

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA



***Estudio de la efectividad de los parasitoides
Diaeretiella rapae y Aphidius colemani sobre el
pulgón en pimiento, y su introducción en plantas
banker.***

Trabajo de final de máster

Curso 2018-2019

AUTOR: JULIO QUILIS SANDEMETRIO

TUTOR: RAFAEL LABORDA CENJOR

Julio 2019, Valencia

TÍTULO: “Estudio de la efectividad de los parasitoides *Diaeretiella rapae* y *Aphidius colemani* sobre el pulgón en pimiento, y su introducción en plantas banker”.

RESUMEN: El objetivo del proyecto es establecer una estrategia de lucha biológica contra el pulgón en pimiento bajo tunelillo mediante el uso de plantas banker. El ensayo se realizará en una finca de Alcácer de la empresa “Saifresc”, dedicada al cultivo de hortalizas ecológicas.

Así pues, se introducirán diversas especies vegetales en el cultivo de pimiento, que harán la función de plantas banker. Estas estarán infestadas con pulgones específicos de las mismas, es decir, que no afectan al cultivo de pimiento, parasitados por las especies *Diaeretiella rapae* y *Aphidius colemani*.

En paralelo al ensayo en campo, se realizarán ensayos de laboratorio para observar con mayor claridad el efecto de dichos parasitoides sobre los pulgones que atacan al pimiento.

PALABRAS CLAVE: “Control biológico”, “Planta banker”, “Pulgón”, “Parasitoide”, “*Diaeretiella rapae*”, “*Aphidius colemani*”, “Protección de cultivos”.

TUTOR: Rafael Laborda Cenjor

AUTOR: Julio Quilis Sandemetrío

FECHA Y LOCALIDAD: Julio 2019, Valencia

TÍTOL: “Estudi de l’efectivitat dels parasitoids *Diaeretiella rapae* i *Aphidius colemani* sobre els pugons en pimentó, i la seua introducció en plantes banker”.

RESUM: L’objectiu del projecte es establir una estratègia de lluita biològica contra els pugons en pimentó baix túnel mitjançant l’ús de plantes banker. L’assaig es realitzarà en una finca d’Alcàsser de l’empresa “Saifresc”, dedicada al cultiu d’hortalisses ecològiques.

D’aquesta manera, s’introduiran diverses espècies vegetals en el cultiu del pimentó, que faran la funció de plantes banker. Aquestes estaran infestades amb pugons específics d’elles mateixa, es a dir, que no afectaran al cultiu de pimentó, parasitats per les espècies *Diaeretiella rapae* y *Aphidius colemani*.

En paral·lel al assaig de camp, es realitzaran assajos de laboratori per a observar amb major claritat l’efecte d’aquests parasitoids sobre els pugons que ataquen al pimentó.

PARAULES CLAU: “Control biològic”, “Planta banker”, “Pugó”, “Parasitoid”, “*Diaeretiella rapae*”, “*Aphidius colemani*”, “Protecció de cultius”.

TUTOR: Rafael Laborda Cenjor

ESTUDIANT: Julio Quilis Sandemetrio

DATA I LOCALITAT: Juliol 2019, València

TITLE: “Study of the parasitoids *Diaeretiella rapae* and *Aphidius colemani* effectivity on pepper aphid, and their incorporation with banker plants”.

SUMMARY: The aim of this project is to establish a biological control strategy against aphids in pepper, using banker plants. The assay will take place in an organic farming company called “Saifresc” (Alcácer, Valencia)

In the assay, some vegetal species will be introduced in the pepper crop as banker plants. They will be plagued with specific aphids of that banker plants, this way they won't attack the pepper plants. Those aphids will be parasited by the species *Diaeretiella rapae* and *Aphidius colemani*.

At the same time, in the laboratory, some assays will be done in the laboratory to see clearer the effect of the parasitoids on the pepper aphids.

KEY WORDS: “Biological control”, “Banker plant”, “Aphid”, “Parasitoid”, “*Diaeretiella rapae*”, “*Aphidius colemani*”, “Crop protection”.

TUTOR: Rafael Laborda Cenjor

STUDENT: Julio Quilis Sandemetro

DATE AND LOCATION: July 2019, Valencia

ÍNDICE

1	JUSTIFICACIÓN	1
2	OBJETIVOS	2
2.1	<i>Objetivo general.....</i>	2
2.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	2
3	INTRODUCCIÓN.....	3
3.1	<i>El áfido de la col Brevicoryne brassicae.....</i>	4
3.1.1	<i>Morfología.....</i>	4
3.1.2	<i>Ciclo.....</i>	4
3.1.3	<i>Especificidad.....</i>	4
3.2	<i>El parasitoide del pulgón de la col, Diaeretiella rapae.....</i>	6
3.2.1	<i>Morfología.....</i>	6
3.2.2	<i>Especificidad.....</i>	6
3.3	<i>El parasitoide Aphidius colemani.....</i>	7
3.4	<i>Introducción de parasitoides en el campo de destino.....</i>	8
3.4.1	<i>Plantas banker.....</i>	8
3.4.2	<i>Ventajas de las plantas banker.....</i>	8
3.5	<i>Planteamiento del ensayo.....</i>	9
4	MATERIAL Y MÉTODOS.....	10
4.1	<i>Aptitud del parasitoide Diaeretiella rapae para el control de Myzus persicae.....</i>	10
4.2	<i>Comparativa en laboratorio de los parasitoides Diaeretiella rapae y Aphidius colemani.....</i>	11
4.3	<i>Introducción de parasitoides en tunelillos mediante plantas banker... </i>	12
4.3.1	<i>Elaboración de plantas banker.....</i>	12
4.3.2	<i>Efectividad en campo.....</i>	13
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
5.1	<i>Aptitud del parasitoide Diaeretiella rapae para el control de Myzus persicae.....</i>	16
5.2	<i>Comparativa en laboratorio del parasitoide Diaeretiella rapae y Aphidius colemani.....</i>	18
5.3	<i>Introducción de parasitoides en tunelillos mediante plantas banker... </i>	20
5.3.1	<i>Elaboración de plantas banker.....</i>	20
5.3.2	<i>Efectividad en campo.....</i>	22

6	CONCLUSIONES	30
7	BIBLIOGRAFÍA	31
8	ANEJOS	33
8.1	<i>Galería de imágenes</i>	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Plantas huéspedes de diferentes especies de áfidos. Elaboración propia a partir de Valencia (1976).....	5
Tabla 2. Diferentes parámetros relativos a la eficiencia de parasitismo de <i>Diaeretiella rapae</i> respecto a tres especies diferentes de pulgones. Elaboración propia a partir de Silva et al. (2011).....	6
Tabla 3. Tabla resumen de diferentes estudios con plantas banker para el control de áfidos. Elaboración propia a partir de Frank (2010).	8
Tabla 4. Presencia del parasitoide en la planta y especie de pulgón empleada en cada una de las tesis.....	10
Tabla 5. Especie de parasitoide y pulgón empleado en cada una de las tesis.	11
Tabla 6. Tesis estudiadas en el ensayo de campo.....	13
Tabla 7. Calendario de actuaciones en el ensayo de campo.	15
Tabla 8. Tabla resumen de los diferentes efectos de plantas acompañantes sobre <i>Myzus persicae</i> en pimiento. Elaboración propia a partir de Ben-issa y Gómez (2017).....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Nerviación del ala delantera de los individuos de <i>Diaeretiella rapae</i> . Imagen extraída del artículo de <i>Kavallieratos et al. (2013)</i>	6
Figura 2. Recipiente cerrado donde se realizó el experimento. Se puede observar la placa Petri con las 5 momias de pulgón de la col.....	11
Figura 3. Recipiente de cría de plantas banker, en este caso adelfa.	12
Figura 4. Esquema del ensayo de campo.	14
Figura 5. Evolución del número de pulgones por hoja de las cinco hojas inferiores de la planta. Las barras de error corresponden con los intervalos LSD a un nivel de confianza del 95%.....	16
Figura 6. Cantidad de pulgones por planta al finalizar el experimento. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.....	17
Figura 7. Altura de las plantas al finalizar el experimento. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.	17
Figura 8. Evolución del número medio de pulgones por hoja, de las cinco hojas inferiores de la planta. Las barras de error corresponden con los intervalos LSD a un nivel de confianza del 95%.	18
Figura 9. Cantidad de pulgones por planta al finalizar el experimento. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.....	19
Figura 10. Crecimiento en altura de las plantas de pimiento del ensayo. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.	19
Figura 11. Resultado del ensayo con diferentes parasitoides y testigo. La primera fila de la izquierda es la tesis testigo, la segunda fila la de <i>Diaeretiella rapae</i> y la tercera, la de <i>Aphidius colemani</i>	20

Figura 12. Promedio de pulgones por hoja en las plantas banker empleadas, justo el día antes de ser introducidas (adelfa y col) o a los pocos días de ser introducidas en el campo (trigo).....	21
Figura 13. Evolución del número de pulgones por hoja de pimiento a lo largo del ensayo. Las fechas entre paréntesis corresponden al día de introducción de los parasitoides, bien en forma de planta banker, o bien, en los testigos, en placas Petri, ya que fueron comprados. Las barras de error corresponden con los intervalos LSD a un nivel de confianza del 95%.	22
Figura 14. Promedio de áfidos por hoja de pimiento al abrir los tunelillos. La fecha entre paréntesis corresponde al día en el que se introdujeron las plantas banker. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.	23
Figura 15. Altura de las plantas al destapar el tunelillo. La fecha entre paréntesis corresponde al día en el que se introdujeron las plantas banker. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.	24
Figura 16. Altura de las plantas dos semanas después de destapar los tunelillos (13-05-2019).	25
Figura 17. Altura de las plantas, de las mismas filas de la figura 16, siete semanas después de destapar los tunelillos (18-06-2019).....	26
Figura 18. Peso de los frutos el día 20-07-2019. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.....	27
Figura 19. Efecto de <i>L. maritima</i> sobre el nivel de pulgón que afecta a las plantas de pimiento que se encuentran en el mismo lugar. En el apartado de anejos se, pueden observar más imágenes, en las que se repite este fenómeno. (De la figura 30 a la 39).	28
Figura 20. Cría de planta banker de col.	33
Figura 21. Hoja de planta banker de col. En la imagen se pueden apreciar los pulgones de <i>Brevicoryne brassicae</i> parasitados.	33
Figura 22. Planta banker de col semanas después de ser plantada. Se observa como ha conseguido arraigarse con éxito.	34
Figura 23. Cámara de cría de plantas banker de trigo.	34
Figura 24. Planta banker de adelfa lista para ser introducida en el campo.....	35
Figura 25. Semillero de <i>Lobularia maritima</i> el día de la plantación.....	35
Figura 26. Plantas de pimiento recién plantadas, junto a una planta de <i>Lobularia maritima</i> plantada también el mismo día.....	36
Figura 27. Vista general del cultivo recién plantado, antes de poner los tunelillos.	36
Figura 28. Vista general del cultivo el 13-05-2019, una semana después del rajado de los tunelillos.	37
Figura 29. Plantas de pimiento afectadas notablemente por el pulgón.	37
Figura 30. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (1).	38
Figura 31. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (2).	38
Figura 32. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (3).	39

Figura 33. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimienta cercanas (4).	39
Figura 34. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimienta cercanas (5).	40
Figura 35. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimienta cercanas (6).	40
Figura 36. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimienta cercanas (7).	41
Figura 37. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimienta cercanas (8).	41
Figura 38. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimienta cercanas (9).	42
Figura 39. Efecto de <i>Lobularia maritima</i> sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimienta cercanas (10).	42

1 JUSTIFICACIÓN

La lucha biológica es una de las técnicas más importantes para el control de plagas en la agricultura ecológica, más si cabe en aquellas que son atacadas por numerosos enemigos naturales, como es el caso de los áfidos. Este tipo de control se realiza de diferente forma dependiendo del sistema de cultivo.

