



Universitat
de les Illes Balears

Escuela Politécnica Superior

Memòria del Treball de Fi de Grau

MEJORA DE LA POLINIZACIÓN DEL ALMENDRO (*Prunus dulcis*): evaluación de la eficacia polinizadora de *Bombus terrestris*.

Ana Ramis Estrems

Grau d'Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural

Any acadèmic 2015-16

DNI del alumno: 43208503J

Trabajo tutelado por Mar Leza Salord y Andreu Juan Serra

Departamento de Biología



S'autoritza la Universitat a incloure el meu treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Palabras clave del trabajo:

Almendro, *Bombus terrestris*, polinización, *Apis mellifera*.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis padres Pau y Lucia, por su interés y apoyo durante todos los años académicos.

En segundo lugar agradecer a todas las personas que han hecho posible este estudio principalmente: a Andreu Juan Serra, como tutor de mi proyecto por haberme introducido en este mundo, anteriormente muy desconocido para mí y por guiarme durante todo el período del estudio. A Mar Leza, cotutora de este estudio aportando consejos y continuadas correcciones. A Raúl, por las horas que hemos pasado en la finca Son Marrano, con tu ayuda y tu ánimo ha sido posible lograrlo. También agradecer a todos los alumnos colaboradores del Departamento de Biología que han hecho posible agilizar el trabajo en campo. Además de todas las organizaciones que han aportado su granito de arena en este proyecto.

A toda mi familia por interés y ánimos continuamente.

Al apoyo de Biel Vidal Calafat y sobre todo por sus valiosos consejos.

