cuáles son los parasitoides de los pulgones es necesario hacer un estudio taxonómico a partir de pulgones parasitados. A partir de las momias extraídas del cultivo de col lombarda, hemos comprobado que la principal especie de parasitoide del pulgón *B. brassicae* es *D. rapae*. Estos resultados concuerdan con los que han obtenido otros autores como Michelena *et al.* (2004), dónde se relacionan estas dos especies en el cultivo de la col.

Además de esta especie de parasitoide, hemos hallado un hiperparasitoide de *D. rapae*. En este caso nos encontramos a una especie de charipino perteneciente al género *Alloxysta*. De la misma manera que los parasitoides afectan a las poblaciones de pulgones, los charipinos afectan a la efectividad de los parasitoides primarios disminuyendo su abundancia y modificando su comportamiento. Como resultado, las poblaciones de pulgones pueden aumentar y ocasionar importantes pérdidas en cultivos (Ferrer-Suay, 2014). La especie identificada ha sido *A. consobrina*.

Por lo tanto, en la parcela de SAIFRESC, hemos podido establecer una relación tritrófica entre la especie de pulgón *B. brassicae*, el parasitoide de esta especie, *D. rapae* y el hiperparasitoide *A. consobrina*. Una vez que la especie de pulgón creció, también lo hicieron los parasitoides, tanto los primarios como los secundarios. Se necesita seguir estudiando la relación tritrófica para conocer el papel de los parasitoides e hiperparasitoides en la evolución y daños de la plaga. De acuerdo con nuestros resultados, ha habido algunos momentos en los que el nivel de parasitismo fue elevado y podría haber contribuido al descenso del nivel de pulgones, por ejemplo en primavera en col lombarda en el centro de la parcela, cuando el nivel de pulgones fue hasta dos veces superior al nivel de parasitoides (Tabla 5). También destaca que si en esos momentos no hubiesen estado presentes los hiperparasitoides el nivel de parasitismo hubiese sido más elevado y quizá la población de pulgones hubiese disminuido. A la vista de los resultados de la tabla 5, el nivel de parasitismo en col rizada fue siempre muy bajo e inferior a la col lombarda.

Tabla 5. Relación entre pulgones y parasitoides primarios, en los cultivos de col lombarda y col rizada durante los momentos de máxima población de pulgones.

Fecha	Col lombarda		Col rizada	
	Centro	Borde	Centro	Borde
17/10/2016	0	1,71	137,00	0,88
31/10/2016	4,80	0,20	0,15	3,80
06/03/2017	2,00	0	3,25	1,00
21/03/2017	1,57	0,11	6,57	4,81
05/04/2017	0,19	0	5,22	41,71