Así pues, si se trata de cultivos al aire libre, el control biológico suele basarse, principalmente, en la conservación y aumento natural de las poblaciones de depredadores y parásitos. Para ello, es frecuente el uso de los márgenes de las parcelas para el mantenimiento de plantas adventicias y silvestres, que provisionan de néctar y presas alternativas a los enemigos naturales de forma constante.

Sin embargo, en entornos cerrados, como los invernaderos o tunelillos, esta estrategia se ve limitada por la barrera de entrada que suponen estas estructuras a los enemigos naturales, por lo que, en estos casos, se opta por la introducción artificial de depredadores y parásitos. Este aporte, se puede realizar de dos formas: incorporando directamente los dichos enemigos naturales (en forma de pupa, momia de pulgón, etc.) en recipientes, o bien a través de plantas banker.

Una planta banker, es un vegetal que se ha cultivado con el propósito de ser infestado por una plaga específica de dicha especie, a la que se le introducirán enemigos naturales, que posteriormente, al introducirse en el campo, irán pasando progresivamente al cultivo y por lo tanto, controlando la plaga en cuestión. La principal ventaja de las plantas banker, es que permite la anticipación de los fitófagos, ya que los parásitos y depredadores pueden subsistir en el campo hasta la aparición de éstos en el cultivo. Esta anticipación es fundamental en el control biológico, ya que, a diferencia del control químico, en la lucha biológica el número de individuos plaga influye en la efectividad del control.

Así pues, una planta banker puede ser elaborada usando unas u otras especies de vegetales, de plagas y de enemigos naturales. En este caso, el agente de control de fitófagos que se va a utilizar en las plantas banker van a ser los parasitoides. En concreto, se van a estudiar dos especies de parasitoides, una ampliamente utilizada, generalista y disponible comercialmente (*Aphidius colemani*); y otra, menos utilizada, a priori más específica y muy abundante de forma natural en la huerta de Valencia (*Diaeretiella rapae*).

De este modo, se comprobará la efectividad de plantas banker elaboradas a partir de estos parasitoides, especialmente las infestadas con *Diaeretiella rapae*. Esta última especie es de gran interés porque alcanza grandes poblaciones de forma natural y espontánea en cultivos de brasicáceas de la zona, suponiendo una fuente casi inagotable de parasitoides.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general.

Los objetivos generales del trabajo son, por una parte, conocer la aptitud del parasitoide *Diaeretiella rapae* para parasitar el pulgón generalista más común en pimiento *Myzus persicae*; y, por otra, estudiar la efectividad en campo de diferentes especies de plantas banker infestadas con distintas especies de pulgones y parasitoides.

2.2 Objetivos específicos.

Como se ha comentado en el punto anterior, el objetivo general es doble, por lo que los objetivos específicos están contenidos dentro de cada objetivo general de la siguiente forma:

- Objetivo general: Estudio de la aptitud del parasitoide *Diaeretiella rapae* para parasitar *Myzus persicae*:

Objetivos específicos:

- Conocer si el parasitoide *Diaeretiella rapae* parasita a *Myzus persicae*.
- Estudiar la eficacia de *Diaeretiella rapae* en comparación con *Aphidius colemani*.

- Objetivo general: Estudio en campo de la efectividad de diferentes plantas banker infestadas con distintas especies de pulgones y parasitoides:

Objetivos específicos:

- Estudiar la aptitud del parasitoide *Diaeretiella rapae* tanto para controlar *Myzus persicae* en condiciones de campo.
- Comprobar la viabilidad de poder elaborar plantas banker de brasicáceas con el parasitoide *Diaeretiella rapae*.
- Conocer qué conjunto de planta banker-pulgón-parasitoide es más eficaz en el control de áfidos en pimiento.
- Estudiar cómo afecta el momento de introducción de la planta banker al campo en el control de la plaga.
- Conocer si la planta de acompañamiento *Lobularia maritima*, tiene alguna influencia en el control de la plaga.

3 INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge de las observaciones recurrentes de diversos campos de coles en la finca de agricultura ecológica Saifresc situada en la huerta de Valencia, en concreto, Alcácer y Catarroja. Dichas observaciones mostraban que no era infrecuente encontrarse campos de brasicáceas, que, o bien ya habían sido recolectados, o bien se habían dejado por recolectar por excedente de producción; en los que se habían alcanzado poblaciones muy elevadas de pulgones parasitados de la col (*Brevicoryne brassicae*). Estos eran muy abundantes especialmente en las hojas exteriores de la planta, lo que permitía que, aunque la col estuviese recolectada, éstos aún siguiesen vivos en el resto de hojas de la misma.

Estos áfidos momificados, albergaban en su interior larvas de un parasitoide llamado *Diaeretiella rapae*, del cual se pensó que podría ser traspasado a otros cultivos, en concreto, a aquellos situados bajo tunelillo, como por ejemplo el pimiento, para que controlasen al pulgón de la planta de destino. Dicho traspase, podría realizarse, por ejemplo, recogiendo hojas de col, del primer campo y dejándolas en el segundo, bajo el tunelillo.

Sin embargo, para que este planteamiento surtiera efecto se deberían dar una serie de condicionantes:

1. El pulgón de la col (*Brevicoryne brassicae*) debería ser específico de las brasicáceas, o al menos, no atacar a los cultivos de destino.
2. El parasitoide de dicho pulgón, al contrario que su presa, no debería ser específico del mismo, sino que debería tener la capacidad de parasitar al pulgón del cultivo de destino.
3. Además de la simple aptitud de *Diaeretiella rapae* para parasitar al pulgón de la col, éste debe ser igual de efectivo que los parasitoides ya utilizados en el control de pulgones en pimiento, como por ejemplo, *Aphidius colemani*.
4. El momento óptimo de introducción de parasitoides en el cultivo de destino debería coincidir con un buen nivel de pulgones parasitados en el campo de brasicáceas.
5. Las poblaciones del pulgón generalista *Myzus persicae* en las plantas de brasicáceas de las que se tomarían las hojas, debería ser muy baja, ya que este atacaría al cultivo de destino.
6. El nivel de hiperparasitismo no debería ser elevado, ya que entonces el efecto sería contraproducente.

Estos condicionantes se abordarán con detalle en los siguientes puntos de la introducción y servirán como punto de partida de la parte experimental.

3.1 El áfido de la col *Brevicoryne brassicae*.

3.1.1 Morfología.

Morfológicamente, son de color gris verdoso, estando recubiertos de una especie de cera. La frente es plana, aunque ligeramente en forma de “W”. Los sifones son cortos al igual que la cauda, que además es de forma triangular. La longitud de las antenas respecto del cuerpo difiere según si es un individuo áptero o alado. Mientras que en los individuos ápteros las antenas no alcanzan la mitad de la longitud del cuerpo, en los alados, la longitud es la misma que el cuerpo. (Hullé et al., 2006)

3.1.2 Ciclo.

En cuanto a su ciclo, el Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente (2016), en su guía de gestión integrada, explica que este pulgón pasa el invierno en forma de huevo en los restos de cosechas de brasicáceas o hierbas. En primavera, salen de sus huevos y al final de esta, aparecen individuos con alas que colonizan otras zonas. En verano se reproducen partenogenéticamente y, finalmente en otoño realizan las puestas para pasar el invierno. Las épocas del año en las que este pulgón es más abundante son en primavera y otoño, ya que se dan las condiciones de temperaturas templadas y humedad alta, que les son favorables.

3.1.3 Especificidad.

Brevicoryne brassicae es un pulgón muy específico de los vegetales de la familia de las brasicáceas tal como afirma Valencia (1976) en sus estudios.

En la tabla 1, elaborada a partir de los datos del autor, se observa como esta especie de áfido solo ha sido recogida en plantas de la familia de las brasicáceas por lo que a priori, no debería ser peligrosa para otras especies no pertenecientes a esta.

En este mismo artículo también destacan al parasitoide *Diaeretiella rapae* como un importante parasitoide de esta especie de áfido, lo que coincide con las observaciones personales en años anteriores realizadas en los campos de la huerta de Valencia.

De este modo, parece que, en teoría, el pulgón *Brevicoryne brassicae* no debería atacar los cultivos diana a los cuales traslademos las hojas de col infestadas con dichos individuos mayormente parasitados.

Sin embargo, esto se corroborará en el ensayo de campo que se expondrá en la parte experimental del trabajo.

3.2 El parasitoide del pulgón de la col, *Diaeretiella rapae*.

3.2.1 Morfología

Este parasitoide es un himenóptero de la familia Braconidae y subfamilia Aphidiinae muy común en los campos de col infestados con *Brevicoryne brassicae*.

A simple vista esta avispa se podría confundir con otros parasitoides, sin embargo, se puede distinguir claramente de otros afidiíinos por el dibujo de la nerviación de sus alas delanteras:

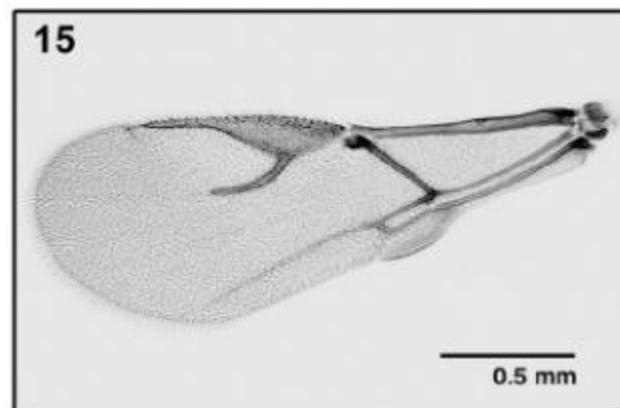


Figura 1. Nerviación del ala delantera de los individuos de *Diaeretiella rapae*. Imagen extraída del artículo de *Kavallieratos et al. (2013)*.

3.2.2 Especificidad.

En cuanto a su especificidad, los autores Silva et al. (2011) estudiaron diversos parámetros relativos al rendimiento de parasitismo de este afidiíno respecto a tres especies de pulgones, entre ellas: *Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae*, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2. Diferentes parámetros relativos a la eficiencia de parasitismo de *Diaeretiella rapae* respecto a tres especies diferentes de pulgones. Elaboración propia a partir de Silva et al. (2011).