Al profesorado de la UIB por trasmitirme algunos conocimientos necesarios para llevar a cabo este estudio.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| AGRADECIMIENTOS..... | 2 |
| ÍNDICE..... | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 5 |
| INDICE DE FIGURAS..... | 6 |
| RESUMEN..... | 7 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| 1.1. El cultivo del almendro <i>Prunus dulcis</i> | 9 |
| 1.1.1. Origen del cultivo..... | 9 |
| 1.1.2. Situación actual..... | 9 |
| 1.1.3. Taxonomía y sistemática botánica..... | 12 |
| 1.1.4. Polinización..... | 13 |
| 1.2. El abejorro, <i>Bombus terrestris</i> | 15 |
| 1.2.1. Identificación sistemática..... | 15 |
| 1.2.2. Descripción..... | 15 |
| 1.2.3. Ciclo biológico..... | 16 |
| 1.2.4. Comercialización de <i>B. terrestris</i> | 17 |
| 1.2.5. <i>Bombus terrestris</i> como agente polinizador..... | 18 |
| 2. OBJETIVOS..... | 21 |
| 2.1. Objetivo principal..... | 21 |
| 2.2. Objetivos secundarios..... | 21 |
| 3. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 23 |
| 3.1. Localización del área de estudio..... | 23 |
| 3.2. Caracterización de las parcelas..... | 24 |
| 3.3. Agente polinizador (<i>Bombus terrestris</i>)..... | 24 |
| 3.4. Diseño experimental..... | 25 |
| 3.5. Conteo de yemas florales y conteo de frutos..... | 27 |
| 3.6. Observación de las visitas florales..... | 28 |
| 3.7. Observación del comportamiento de <i>B. terrestris</i> | 28 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.8. | Análisis de datos | 29 |
| 4. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 31 |
| 4.1. | Comparación del cuajado, en las diferentes parcelas estudiadas..... | 31 |
| 4.2. | Porcentaje de cuajado entre variedades | 32 |
| 4.3. | Porcentaje de cuajado a diferentes distancias | 34 |
| 4.4. | Porcentaje de cuajado según la orientación | 35 |
| 4.5. | Estudio del comportamiento de los agentes polinizadores. | 36 |
| 4.5.1. | Comportamiento en diferentes momentos del día..... | 36 |
| 4.5.2. | Comportamiento bajo diferentes condiciones meteorológicas..... | 38 |
| 4.6. | Observación del comportamiento de <i>B. terrestris</i> | 39 |
| 5. | CONCLUSIONES | 44 |
| 6. | BIBLIOGRAFÍA | 47 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. <i>Producción, porcentaje y rendimiento de los cinco países de mayor importancia productiva a nivel mundial en el año 2013 (Faostat,2015).</i> | 10 |
| Tabla 2. <i>Producción y porcentaje de los cuatro países de mayor importancia productiva a nivel Europeo en el año 2013 (Faostat,2015).</i> | 10 |
| Tabla 3. <i>Producción y superficie de almendra por comunidad autónoma del año 2013 (Anuario de estadística agraria 2014).</i> | 11 |
| Tabla 4. <i>Precio medio percibido por los agricultores (Anuario de estadística agraria 2014).</i> | 12 |
| Tabla 5. <i>Taxonomía del cultivo del almendro (ITIS).</i> | 12 |
| Tabla 6. <i>Variedades de almendro según su compatibilidad de polinización y genotipos correspondientes (Vargas, 2009).</i> | 14 |
| Tabla 7. <i>Taxonomía del Abejorro europeo (Williams P.H.,2008).</i> | 15 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Evolución del almendro desde yema de invierno hasta fruto tierno. | 13 |
| Figura 2. Representación del ciclo biológico de <i>B. terrestris</i> con sus diferentes etapas. 17 | |
| Figura 3. Vista aérea de los recintos de estudio. | 23 |
| Figura 4. Vista de la colocación de las cajas TRIPOL | 25 |
| Figura 5. Vistas aéreas de las filas y árboles marcados de los campos. | 26 |
| Figura 6. Estadio fenológico entre C-D según Felipe, 1977. | 27 |
| Figura 7. Estadio fenológico entre H-I según Felipe, 1977. | 27 |
| Figura 8. Vista aérea de los árboles marcados para obtener las observaciones..... | 28 |
| Figura 9. <i>Bombus terrestris</i> visitando la flor de almendro | 29 |
| Figura 10. Porcentaje de cuajado de almendra en los campos muestreados. | 32 |
| Figura 11. Representación del porcentaje de cuajado de cada variedad..... | 33 |
| Figura 12. Porcentaje de cuajado de almendra de las variedades implantadas..... | 34 |
| Figura 13. En esta representación se puede observar el porcentaje de cuajado en diferentes distancias en el campo 1. Donde las distancias están en metros. | 35 |
| Figura 14. Representación del porcentaje de cuajado de almendra en el campo 1 y campo 2 según la orientación. | 36 |
| Figura 15. Representación del total de los polinizadores en cada período del día.. | 38 |
| Figura 16. Representación de vuelo de los diferentes polinizadores en cada periodo.... | 38 |
| Figura 17. Representación del % de polinizadores respecto el estado meteorológico.. | 39 |
| Figura 18. Representación del número de flores respecto tiempo total que visitadas por <i>B. terrestris</i> en cada periodo del día. | 40 |
| Figura 19. Representación del número de árboles respecto tiempo total que visitadas por <i>B. terrestris</i> en cada periodo del día. | 40 |
| Figura 20. Representación del % de vuelo de <i>B. terrestris</i> en cada período del día | 41 |
| Figura 21. Representación del % en flor de <i>B. terrestris</i> en cada período del día..... | 41 |
| Figura 22. Representación del % total de vuelo y % total en flor.. | 42 |

RESUMEN

La mayoría de los árboles frutales requieren de una polinización cruzada para conseguir una viable fecundación del óvulo. Las variedades tradicionales de almendro (*Prunus dulcis*) necesitan esta polinización. La polinización con la fauna silvestre no es suficiente para conseguir un rendimiento óptimo para tener una explotación viable.

Desde hace años hay bastantes cultivos en los que se ha visto este efecto deficiente, a raíz de esto, se han hecho muchos estudios con la aplicación de polinizadores externos, donde se ve que esta aplicación aumenta significativamente el rendimiento del cultivo, como por ejemplo en el tomate.

En consecuencia se han empezado a realizar estos estudios en una serie de cultivos que no se habían estudiado anteriormente.

Uno de ellos es el almendro, al que nos dedicamos en este estudio. Para llevarlo a cabo se ha estudiado el efecto de la introducción de un polinizador externo siendo éste *Bombus terrestris*. Estableciendo una serie de colmenas en una parcela de almendros y comparándola con otra polinizada únicamente con la fauna silvestre, evaluando una serie de parámetros, además del objetivo principal del estudio que es determinar el porcentaje de cuajado de fruto.

El estudio verifica que la aplicación de *B. terrestris* mejora la polinización, obteniendo un mejor y mayor cuajado de fruto, por tanto, obteniéndose una mayor producción de almendras.