6. CONCLUSIONES

1. La especie *Brevicoryne brassicae* ha sido la principal especie de áfido en los cultivos de coles. *Macrosiphum euphorbiae* fue la especie que más afectó a los cultivos de lechuga y *Myzus persicae* afectó tanto a los cultivos de col y lechuga, encontrándose principalmente al inicio del trabajo, en otoño e invierno. La población de pulgones se mantuvo baja en los meses centrales del trabajo, que se corresponden con el periodo invernal.
2. Entre todos los cultivos estudiados, los más infestados fueron: col lombarda, col rizada y lechuga romana.
3. La población mayoritaria de áfidos se ha compuesto por ninfas y pulgones ápteros adultos. La población de pulgones alados, que son los principales transmisores de virus fue muy baja, hecho reflejado en la poca presencia de plantas virosadas.
4. De los tres métodos de muestreo empleados, el muestreo visual en campo es el que menos información ha aportado.
5. Recomendaríamos el muestreo por aspiración en coles y recogida y observación de plantas al azar en lechugas para determinar el nivel poblacional y tomar decisiones de control.
6. El parasitoide principal de la especie *B. brassicae* es *D. rapae*.
7. Se ha encontrado una relación tritrófica entre la especie de pulgón *B. brassicae*, el parasitoide de esta especie, *D. rapae* y el hiperparasitoide *A. consobrina*.
8. A pesar del gran número de parasitoides primarios encontrados, no hemos observado un control efectivo de las poblaciones de pulgones. Queda por determinar el papel de los hiperparasitoides en el control biológico natural de los pulgones, ya que en momentos puntuales y principalmente en primavera, el número de *A. consobrina* fue muy elevado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ANENTO, J. L., y J. SELFA. 1997.** Himenópteros Parasitica y control de plagas. Boletín de la Sociedad de Entomología Aplicada, 20: 151-160.
- BLACKMAN, R.L., EASTOP V.F. 2000.** Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide. Ed. Wiley. 476 pp.
- CEBALLOS, M., M. MARTÍNEZ, L. DUARTE, H. BAÑOS, A. SÁNCHEZ. 2009.** Asociación afídidos-parasitoides en cultivos hortícolas. Revista Protección Vegetal, 24 (3): 180–183.
- COLLAR, J. L., AVILLA, C., MARTÍN, B., DUQUE, M. FERERES, A. 1998.** La transmisión de virus no persistentes estudiada a través del comportamiento de prueba de los pulgones. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 24: 687-694.
- DELFINO M.A., MONELOS H.L., PERI P.L., BUFFA L.M. 2007.** Áfidos (Hemiptera, Aphididae) de interés económico en la provincia de Santa Cruz. RIA, 36 (1): 147-154.
- DJILANI KHOUADJA, F., ROUZÉ-JOUAN, J., GAUTHIER, JP. BOUHACHEM, S., MARRAKCHI, M., FAKHFAKH, H. 2004.** Transmission efficiency of Tunisian *Potato leaf-roll virus* isolates by Tunisian clones of the *Myzus persicae* complex (Hemiptera: Aphididae). Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 30: 47-55.
- FLOREZ SERRANO, J. 2009.** Agricultura ecológica. Ed. Mundi-prensa. Madrid. 395 pp.
- GARCÍA MARÍ, F., FERRAGUT PÉREZ, F. 2002.** Plagas agrícolas. Ed. PHYTOMA-España. Valencia. 399 pp.
- FERRER SUAY, M. 2014.** Charipinae Worldwide Revision with special attention to *Alloxysta* and *Phaenoglyphis* genera (Hym.: Cynipoidea: Figitidae). Universidad de Barcelona. 625.
- MAGRAMA, 2016. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente.** Agricultura Ecológica en España. Datos Estadísticos 2015. Visto el 23 de Junio de 2017. http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/la-agricultura-ecologica/estadisticaseco2015connipoymetadatos_tcm7-435957.pdf
- MAGRAMA, 2016.** Guía de Gestión Integrada de Plagas. Brassicas. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 176 pp.
- MAROTO, J.V. 1994.** Horticultura herbácea especial. Ed. Mundi-prensa. Madrid. 611 pp.
- MAROTO, J.V. 2008.** Elementos de horticultura general. Ed. Mundi-prensa. Madrid. 479 pp.
- MICHELENA, J. M., GONZÁLEZ, P. 1987.** Relaciones parasitoide-pulgón (*Hym. Aphidiidae; Hom. Aphididae*) en la provincia de Alicante. Boletín Asoc. esp. Entom., Vol 11: 249-258.
- MICHELENA, J. M., GONZÁLEZ, P., SOLER E. 2004.** Parasitoides afidiinos (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) de pulgones de cultivos agrícolas en la Comunidad Valenciana. Boletín de Sanidad Vegetal Plagas, 30: 317-326.

SECO, M. V., REMAUDIERE, G. 1989. Claves de pulgones alados de la región mediterránea. Ed. Universidad de León. León. 208 pp.

8. ANEXOS

ANEXO I: Tabla diseñada para la realización del muestreo visual en campo.

FECHA		CULTIVO:																			
		Sp. pulgón:			Hoja 1			Hoja 2			Hoja 3			Hoja 4			Centro				
		Ausencia	Pulgones aislados	N. de colonias	Ausencia	Pulgones aislados	N. de colonias	Ausencia	Pulgones aislados	N. de colonias	Ausencia	Pulgones aislados	N. de colonias	Ausencia	Pulgones aislados	N. de colonias	Ausencia	Pulgones aislados	N. de colonias	100%	
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					

ANEXO II: Fotografías de algunas de las tres especies de áfidos identificadas, del la principal especie de parasitoide y del principal hiperparasitoide.



Figura 1. Pulgón en estadio ninfal. Las antenas no poseen más de 5 artejos.