Variables biológicas		Huéspedes	
		<i>Myzus persicae</i>	<i>Brevicoryne brassicae</i>
% Parasitismo		66,5 ± 5,37 a	48,2 ± 6,80 ab
Tiempo de desarrollo de larvas de parasitoide (días)	Huevo - momia	6,5 ± 0,10 b	7,2 ± 0,07 a
	Huevo - adulto (macho)	10,5 ± 0,11 bA	11,5 ± 0,19 aA
	Huevo - adulto (hembra)	10,6 ± 0,1 bA	11,5 ± 0,15 aA
Tamaño de la tibia del parasitoide (mm)		0,454 ± 0,004 a	0,327 ± 0,010 b

***Medias seguidas por las mismas letras en mayúscula y minúscula no difieren por el test de Turkey al 5% de probabilidad.**

En esta tabla se observa que el parásito *Diaeretiella rapae* no solo es capaz de parasitar a *Brevicoryne brassicae* sino que además también puede hacerlo a *Myzus persicae*, que es el pulgón más común en nuestra zona en el pimiento.

Además, se observa que el porcentaje de parasitismo es incluso mayor en los individuos de *Myzus persicae* que en los de *Brevicoryne brassicae*, por lo que parece que el traspaso de pulgones parasitados con este enemigo natural, a cultivos de pimiento bajo tunelillo, podría surtir efecto.

Los autores de este artículo sugieren que el motivo por el que este parásito tiene mejor rendimiento cuando parasita a *Myzus persicae* que cuando lo hace a *Brevicoryne brassicae* es la forma en la que cada pulgón metaboliza los compuestos tóxicos de las coles (glucosinolatos).

Los áfidos *Lipaphis erysimi* y *Brevicoryne brassicae* han desarrollado la capacidad de “secuestrar, acumular e hidrolizar” dichos compuestos tóxicos de forma que, aunque están presentes en su organismo, no les suponen un riesgo para su vida. Sin embargo, el áfido *Myzus persicae* se defiende de estos compuestos tolerando los efectos negativos y expulsándolos rápidamente en la melaza que excretan. De esta forma, al contrario que con los dos primeros, los individuos de *Myzus persicae* no almacenan en su interior los compuestos tóxicos.

Esta forma diferencial de tratar los glucosinolatos puede ser el causante del mayor porcentaje de parasitismo, menor tiempo de desarrollo de las larvas y un mayor tamaño de los adultos (medido por la longitud de la tibia de estos) cuando el huésped es *Myzus persicae* que cuando éste es *Brevicoryne brassicae*. Según los autores, este último factor también puede ser debido a que los individuos de *Myzus persicae* son más grandes, existiendo una correlación positiva entre el tamaño de las presas y el de los parasitoides.

3.3 El parasitoide *Aphidius colemani*.

El parasitoide *Aphidius colemani* es un himenóptero de la familia Braconidae y subfamilia Aphidiinae que resulta bastante eficiente en el control de áfidos. Se caracterizan por tener buena capacidad de búsqueda y capacidad de depositar centenares de huevos a lo largo de su vida, (Karacaoğlu et al., 2018). Además, es polífago por lo que es capaz de controlar diversas especies de pulgones.

Es por este motivo por el que se utiliza como enemigo natural de pulgones en cultivos como sandía, melón, pepino o pimiento, entre otros. Tal y como se puede observar en el artículo de Frank (2010), quien realiza una revisión bibliográfica de diferentes estudios sobre plantas banker:

Tabla 3. Tabla resumen de diferentes estudios con plantas banker para el control de áfidos. Elaboración propia a partir de Frank (2010).

Plaga objetivo	Enemigos naturales	Planta banker	Planta destino	Nº de estudios
<i>Aphis gossypii</i>	<i>Aphidius colemani</i>	Trigo, cebada, maíz, sorgo, etc.	Melón, sandía, pepino, pimiento, etc.	20
<i>Myzus persicae</i>	<i>Aphidius colemani</i>	Cebada y trigo	Pimiento, guisantes, margaritas, etc.	5

Así pues, debido a su extendido uso, se escogerá este parasitoide como referencia a la hora de comprobar la eficacia de *Diaeretiella rapae* ya que este debería de realizar el mismo papel que *Aphidius colemani* en las mismas condiciones.

3.4 Introducción de parasitoides en el campo de destino.

3.4.1 Plantas banker.

Una planta banker es un vegetal al cual se le infesta una plaga, generalmente específica de dicho vegetal, para posteriormente introducirle enemigos naturales de la misma, los cuales tendrán a su disposición gran cantidad de presas, favoreciéndose así su multiplicación. Finalmente, estas plantas se introducirán en invernaderos o tunelillos con el fin de que en el momento en el que la plaga del cultivo aparezca, dichos enemigos naturales presentes en la planta banker, pasen a alimentarse de los fitófagos del cultivo.

Autores como Frank (2010) nos ofrecen un ejemplo de la planta banker más utilizada:

“El sistema más común de planta banker consiste en plantas de cereal infestadas con *Rhopalosiphum padi* L. como un huésped del parasitoide *Aphidius colemani* L. *Aphidius colemani* se reproduce continuamente y emerge de la planta banker para eliminar los áfidos plaga como el *Aphis gossypii* Glover y el *Myzus persicae* Sulzer.”

En el caso de este trabajo el sistema de planta banker que se propondrá será, una planta de col como vegetal, el pulgón *Brevicoryne brassicae* y el parasitoide *Diaeretiella rapae*. Este sistema se comparará con otras asociaciones planta-plaga-parasitoide como la propuesta en el ejemplo (cereal - *Rhopalosiphum padi* (más *Sitobion avenae*) - *Aphidius colemani*) y además otra (adelfa – *Aphis nerii* – *Aphidius colemani*) por su gran adaptación a las condiciones naturales de Valencia.

3.4.2 Ventajas de las plantas banker.

Aunque este apartado parece que se desvía del guion expuesto al principio de la introducción con las cuestiones planteadas, no es así, puesto que el empleo de plantas banker puede ser una solución a los tres últimos aspectos que faltan por tratar. Este es un recordatorio de ellos:

4. El momento óptimo de introducción de parasitoides en el cultivo de destino debería coincidir con un buen nivel de pulgones parasitados en el campo de brasicáceas.
5. Las poblaciones del pulgón generalista *Myzus persicae* en las plantas de brasicáceas de las que se tomarían las hojas, debería ser muy baja, ya que este atacaría al cultivo de destino.
6. El nivel de hiperparasitismo no debería ser elevado, ya que entonces el efecto sería contraproducente.

Así pues, el cuarto punto es el problema que más claramente se resuelve, ya que la cría de *Diaeretiella rapae* en plantas banker permitiría tener disponibilidad casi segura de parasitoides en cualquier momento, sin estar a expensas del clima o los requerimientos comerciales del cultivo de la col.

Respecto al quinto punto, al criarse las plantas banker en cámaras cerradas, la incidencia en *Myzus persicae* puede ser más controlada.

Lo mismo sucede en el punto sexto, cuya entrada de hiperparasitoides puede ser mucho más reducida en cámaras de cría de plantas banker, que al aire libre.

3.5 Planteamiento del ensayo.

Con todo lo expuesto en los puntos anteriores, la hipótesis del trabajo es la posibilidad de elaborar plantas banker de col, con el pulgón *Brevicoryne brassicae* y su parasitoide espontáneo *Diaeretiella rapae* e introducir dichas plantas en un cultivo de pimiento bajo tunelillo, con el fin de observar si se reduce el ataque del pulgón *Myzus persicae*.

Para ello, tal y como se ha expuesto en los objetivos, se estudiará:

- Si el parasitoide *Diaeretiella rapae* es capaz de parasitar *Myzus persicae* tal y como se ha visto en la bibliografía.
- Si *Diaeretiella rapae* es capaz de desenvolverse igual que *Aphidius colemani* con *Myzus persicae* como presa.
- Si su introducción en campo en forma de planta banker de col es posible e igual de efectiva que la introducción de otras plantas banker.

4 MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Aptitud del parasitoide *Diaeretiella rapae* para el control de *Myzus persicae*.

En el ensayo de laboratorio se ha tratado de simular una situación de campo en el que el parasitoide *Diaeretiella rapae* tiene a su disposición pulgones *Myzus persicae* sobre plantas de pimiento. Como se ha explicado anteriormente, el fin es observar si este parasitoide es capaz de parasitar al pulgón más común del pimiento.

Para ello se ha reproducido el pulgón *Brevicoryne brassicae* en plantas de col en invernadero, y se han recogido hojas con pulgones parasitados al cabo de unos días. De dichas hojas se han separado 20 pulgones momificados, que se han distribuido en cuatro placas Petri (5 momias en cada una). El resto de la hoja, con más pulgones parasitados, se ha introducido en un evolucionario para confirmar que el parásito que se introducía era *Diaeretiella rapae*.

En paralelo, se inocularon plántulas de pimiento con el pulgón *Myzus persicae* y se cerraron para impedir la entrada o salida de insectos. Al cabo de unos días se extrajeron y se seleccionaron ocho plantas, en las cuales se añadieron o quitaron pulgones, hasta dejar 10 individuos de *Myzus persicae* por planta.

Posteriormente, se trasplantaron las plantas de pimientos en vasos grandes de plástico, con una obertura en la parte superior cubierta con una malla antitrip, con el fin de mantener cerrado el recipiente de la planta. Después, se introdujo una placa Petri, con los 5 pulgones parasitados de la col, en 4 de las 8 plantas trasplantadas, dejando las 4 restantes como control.

Durante los días siguientes se comprobó que las cámaras permanecían precintadas y que los parasitoides emergían de los pulgones momificados.

También se realizaron conteos semanales, inspeccionando, sin abrir el recipiente, el envés de las 5 hojas inferiores de la planta.

Finalmente, al cabo de un mes se abrieron las cámaras y se contaron el número total de pulgones, tanto vivos como parasitados, que habían en cada planta, así como la altura de estas.

Tabla 4. Presencia del parasitoide en la planta y especie de pulgón empleada en cada una de las tesis.

Planta	Pulgón	Parasitoide	Nº repeticiones
Pimiento	<i>Myzus persicae</i>	-	4
Pimiento	<i>Myzus persicae</i>	<i>Diaeretiella rapae</i>	4



Figura 2. Recipiente cerrado donde se realizó el experimento. Se puede observar la placa Petri con las 5 momias de pulgón de la col.

4.2 Comparativa en laboratorio de los parasitoides *Diaeretiella rapae* y *Aphidius colemani*.

Para conocer si el parasitoide *Diaeretiella rapae*, no solo era apto para parasitar a *Myzus persicae*, sino que también era lo suficiente eficaz como para ser utilizado del mismo modo que *Aphidius colemani*, se repitió el ensayo expuesto en el punto anterior, pero añadiendo otra tesis más con este último parásito.

Así pues, el procedimiento fue exactamente igual que en el caso anterior. Los *Aphidius colemani* provenían de momias de pulgones parasitados que fueron comprados a una empresa dedicada a la cría de enemigos naturales; y fueron puestos también en placas Petri dentro de las cámaras, a razón de 5 por planta.

El método de muestreo también fue el mismo, con un muestreo semanal del número de pulgones de las 5 hojas inferiores de la planta y uno final de toda la planta. La única diferencia en el método de muestreo fue que la altura no solo se midió al final del ensayo, sino que también se evaluó semanalmente. La duración del experimento fue la misma, un mes.