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El cultivo del almendro *Prunus dulcis*

1.1.1. Origen del cultivo

El cultivo del almendro es originario de las regiones montañosas de Asia Central y se cree que fue introducido en Mallorca por los romanos. A partir del siglo XV se tienen noticias de la existencia del cultivo del almendro. Pero es a principios del siglo XIX cuando el almendro tiene importancia creciente, debido fundamentalmente a la parcelación de grandes fincas y, sobre todo, por el ataque devastador de la filoxera sobre el viñedo (*Viteus vitifoliae* (Fitch)), donde desaparecieron alrededor 30.000 ha de viñedo y éstas fueron sustituidas prácticamente en su totalidad por el almendro (Rubí, 1980).

En 1920 es cuando progresa y adquiere mayor importancia económica y llega a su máximo esplendor y Mallorca se convierte pionera en la investigación y experimentación sobre el cultivo del almendro (Rubí, 1980).

En la segunda mitad del siglo XX, el almendro empieza a decaer a causa de la pérdida de su posicionamiento pionero tanto en producción como en superficie (Rubí, 1980). El turismo incrementó la mano de obra y por ello la actividad agrícola deja de ser un negocio donde invertir. Aún así el almendro continúa siendo uno de los productos más importantes en Mallorca.

En el año 1992 se sustituyeron plantaciones de almendros de variedades locales con más de 70 años, por variedades más productivas y de mayor calidad comercial (*Ferragnes, Masbovera, Glorieta, Guara, Ferraduel, Cristomorto*, etc), gracias a los planes de mejora y ayudas de la PAC (Política Agraria Común).

1.1.2. Situación actual

Según los datos de la FAO, en el año 2013 la producción de almendra a nivel mundial se distribuía de la siguiente manera (Tabla 1).

Tabla 1. Producción, porcentaje y rendimiento de los cinco países de mayor importancia productiva a nivel mundial en el año 2013 (Faostat,2015).

| País | Producción (T) | Porcentaje (%) | Rendimiento(kg/ha) |
|-------------------|------------------|----------------|--------------------|
| Estados Unidos | 1.814.372 | 61 | 5.346,5 |
| Australia | 160.000 | 5 | 5.597,1 |
| España | 149.000 | 5 | 279 |
| Marruecos | 96.523 | 3 | 630,3 |
| Irán | 87.281 | 3 | 2.115.3 |
| Otros (43 países) | 653.718 | 22 | |
| Total | 2.960.894 | 100 | 13.968,20 |

La producción mundial de almendra fue de 2,9 millones de toneladas, repartidas entre los principales países productores de almendra donde el principal país es EEUU con una producción de 1,8 millones de toneladas, en el segundo y tercer lugar Australia y España con 160.000tn y 149.000 tn respectivamente, por detrás de estos se encuentran con un volumen importante de producción Marruecos (96.523 tn) e Irán (87.281 tn).

A nivel Europeo la producción de almendra es de 259.396 tn, siendo el mayor productor de almendra España con 149.000 tn, seguida de Italia con 72.633 tn y Grecia con 29.900 tn (Tabla 2).

Tabla 2. Producción y porcentaje de los cuatro países de mayor importancia productiva a nivel Europeo en el año 2013 (Faostat, 2015).

| País | Producción (T) | Porcentaje (%) |
|------------------|----------------|----------------|
| España | 149.000 | 57 |
| Italia | 72.633 | 28 |
| Grecia | 29.900 | 12 |
| Portugal | 4.400 | 2 |
| Otros (9 países) | 3.463 | 1 |
| Total | 259.396 | 100 |

En España el almendro presenta un rendimiento medio de producción de almendra muy reducido (279 Kg/ha), a diferencia de Estados Unidos que presenta un rendimiento muchísimo mayor (5.346,5 kg/ha). A pesar de tener una gran superficie dedicada al cultivo del almendro, España posee un bajo rendimiento de éste, debido a la baja tecnificación y al sistema de cultivo de secano que se utiliza en la mayor parte de estas superficies (Faostat, 2015).

En cuanto a la situación nacional, según el anuario de estadística agraria de 2014 la producción total española en el 2013 fue de 143.081 tn, donde las Illes Balears se encuentra en el séptimo lugar con una producción de 7.013 tn, repartidas en 24.123 ha de secano y 320 ha en regadío. En la superficie total española encontramos un 92% en secano y un 8% en regadío (Tabla 3).