Figura 2. Pulgón adulto. Las antenas poseen más de 5 artejos, completamente desarrollado.



Figura 3. Pulgón con primordios alares. Dará lugar a un pulgón alado.



Figura 4. Pulgón adulto alado.

1.



2.



3.



Figura 5. Pulgones pertenecientes a la especie *M. persicae*. Los adultos alados presentan un dibujo de color negro, que ocupa el centro de la zona abdominal además de unos puntos o machas negras en las zonas laterales del abdomen (1). Las ninfas son de un color verde claro y tienen los ojos rojos. La cabeza forma un tubérculo convergente, del que por sus extremos nacen las antenas (2). Las antenas además presentan rinarias ordenadas en su tercer segmento (3).

1.



2.



3.

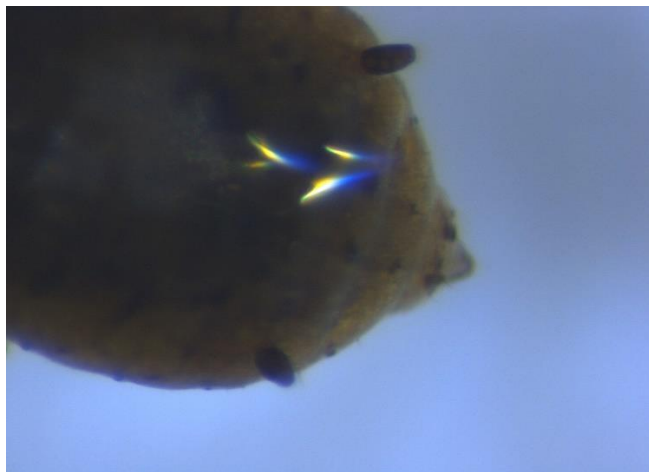


Figura 6. Pulgones de la especie *B. brassicae*. Los adultos alados poseen la cabeza, la parte final de las antenas y las patas son de un color más oscuro, generalmente llegan a tener un color negro. Se distinguen por la presencia muchas rinarias desordenadas en el tercer segmento de la antena. El dibujo del abdomen es similar a un conjunto de rayas paralelas (1). Los individuos ápteros son de color verde, cubiertos por una capa cerosa de color blanca-grisácea (2). Los sifones presentan una coloración negra, son muy cortos y gruesos, sobretodo en la mitad del órgano. La cauda es triangular y ancha (3).

1.



2.



3.



Figura 7. Pulgones de la especie *M. euphorbiae*. Los pulgones ápteros son de un color verde vivo, si bien al estar almacenados en alcohol, terminan por oscurecerse y presentan un color amarillo (1). Presentan antenas largas que se oscurecen gradualmente desde la base hasta la punta, no se aprecian rinarias al contrario que *B. brassicae* y *M. persicae* (2). Los sifones son alargados y finos con los extremos oscuros, la cauda es larga y redondeada en la punta (3).



Figura 8. *D. rapae*, parasitoide de pulgón, como *B. brassicae* y *M. persicae*. Insecto completo (superior) y detalle del ala (inferior).

1.



2.



3.

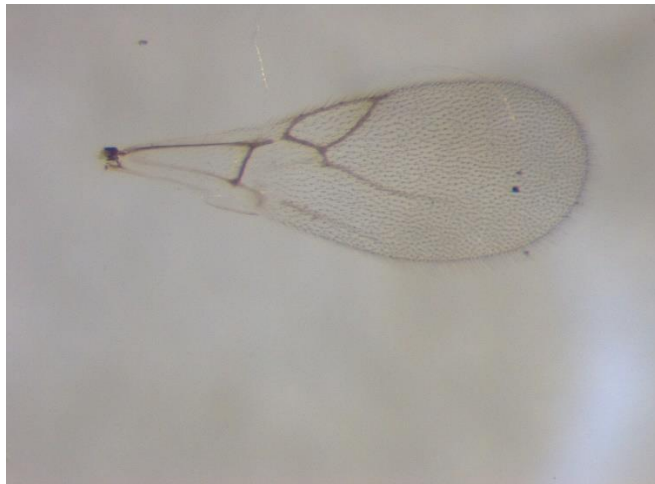


Figura 9. *A. consobrina* es un parasitoide secundario de pulgón. Insecto completo (1), detalle de la antena (2), detalle del ala (3).