Tabla 5. Especie de parasitoide y pulgón empleado en cada una de las tesis.

Planta	Pulgón	Parasitoide	Nº repeticiones
Pimiento	<i>Myzus persicae</i>	-	4
Pimiento	<i>Myzus persicae</i>	<i>Diaeretiella rapae</i>	4
Pimiento	<i>Myzus persicae</i>	<i>Aphidius colemani</i>	4

4.3 Introducción de parasitoides en tunelillos mediante plantas banker.

4.3.1 Elaboración de plantas banker.

En cuanto al procedimiento de elaboración de planta banker, para utilizarlas en el ensayo de campo. Se han utilizado plantas jóvenes de adelfa, trigo y col, a las cuales se han inoculado distintas especies de pulgones: *Aphis nerii*, *Sitobion avenae* + *Rhopalosiphum padi* y *Brevicoryne brassicae*, respectivamente.

Posteriormente se encerraron en cámaras y se dejó que el pulgón se reprodujera con el menor número posible de enemigos naturales.

Cuando el nivel de población de áfidos fue elevado en las plantas de adelfa y trigo, se inoculó el parasitoide *Aphidius colemani*, a razón de 4 individuos por planta y se mantuvo la cámara cerrada durante dos semanas.

En el momento en el que el nivel de parasitismo alcanzó poblaciones significativas en las plantas banker, estas se introdujeron en los tunelillos de pimiento en el campo.

Por otra parte, las plantas de col fueron parasitadas espontáneamente por el parasitoide *Diarietiella rapae*, llegándose a alcanzar grandes cantidades tanto de pulgón como de momias parasitadas. En esta planta no se introdujeron *Aphidius colemani*, sino que se trasplantó directamente en el campo con el parasitoide espontáneo.



Figura 3. Recipiente de cría de plantas banker, en este caso adelfa.

Se realizaron diversos muestreos con el fin de saber en qué nivel de parasitismo se estaban introduciendo las plantas banker en el campo, para tener datos cuantitativos

de los mismos, y no solo estimativos. Por otra parte, en las plantas banker de col, el conteo se realizó, además, para asegurarse que el nivel de *Myzus persicae* era muy bajo, ya que, como se ha explicado en la introducción, este áfido es plaga del cultivo al que se van a introducir las plantas banker. Así pues, los muestreos se realizaron de la siguiente forma:

- Trigo: Se contaron los pulgones tanto de *Sitobion avenae* como de *Rhopalosiphum padi* en sus formas aladas y ápteras, así como aquellos que estaban parasitados, de una hoja al azar por planta. El muestreo se realizó pocos días después de introducirlos en campo.
- Adelfa: Se contabilizó el número de individuos ápteros, alados y parasitados de *Aphis nerii* de una de las tres o cuatro hojas más jóvenes de cada planta. El muestreo se realizó justo antes de su introducción en el tunelillo.
- Col: Se contabilizó el número de individuos ápteros, alados y parasitados de *Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae* de una hoja al azar por planta. El muestreo se realizó, justo antes de introducir las plantas en el campo.

4.3.2 Efectividad en campo.

El ensayo se llevó a cabo en una parcela ecológica de la localidad de Alcácer durante los meses de marzo, abril, mayo y junio. El cultivo de estudio fue el pimiento italiano y cuatro cantos bajo tunelillo, trasplantado el día 27/02/2019.

Las filas de pimiento fueron de 60 m de largo. Se colocó 1 planta banker cada 8 m, resultando en 8 plantas por fila, las cuales, realizando 3 repeticiones, resultaron en un total de 24 plantas banker de cada especie.

Tabla 6. Tesis estudiadas en el ensayo de campo.

Planta banker	Pulgón	Parasitoide	Fecha de introducción en campo
Col	<i>Brevicoryne brassicae</i>	<i>Diaeretiella rapae</i>	23/03/2019
Trigo	<i>Rhopalosiphum padi</i> y <i>Sitobion avenae</i>	<i>Aphidius colemani</i>	30/03/2019
Adelfa	<i>Aphis nerii</i>	<i>Aphidius colemani</i>	13/04/2019
Testigo con <i>Lobularia maritima</i>	-	<i>Aphidius colemani</i> (60 momias por fila)*	17/04/2019
Testigo sin <i>Lobularia maritima</i>	-	<i>Aphidius colemani</i> (60 momias por fila)*	17/04/2019

***60 momias por fila era la dosis recomendada por la casa comercial (1 indiv. / m²).**

Ensayo de campo

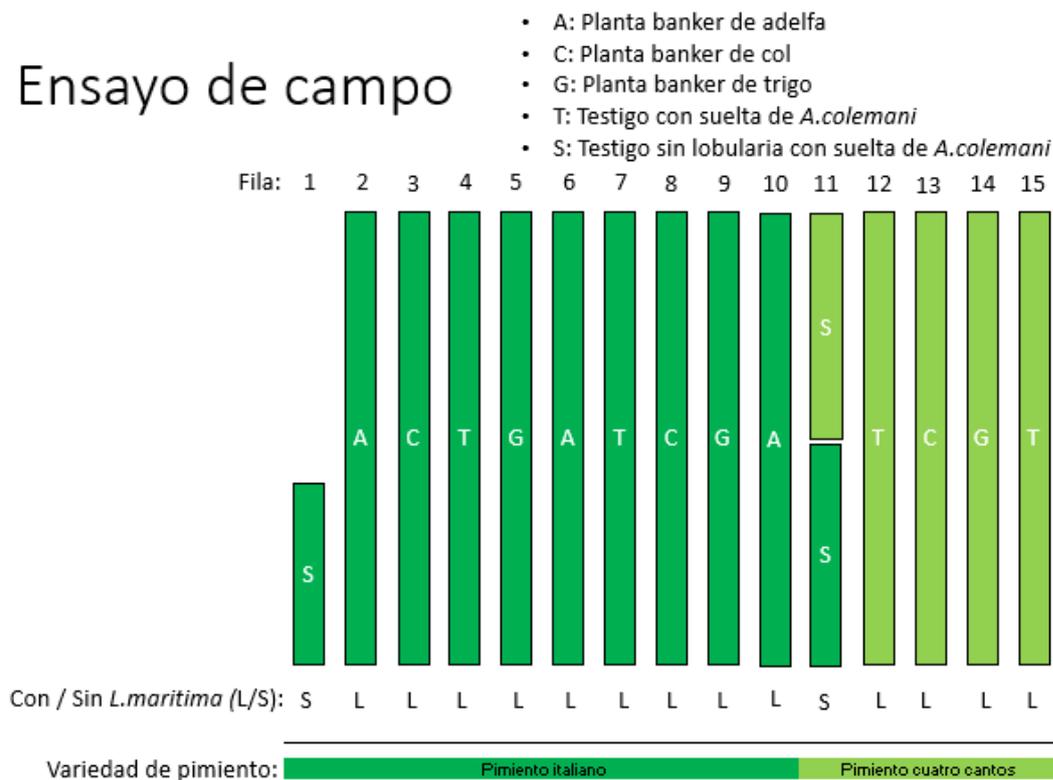


Figura 4. Esquema del ensayo de campo.

Los conteos se realizaron semanalmente, recogiendo 10 hojas al azar de cada fila. La cuantificación de los áfidos fue individual, es decir, se observaron y contaron todos los pulgones que había en cada hoja, los alados y los parasitados.

Una vez se destapó el túnel, se dejó de medir la cantidad de pulgones y parasitoides porque, con la entrada de enemigos naturales externos, el efecto de una u otra planta banker se difuminaba.

A los pocos días de abrir los tunelillos se midió la altura de 10 plantas al azar de cada fila de pimiento italiano. Además, se recogieron algunas hojas, con pulgones parasitados, de las diferentes filas de pimiento con el fin de recuperar los parásitos que previamente se habían introducido en los tunelillos con las plantas banker. Finalmente, se recogieron 10 pimientos de cada fila de la variedad italiano y se pesaron, con el fin de saber el calibre de estos.

A continuación, se muestra un calendario de todas las actuaciones que se han llevado a cabo en el ensayo de campo, desde las labores agrícolas hasta los muestreos e introducción de plantas banker.

Tabla 7. Calendario de actuaciones en el ensayo de campo.

Leyenda: **Tras** Trasplante **Raj** Rajado de túneles **Col** Banker de col **Trig** Banker de trigo **Ade** Banker de adelfa **Test** Testigos (con y sin lobularia)

Nº Orden del muestreo de hojas **Alt** Muestreo de la altura

FEBRERO																												
	ma	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju
Acciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Labores agrícolas																												Tras
Introducción de parasitoides																												
Muestreos																												

MARZO																															
	ma	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do
Acciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Labores agrícolas																															
Introducción de parasitoides																								Col							Trig
Muestreos																								1º							

ABRIL																															
	ma	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	
Acciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Labores agrícolas																															Raj
Introducción de parasitoides														Ade				Test													
Muestreos																2º										3º					

MAYO																															
	ma	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi	sá	do	lu	ma	mi	ju	vi
Acciones	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Labores agrícolas																															
Introducción de parasitoides																															
Muestreos				Alt																											

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Aptitud del parasitoide *Diaeretiella rapae* para el control de *Myzus persicae*.

El resultado de realizar los conteos semanales de las 5 hojas inferiores de cada una de las plántulas fue el siguiente:

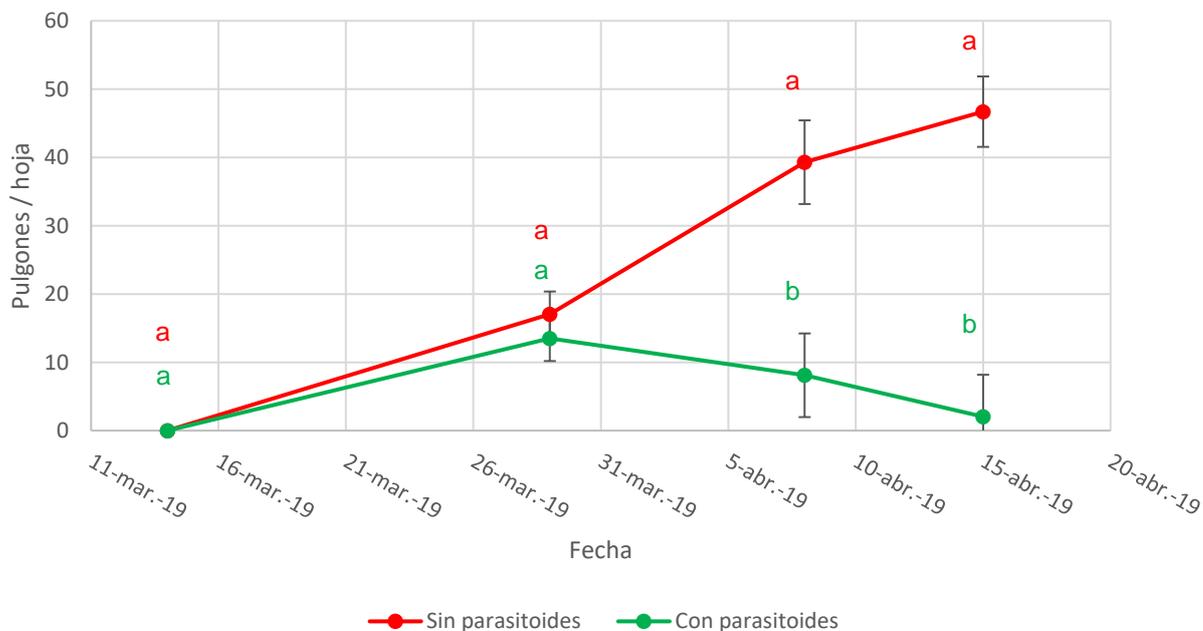


Figura 5. Evolución del número de pulgones por hoja de las cinco hojas inferiores de la planta. Las barras de error corresponden con los intervalos LSD a un nivel de confianza del 95%.