Tabla 3. Producción y superficie de almendra por comunidad autónoma del año 2013 (Anuario de estadística agraria 2014).

| Comunidad Autónomas | Sup. En secano (ha) | Sup. En regadío (ha) | Superficie total (ha) | Producción (T) |
|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------|
| C.Valenciana | 91.345 | 9.029 | 100.374 | 28.177 |
| R. de Murcia | 66.014 | 9.029 | 72.892 | 25.519 |
| Andalucía | 146.088 | 6.222 | 152.310 | 25.208 |
| Aragón | 59.226 | 7.474 | 66.700 | 23.525 |
| Castilla la Mancha | 52.584 | 7.232 | 59.816 | 15.030 |
| Cataluña | 35.001 | 3.912 | 38.913 | 12.295 |
| Baleares | 24.123 | 320 | 24.443 | 7.013 |
| Navarra | 2.330 | 1.284 | 3.614 | 2.053 |
| La Rioja | 9.008 | 560 | 9.568 | 1.567 |
| Extremadura | 2.482 | 529 | 3.011 | 1.381 |
| Madrid | 780 | - | 780 | 595 |
| Castilla y León | 1.324 | 22 | 1.346 | 374 |
| Canarias | 209 | 6 | 214 | 249 |
| País Vasco | 75 | - | 75 | 95 |
| Cantabria | 1 | - | 1 | 1 |
| España | 490.590 | 43.468 | 534.057 | 143.081 |

Muchos países están apostando por el cultivo del almendro para poder satisfacer la demanda mundial de almendra a causa de la saturación de producción de Estados Unidos y la fuerte sequía de California que está sufriendo estos últimos años. Por tanto, España tiene grandes posibilidades para aprovechar tal situación y obtener una gran parte del mercado internacional. También cabe destacar el aumento del precio de la almendra en estos últimos años, debido a la relación demanda y oferta. (Tabla 4).

Tabla 4. Precio medio percibido por los agricultores (Anuario de estadística agraria 2014).

| Año | Precio medio percibido por los agricultores (€/100kg) |
|------|---|
| 2009 | 61,63 |
| 2010 | 72,67 |
| 2011 | 68,79 |
| 2012 | 89,74 |
| 2013 | 149,42 |

1.1.3. Taxonomía y sistemática botánica

El almendro cultivado, *Prunus dulcis* (Miller) D.A Webb, presenta sinonimia aceptada con *P. amygdalus* y *P. communis*. pertenece al orden de los Rosales, a la familia Rosaceae y al género *Prunus*. En la Tabla 5 se detalla la taxonomía del cultivo del almendro.

Tabla 5. Taxonomía del cultivo del almendro (Felipe, J.A.).

| Taxonomía | | | |
|------------|----------------------|---------|-----------------------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> | Orden | <i>Rosales</i> |
| División | <i>Tracheophyta</i> | Familia | <i>Rosaceae</i> |
| Clase | <i>Magnoliopsida</i> | Género | <i>Prunus</i> |
| Superorden | <i>Rosanae</i> | Especie | <i>P. dulcis</i> (Mill.)D.A. Webb |

El almendro, *Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb, es un árbol caducifolio, alto (4-6m en condiciones de cultivo) y porte generalmente erguido. Presenta un solo tronco y raíces potentes, poco ramificadas y profundas. Las hojas son lanceoladas de color verde brillante. Las yemas florales se pueden encontrar sobre dos estructuras vegetativas diferentes denominados ramos. Encontramos ramos mixtos que presentan yemas de flor y un brote vegetativo que se encuentran juntas en una estructura triple y ramilletes de mayo que todas sus yemas son de flores. Las flores son hermafroditas (blancas o rosadas). Generalmente son autoincompatibles pero ofrece una buena polinización cruzada entre variedades (Agustí, 2004).

El fruto se diferencia ligeramente del resto de los frutales de hueso porque su mesocarpo consiste en un tejido poco desarrollado, verde y pubescente que no es comestible. En el interior del endocarpo lignificado se localiza la semilla, que es la parte comestible (Agustí, 2004).

El almendro presenta nueve estadios fenológicos según Felipe (1977), ver Figura 1.