En el gráfico se observa una tendencia diferente en las plantas a las que se les introdujo el parasitoide *Diaeretiella rapae* y a las que no. Así pues, en las plantas testigo, la población de áfidos no dejó de crecer desde el primer día, multiplicándose casi por cinco, en un mes. Sin embargo, en las plantas a las que se les habían introducido los parasitoides, aunque inicialmente la población de áfidos subió, la tendencia cambió a la baja a partir del segundo muestreo.

Este incremento inicial de la población de áfidos se debió a que el parasitoide fue introducido en forma de pulgón parasitado, no emergiendo el adulto hasta tres o cuatro días después. Además, el tiempo que pasa desde que el parasitoide introduce sus huevos en el pulgón hasta que este se momifica es de alrededor de ocho días. De esta forma, estos dos factores permiten que algunos pulgones se reproduzcan durante un tiempo habiendo introducido parasitoides.

Para corroborar más firmemente la efectividad de *Diaeretiella rapae* sobre *Myzus persicae* se realizó un conteo final de toda la planta el día en el que se abrieron los recipientes, que fue un mes después del inicio del ensayo.

El resultado de dicho recuento fue el siguiente:

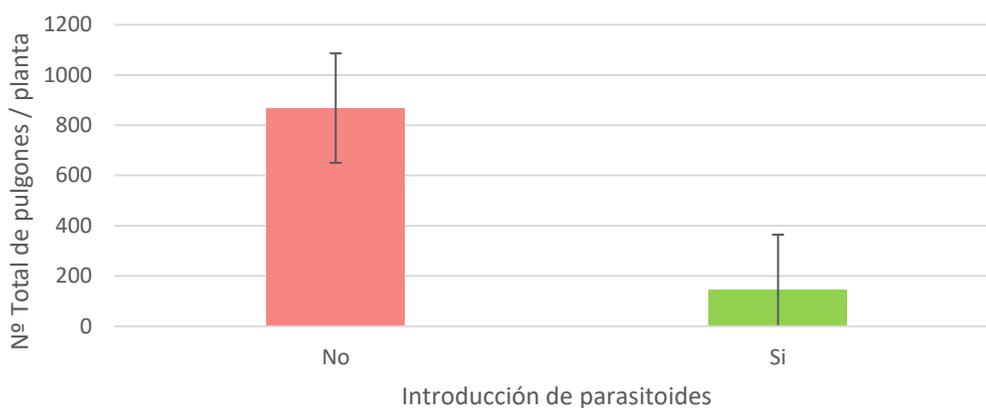


Figura 6. Cantidad de pulgones por planta al finalizar el experimento. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.

Se observa que las plantas a las que no se les introdujeron momias de pulgón parasitado tuvieron una cantidad significativamente mayor de pulgones que a las que si se les incorporaron parasitoides.

En cuanto a su altura, las diferencias no llegaron a ser significativas, aunque sí se observa una media superior en las que se introdujeron los parasitoides, coincidiendo así con la menor cantidad de pulgón. Esta falta de significancia puede ser a causa del poco crecimiento que experimentaron las plantas debido al entorno casi cerrado en el que se encontraban, en el cual la evapotranspiración era bastante baja, y a que se cultivaron con turba sin aplicar ningún fertilizante.

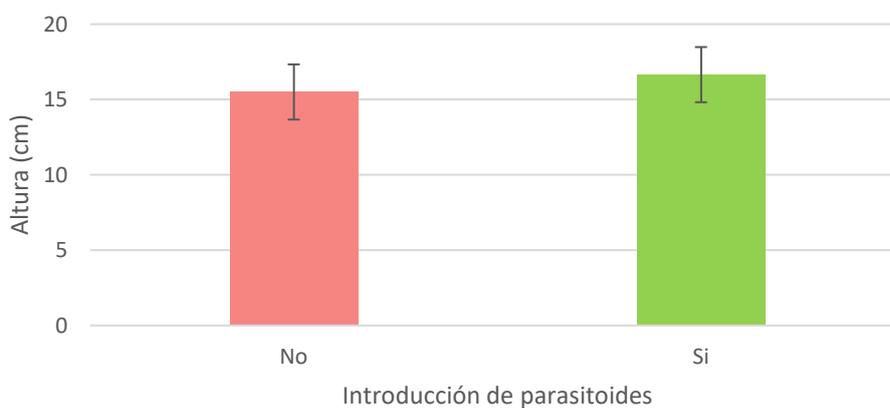


Figura 7. Altura de las plantas al finalizar el experimento. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.

Así pues, atendiendo a las diferencias significativas en la cantidad de pulgón en ambas tesis, se puede concluir que el parasitoide *Diaerietrella rapae* es apto, no solo para parasitar *Brevicoryne brassicae*, sino también *Myzus persicae*, que es el pulgón más común en pimiento, en la zona de Valencia.

5.2 Comparativa en laboratorio del parasitoide *Diaeretiella rapae* y *Aphidius colemani*.

La evolución del número de pulgones por hoja del en función del parasitoide introducido fue la siguiente:

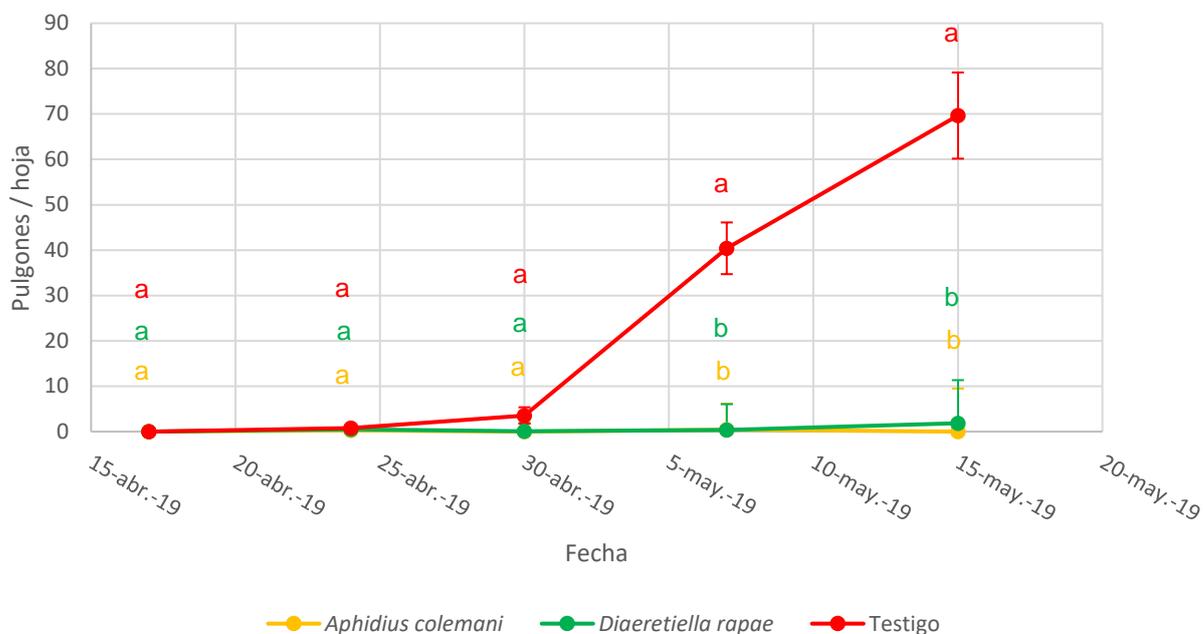


Figura 8. Evolución del número medio de pulgones por hoja, de las cinco hojas inferiores de la planta. Las barras de error corresponden con los intervalos LSD a un nivel de confianza del 95%.

Se observa que en las plantas testigo, el número de pulgones fue muy elevado en comparación, tanto con las plantas con el parasitoide *Diaeretiella rapae* como en aquellas con *Aphidius colemani*. Este nivel se incrementó notablemente a partir de los 15 días, tal y como sucedió en el ensayo anterior, debido a que el incremento de población es exponencial.

En cuanto a las diferencias entre las dos especies de parasitoides, no se observaron diferencias significativas entre las poblaciones, siendo el nivel de pulgón muy bajo durante todo el ensayo, y consiguiendo controlar la plaga en la primera fase, antes del gran incremento de esta.

Cuando se abrieron los recipientes, al final del ensayo, se contaron todos los pulgones de la planta entera, siendo este el resultado:

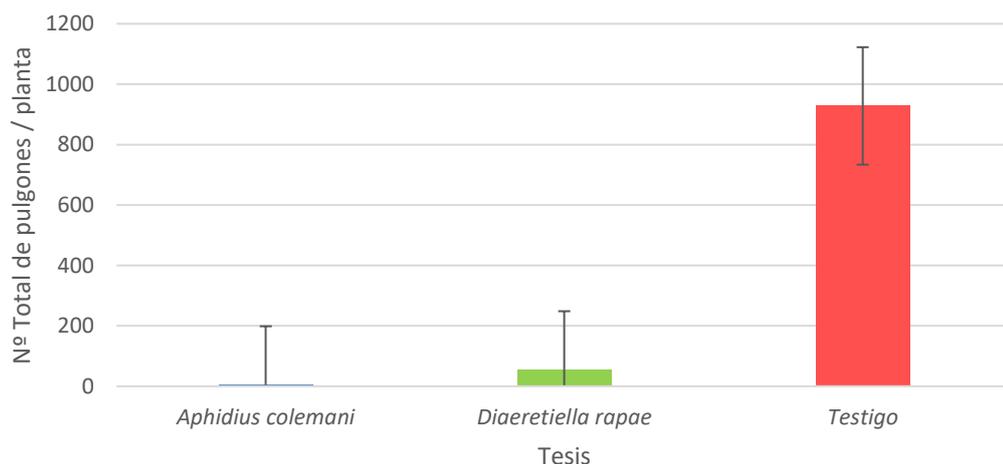


Figura 9. Cantidad de pulgones por planta al finalizar el experimento. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.

En el gráfico se confirma que, en el testigo, el número total de pulgones era mucho mayor que en las tesis con parasitoides. El número de pulgones que se alcanzaron en la planta después de un mes, fue prácticamente el mismo que en el ensayo anterior, en torno a 900 áfidos por planta.

En cuanto a las plantas en las que se introdujeron los parasitoides, no se encontraron diferencias significativas entre ambas especies.

Por otra parte, la altura de las plantas fue evolucionando de la siguiente forma durante el ensayo:

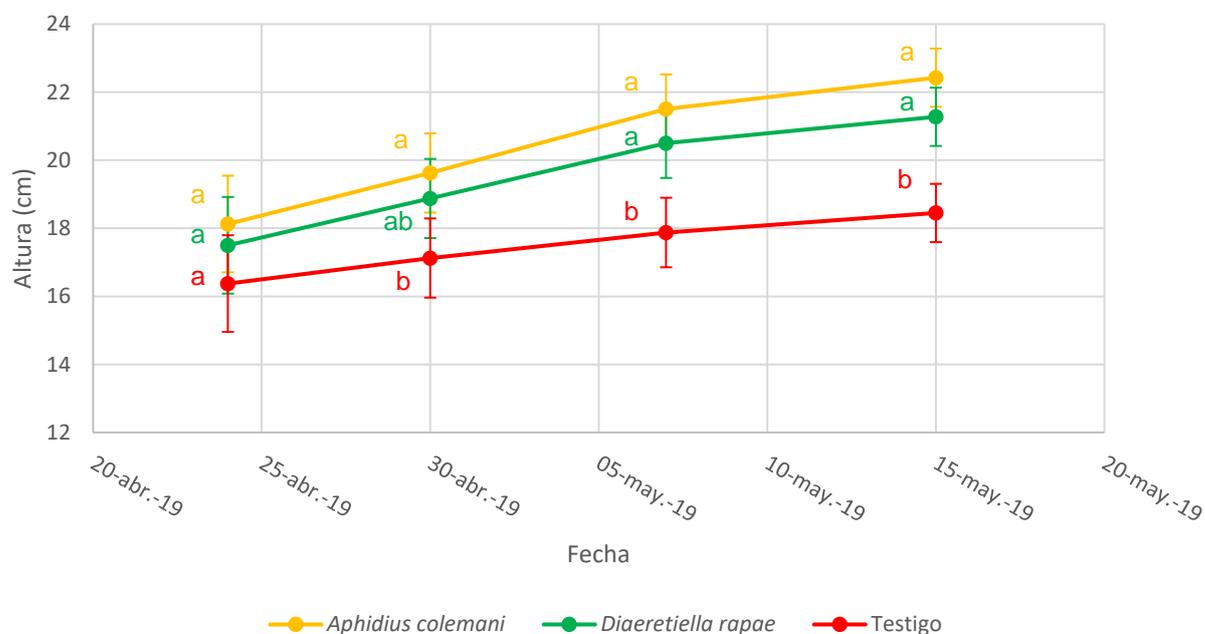


Figura 10. Crecimiento en altura de las plantas de pimienta del ensayo. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.

En este caso si hubo diferencias significativas respecto a la altura de las plantas al final del ensayo, entre el testigo y las tesis con parasitoides, las cuales no fueron estadísticamente distintas entre ellas.



Figura 11. Resultado del ensayo con diferentes parasitoides y testigo. La primera fila de la izquierda es la tesis testigo, la segunda fila la de *Diaeretiella rapae* y la tercera, la de *Aphidius colemani*.

5.3 Introducción de parasitoides en tunelillos mediante plantas banker.

5.3.1 Elaboración de plantas banker.

La cantidad de parasitoides que se introducen en el campo es un factor importante a la hora de realizar el control sobre la plaga. Sin embargo, este valor no es siempre fácil de determinar ya que resulta muy costoso contar todos y cada uno de los pulgones presentes en las plantas banker. Así pues, se podría plantear el muestreo de hojas y extrapolar la cantidad al resto de la planta, pero esto también resulta arriesgado por la agregación de los áfidos en determinadas partes de los vegetales, así como por la variabilidad de tamaño entre las plantas de la misma especie.

Es por estos motivos por lo que no se ofrece una cifra sobre cuantos áfidos se han introducido por fila. Sin embargo, si se van a dar los datos por unidad de muestreo (por hoja), para así, al menos, tener una referencia de parásitos por hoja, del porcentaje de parasitismo, la cantidad de presas aún disponibles en la planta banker y, en el caso de la col, el porcentaje de áfidos que son *Myzus persicae*.

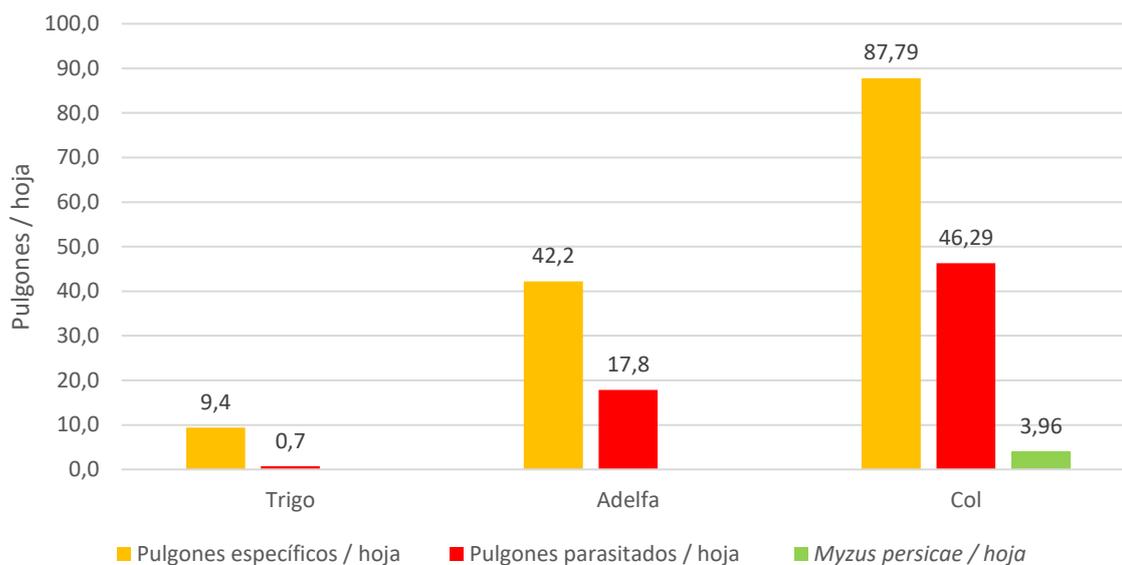


Figura 12. Promedio de pulgones por hoja en las plantas banker empleadas, justo el día antes de ser introducidas (adelfa y col) o a los pocos días de ser introducidas en el campo (trigo).

En el gráfico se observa que la planta banker de trigo era la que menos áfidos tanto parasitados como vivos tenía por hoja. Esto se debe a que las hojas de este vegetal son las de menor superficie y por lo tanto no pueden albergar el mismo número de pulgones que una planta de adelfa o de col.

Sin embargo, si se considerase el número de áfidos por planta banker, la cantidad se acercaría a las de adelfa, ya que una planta banker de trigo está compuesta por aproximadamente una decena de plantas, cada una con tres o cuatro hojas todas ellas con una cantidad homogénea de áfidos. En cambio, las plantas banker de adelfa están compuestas por una planta banker de adelfa con uno o dos brotes jóvenes en cuyas tres o cuatro primeras hojas se acumulan los pulgones, dejando el resto de la planta vacía.

Por otra parte, la planta banker de col pareció ser la que más pulgones parasitados albergó ya que la distribución de los pulgones parasitados era más o menos homogénea en las hojas adultas, y cada planta tenía un promedio de 3 o 4 de estas hojas.

Aparte de la cantidad de pulgones parasitados introducidos, también se valoró que en el banker de col, la cantidad de pulgones de la especie *Myzus persicae* no fuese demasiado elevada, ya que este podría pasarse al cultivo de destino, el pimiento. Además, en el caso de la col, como se hacía hincapié en el estudio del parasitoide *Diaeretiella rapae*, se dejaron evolucionar 40 momias de pulgón parasitado, obteniéndose que el 100% de ellas estaban parasitadas por esta especie, y por lo tanto los individuos que se introducirían en el campo correspondían al parásito principal del pulgón de la col.

Finalmente, otro de los objetivos del muestreo era evaluar la cantidad de presas que quedaban disponibles a los parasitoides para soportar un período de ausencia de plaga. Así pues, aunque las plantas banker aún disponían de presas suficientes para un tiempo, esta consideración no fue un factor determinante a la hora de decidir el momento de introducción de la planta banker en el campo, ya que la plaga en el cultivo apareció desde los primeros instantes, habiendo siempre disponibilidad de presas para los parasitoides.

5.3.2 Efectividad en campo.

5.3.2.1 Cantidad de pulgones.

La evolución de la media del número de pulgones por hoja de pimiento para las diferentes tesis fue la siguiente:

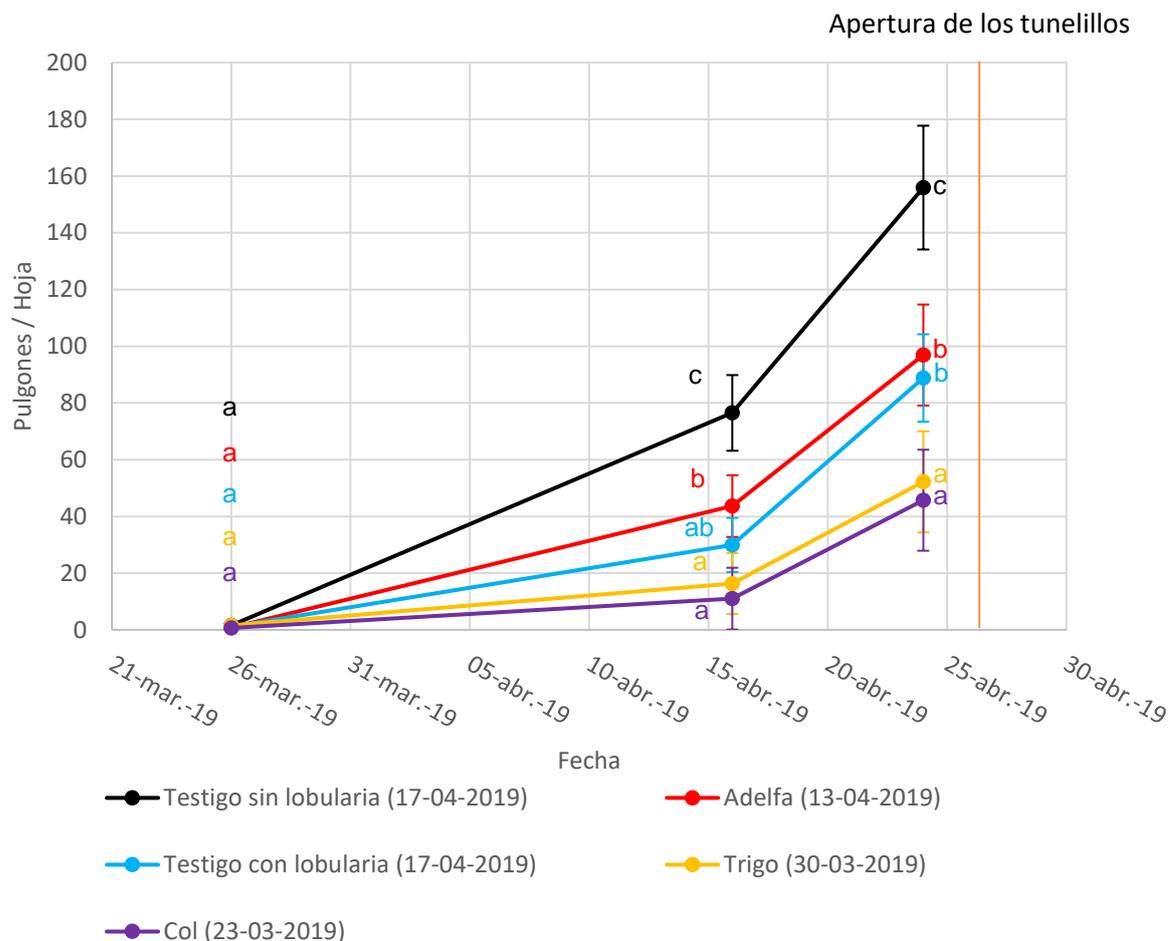


Figura 13. Evolución del número de pulgones por hoja de pimiento a lo largo del ensayo. Las fechas entre paréntesis corresponden al día de introducción de los parasitoides, bien en forma de planta banker, o bien, en los testigos, en placas Petri, ya que fueron comprados. Las barras de error corresponden con los intervalos LSD a un nivel de confianza del 95%.

Como se observa en el gráfico, en la primera medición, que es la que se realizó antes de introducir ningún parasitoide, se parte de unos niveles estadísticamente iguales para todas las tesis. Esto significa que los diferentes niveles de pulgón que se desarrollaron en cada tesis no dependen de la población inicial de áfidos, si no de las acciones realizadas posteriormente sobre el cultivo.

En la segunda medición realizada, se empiezan a apreciar diferencias significativas entre algunas tesis, especialmente en las filas de “Testigo sin *L. maritima*”.

Finalmente, en la última medición se observa el crecimiento exponencial de la población de áfidos, y se vislumbran tres grupos:

- Grupo de las plantas banker de col y trigo: el nivel de afección es menor que el resto, y coincide con ser las tesis en las que se introdujeron las plantas banker más pronto.
- Grupo de la planta banker de adelfa y testigo con *L. maritima*: el número de pulgones por hoja fue estadísticamente superior que en el grupo anterior. En este, se encuentran una tesis en la que se introdujo una planta banker (adelfa), con otra en la que la introducción de parasitoides fue de forma clásica, es decir, depositando en placas Petri, momias de pulgón parasitado comprados a una empresa dedicada a la venta de enemigos naturales. Sin embargo, el grupo, se puede decir que coincide la fecha de introducción de los parasitoides, ya que la diferencia entre ellas fue de apenas 4 días. Esto, hace pensar que el efecto podría estar más relacionado con la fecha de introducción, que con si ésta se hace mediante planta banker o de la forma convencional.
- Grupo del testigo sin *L. maritima*: esta es la tesis con el nivel de pulgón más elevado. La explicación puede deberse a que, aunque los parasitoides se introdujeron en la misma fecha y dosis que en el testigo con *L. maritima*, la ausencia de esta favoreció el desarrollo de la plaga, bien por la falta de alimento de los parasitoides o por otros efectos aún por estudiar como el enmascaramiento olfativo, etc.

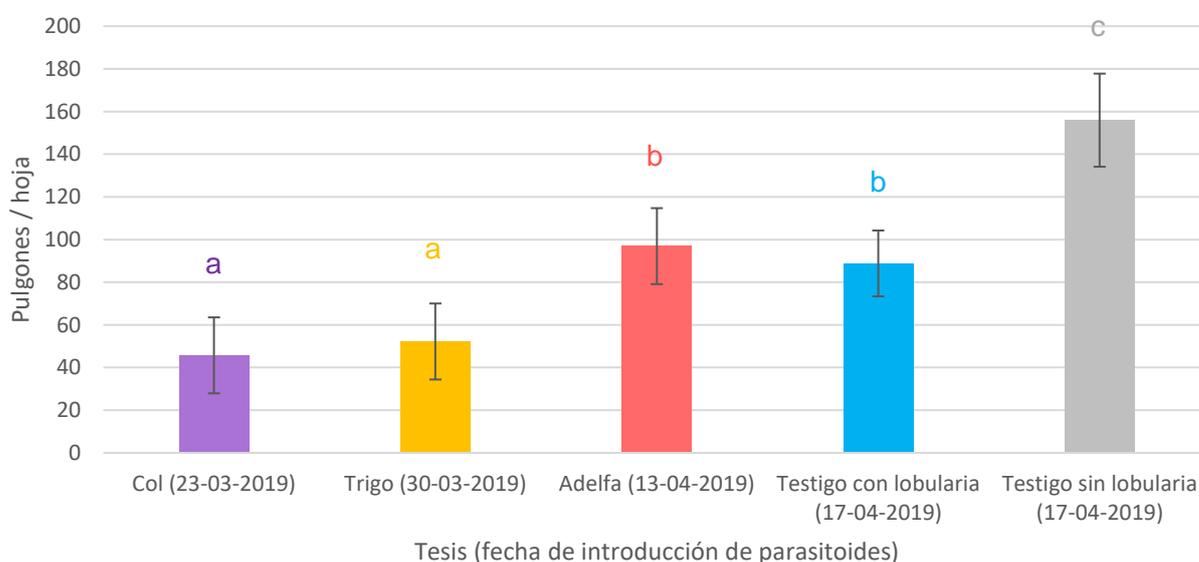


Figura 14. Promedio de áfidos por hoja de pimiento al abrir los tunelillos. La fecha entre paréntesis corresponde al día en el que se introdujeron las plantas banker. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.

Como se observa en este gráfico, si ordenamos las tesis según la fecha de introducción de los parasitoides se observa más fácilmente la relación entre el momento de introducción de los parasitoides y la cantidad de pulgones el día de apertura de los tunelillos.

5.3.2.2 Altura de las plantas.

Aparte del nivel de áfidos por hoja, se realizó otra determinación que fue la de medir la altura de las plantas, de la variedad de pimiento italiano, una semana después de abrir los tunelillos.

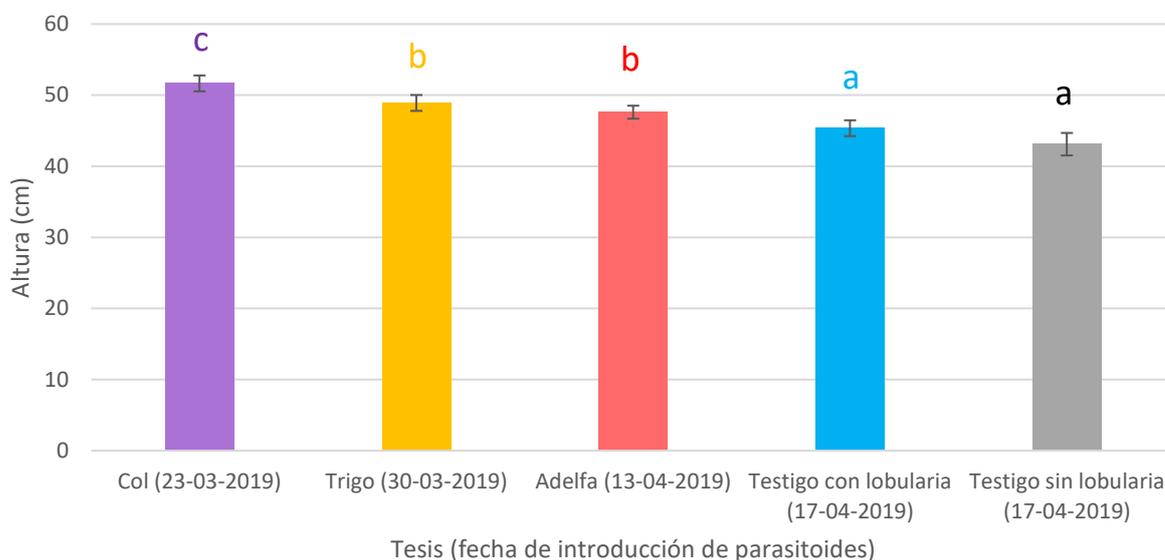


Figura 15. Altura de las plantas al destapar el tunelillo. La fecha entre paréntesis corresponde al día en el que se introdujeron las plantas banker. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.

El resultado fue en concordancia con el nivel de pulgón por hoja ya que las filas con las plantas banker de col fueron las que más altura tuvieron. Les siguieron las filas con las plantas banker de trigo y adelfa; y quedaron por debajo las filas testigo, siendo la peor la testigo sin *L. maritima*.

Figura 16. Altura de las plantas dos semanas después de destapar los tunelillos (13-05-2019).

Banker de col

Banker de trigo

Banker de adelfa

Testigo con *L. maritima*

Testigo sin *L. maritima*



Figura 17. Altura de las plantas, de las mismas filas de la figura 16, siete semanas después de destapar los tunelillos (18-06-2019).

Banker de col

Banker de trigo

Banker de adelfa

Testigo con *L. maritima*

Testigo sin *L. maritima*



En las imágenes se observa que aunque en las primeras semanas después de abrir el túnel las diferencias fueron notorias en cuanto a la altura, con el paso de las semanas la planta se fue recuperando hasta parecer casi irreconocibles. La excepción fue la fila testigo sin *L.maritima*, que siete semanas después aún se apreciaban los daños causados. Este hecho coincide con la hipótesis planteada por los técnicos de que el daño no demasiado excesivo del pulgón de la planta, lo que provoca principalmente es un retraso en la entrada de producción.

5.3.2.3 Peso de los frutos.

El peso de los frutos parece que fue en concordancia con el estado de la planta siete semanas después de abrir los tunelillos (figura 17) ya que solo se observan diferencias en el calibre respecto a la fila testigo sin *L. maritima*, la cual sufrió tal nivel de daño, que no consiguió recuperarse.

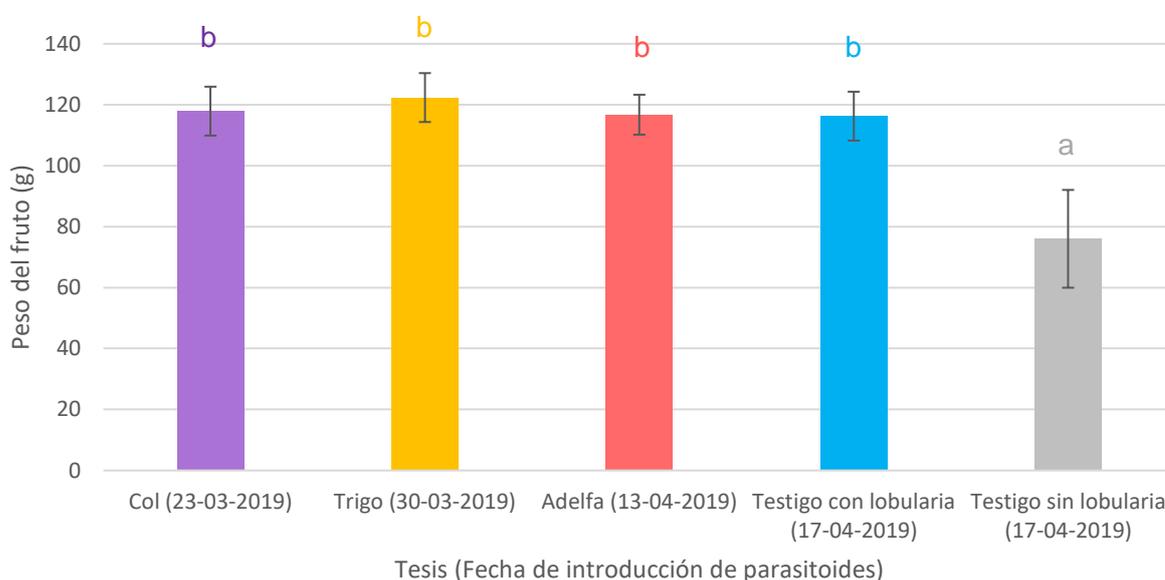


Figura 18. Peso de los frutos el día 20-07-2019. Las barras de error se corresponden al intervalo LSD con un nivel de confianza del 95%.

5.3.2.4 Recuperación de pulgones parasitados.

Para corroborar la aptitud y efectividad del parasitoide *Diaeretiella rapae* se recuperaron momias de pulgones de las diferentes filas. El resultado fue, que en las filas donde se introdujo la planta banker de col, el 81% de los parasitoides recuperados fueron *Diaeretiella rapae*, el 9,5 % *Aphidius matricariae* y el otro 9,5 % *Aphidius rhopalosiphi*. Por otra parte en el resto de filas el resultado fue: el 42 % *Aphidius matricariae*, el 28 % *Aphidius rhopalosiphi* y el 10 % *Diaeretiella rapae*.

Con esto se pudo observar que el control de pulgón de las filas donde se introdujo las plantas banker de col, se debió a la acción de *Diaeretiella rapae*.

5.3.2.5 Efecto de *Lobularia maritima*.

Como se ha observado en los gráficos anteriores, en las filas testigo que se plantó *Lobularia maritima* hubo una cantidad significativamente menor de pulgones y su altura fue mayor, que las que no tenían dicha planta de acompañamiento.

Este efecto se vio de forma general en toda la fila, sin embargo, también se observó un fenómeno que afectaba a las plantas de pimiento que se encontraban justo en el mismo lugar que las plantas de *L. maritima*. Este hecho fue que dichas plantas de pimiento estaban mucho menos afectadas por el pulgón que sus vecinas de la misma fila. Además, como consecuencia tenían mayor altura que el resto.

Esto no fue la primera vez que se observó, ya que años anteriores y en cultivos similares como el chile, se había repetido el mismo hecho, lo que hizo pensar que no era algo casual.



Figura 19. Efecto de *L. maritima* sobre el nivel de pulgón que afecta a las plantas de pimiento que se encuentran en el mismo lugar. En el apartado de anejos se, pueden observar más imágenes, en las que se repite este fenómeno. (De la figura 30 a la 39).

El motivo por el que sucede dicho efecto es aún discutido. Se sabe que la planta *Lobularia maritima* es muy atrayente de enemigos naturales de áfidos como por ejemplo los sírfidos, tal y como estudian autores como Brennan (2013). Otros autores como Araj y Wratten (2015) también han probado que esta planta alarga la vida de los parasitoides de pulgones, entre ellos la de *Diaeretiella rapae*, dándoles así, opción a parasitar a un número mayor de plagas.

Sin embargo, surgen algunas dudas de si este efecto en concreto se debe solo a la acción de atrayente o favorecedor de los enemigos naturales. Esta incógnita se plantea porque, siendo cierto que atrae a los enemigos naturales y, que el efecto en general es mejor en toda la fila con *L. maritima* que en las filas sin esta, el hecho de que las diferencias sean tan exageradas a tan solo unos centímetros de las plantas de *L. maritima*, hace pensar que estas no se deban solo a la atracción de enemigos naturales, ya que estos por pequeña que sea su movilidad, pueden desplazarse, al menos, algunos metros.

De este modo cabe plantearse si *L. maritima* está ejerciendo un efecto enmascarador de la planta a través de sustancias olfativas o de otro tipo. Este efecto se ha estudiado en

diversos artículos tal y como recogen Ben-issa y Gómez (2017) en su trabajo. En éste, se resumen algunas de las plantas de acompañamiento que se han utilizado en el cultivo de pimiento y que han tenido un efecto positivo en el control de pulgones:

Tabla 8. Tabla resumen de los diferentes efectos de plantas acompañantes sobre *Myzus persicae* en pimiento. Elaboración propia a partir de Ben-issa y Gómez (2017).

Áfido	Planta huésped de la plaga	Planta de acompañamiento	Mecanismo de actuación	Autores del estudio
<i>Myzus persicae</i>	Pimiento	<i>Allium schoenoprasum</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Enmascaramiento de olores. • Repelencia. • Reducción del atractivo de la planta huésped. 	(Amarawardana et al., 2007)
<i>Myzus persicae</i>	Pimiento	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ocimum basilicum</i> • <i>Rosmarinus officinalis</i> • <i>Lavandula latifolia</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Repelencia. • Reducción del atractivo de la planta huésped. 	(Ben-issa et al., 2017)

Así pues, se podría abrir una vía de estudio en este sentido en posteriores trabajos con el fin de conocer mejor este fenómeno y plantear alguna estrategia beneficiosa para el control de áfidos.

6 CONCLUSIONES

Con todo lo expuesto anteriormente en este trabajo, las conclusiones que se extraen son:

- El parasitoide *Diaeretiella rapae* es capaz de parasitar, no solo *Brevicoryne brassicae* sino también, *Myzus persicae*.
- Tanto en los experimentos de laboratorio como en el de campo, *Diaeretiella rapae* es capaz de disminuir las poblaciones de *Myzus persicae* significativamente.
- La elaboración de la planta banker de col con el pulgón *Brevicoryne brassicae* y el parasitoide *Diaeretiella rapae* resultó exitosa y sencilla.
- La introducción de plantas banker consiguió reducir el número de áfidos en las plantas antes de abrir los tunelillos.
- En la eficacia de las plantas banker en el campo, parece influir más el momento de su introducción, que las especies de planta-pulgón-parasitoides empleados en el ensayo. Así pues cuanto más anticipadamente se introduzcan las plantas banker en el cultivo, mayor será el control de la plaga.
- La altura de las plantas está relacionada con la cantidad de plaga que albergan.
- La presencia de plantas de *Lobularia maritima* intercaladas con el cultivo, tuvo efectos positivos en el control de la plaga.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Andorno, A. V.; Botto, E. N.; La Rossa F. R. y Möhle R. (2014). Control biológico de áfidos por métodos conservativos en cultivos hortícolas y aromáticas. Ediciones INTA, Buenos Aires. 48 p. ISBN 978-987-521-571-9.
- Amarawardana, L.; Bandara, P.; Kumar, V.; Pettersson, J.; Ninkovic, V. y Glinwood, R. (2007). Olfactory response of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) to volatiles from leek and chive: Potential for intercropping with sweet pepper. *Acta Agric. Scand. B*, 57, 87–91.
- Araj, S. y Wratten, S.; Comparing existing weeds and commonly used insectary plants as floral resources for a parasitoid. *Biological Control*, Volume 81, 2015, Pages 15-20, ISSN 1049-9644, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.11.003>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964414002205>).
- Bastante Soliva, F. (2017) *Diseño de un plan de gestión integrada de plagas de pulgones en horticultura ecológica*. Trabajo final de grado. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Ben Issa, R.; Gautier, H.; Gomez, L. (2017). Influence of neighbouring companion plants on the performance of aphid populations on sweet pepper plants under greenhouse conditions. *Agric. For. Entomol.*, 19, 181–191. [CrossRef]
- Ben-issa, R. y Gomez, L. (2017). Companion Plants for Aphid Pest Management. <https://doi.org/10.3390/insects8040112>.
- Brennan, E.B. (2013). Agronomic aspects of strip intercropping lettuce with alyssum for biological control of aphids, *Biological Control*, Volume 65, Issue 3, 2013, Pages 302-311, ISSN 1049-9644, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.03.017>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964413000662>).
- Frank, S. (2010) Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions, *Biological Control*, Volume 52, Issue 1, Pages 8-16, ISSN 1049-9644, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.09.011>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964409002497>).
- Hullé M.; Turpeau E.; Chaubet B. (2006). Encyclop'aphid, INRA, <http://doi.org/10.15454/1.4333379890530916E12>
- Karacaoğlu, M.; Keçeci, M.; Yarpuzlu, F.; Kutuk, Halil. (2018). The effect of releasing the parasitoid, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) on

- suppression of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) populations on eggplants grown in the greenhouse. *International Journal of Agriculture and Biology*. 20. 1741-1744. 10.17957/IJAB/15.0673.
- Kavallieratos, N.; Tomanović, Ž.; Petrović, A.; Kaiser, M.; Stary, P.; Yovkova, M.; Athanassiou, C.; Christos, G. (2013). Review and Key for the Identification of Parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Aphids Infesting Herbaceous and Shrubby Ornamental Plants in Southeastern Europe. *Annals of the Entomological Society of America*. 106. 294-309. 10.1603/AN12090.
 - Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente (2016). "Fichas de plagas" en *Guía gestión integrada de plagas*, Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente, secretaría general técnica y centro de publicaciones.
 - Satar, S.; Kersting, U.; Rifat, M. (2005). Temperature dependent life history traits of *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hom., Aphididae) on white cabbage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 29. 341-346.
 - Silva, R.J.; Cividanes, F.J.; Pedroso, E.C.; Sala, S.R.D. (2011). Host Quality of Different Aphid Species for Rearing *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae). *Neotropical entomology*. 40. 477-82. 10.1590/S1519-566X2011000400011.
 - Vaz, L.; Tavares, M.; Lomônaco, C. (2004). Diversidade e tamanho de himenópteros parasitóides de *Brevicoryne brassicae* L. e *Aphis nerii* Boyer de Fonscolombe (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 33(2), 225-230. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2004000200013>

8 ANEJOS

8.1 Galería de imágenes



Figura 20. Cría de planta banker de col.



Figura 21. Hoja de planta banker de col. En la imagen se pueden apreciar los pulgones de *Brevicoryne brassicae* parasitados.



Figura 22. Planta banker de col semanas después de ser plantada. Se observa como ha conseguido arraigarse con éxito.



Figura 23. Cámara de cría de plantas banker de trigo.



Figura 24. Planta banker de adelfa lista para ser introducida en el campo.



Figura 25. Semillero de *Lobularia maritima* el día de la plantación.



Figura 26. Plantas de pimienta recién plantadas, junto a una planta de *Lobularia maritima* plantada también el mismo día.



Figura 27. Vista general del cultivo recién plantado, antes de poner los tunelillos.



Figura 28. Vista general del cultivo el 13-05-2019, una semana después del rajado de los tunelillos.



Figura 29. Plantas de pimiento afectadas notablemente por el pulgón.



Figura 30. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (1).



Figura 31. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (2).



Figura 32. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (3).



Figura 33. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (4).



Figura 34. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (5).



Figura 35. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (6).



Figura 36. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (7).



Figura 37. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (8).



Figura 38. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (9).



Figura 39. Efecto de *Lobularia maritima* sobre la cantidad de plagas en las plantas de pimiento cercanas (10).