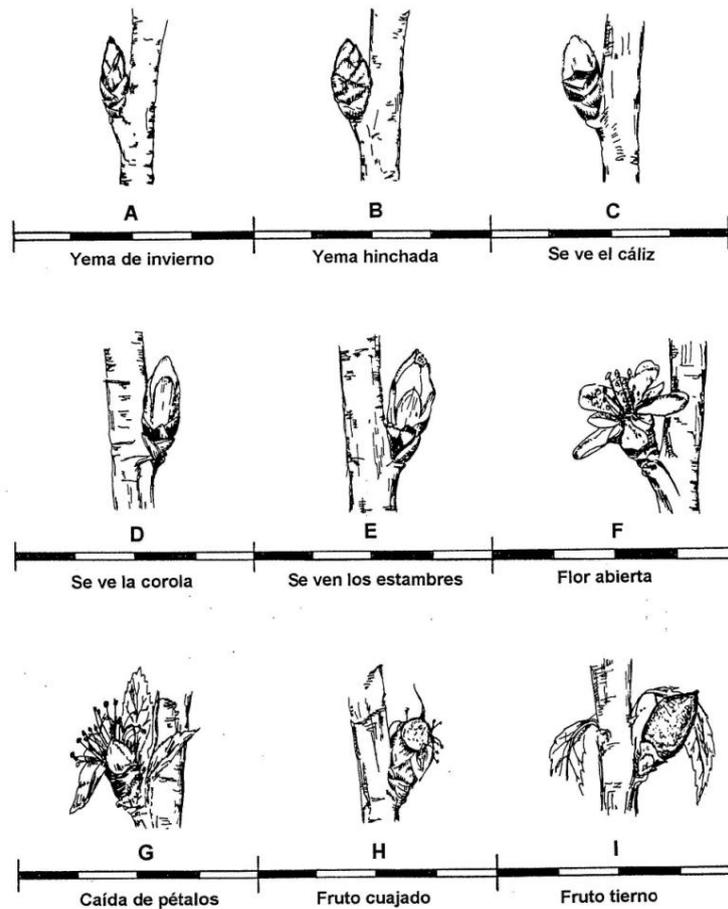


Figura 1. Evolución del almendro desde yema de invierno hasta fruto tierno (Felipe, 1977).

1.1.4. Polinización

Las variedades tradicionales del almendro requieren de una polinización cruzada porque tienen un alto grado de autoincompatibilidad (Socias i Company, 1977), por tanto difícilmente puede fecundar su propio polen y necesitan otras variedades para producir fructificación. Esta polinización cruzada no se puede llevar a cabo por el viento (polinización anemófila) ya que el polen tiene un elevado peso específico, por lo que es imprescindible la presencia de agentes polinizadores para obtener una adecuada polinización, fundamentalmente las abejas (Egea, 2010).

Las abejas tienen como limitación las condiciones climáticas (temperatura, viento y lluvia). Éstas se desenvuelven mejor cuando las temperaturas ambientales son entre 15 y 26 °C, pero al descender las temperaturas disminuye su actividad. Normalmente las abejas no presentan actividad polinizadora cuando hay presencia de nieblas, lluvias y vientos superiores a 24 Km/h (Fernández, 2010)

Para que la polinización cruzada sea efectiva hay que tener en cuenta el diseño de la plantación, al menos debe contener dos cultivares intercompatibles que coincidan en la época de floración, ya que el almendro tiene una gran variabilidad en la época de floración dependiendo de las variedades (desde mediados de enero hasta mediados de marzo), factor que hasta hace poco no se había tenido en cuenta en muchos casos. Actualmente, las nuevas variedades seleccionadas de almendro son autógamas (autofértiles) por lo que reduce gratamente este problema. (Valdés *et al.* 2002). Pero el uso de los agentes polinizadores también es importante en variedades autofértiles para mejorar el movimiento de polen y aumentar su producción.

El hallazgo de variedades autocompatibles en el sur de Italia (Grasselly y Olivier, 1976), promovió la introducción de este carácter en los programas de mejora. Los trabajos realizados sobre el comportamiento de estas variedades permitieron determinar que la autocompatibilidad se debía a la presencia del alelo Sf (alelo autocompatibilidad) (Socias i Company, 1984). En la Tabla 6 se clasifican las variedades de almendro según la compatibilidad entre variedades con sus genotipos correspondientes.

Tabla 6. Variedades de almendro según su compatibilidad de polinización y genotipos correspondientes (Vargas, 2009).

| Variedades | Compatibilidad en polinización ¹ | Genotipo S de compatibilidad |
|--------------------------|---|------------------------------|
| IRTA, nuevas: | | |
| Vairo' | Autocompatible (y autofértiles) | S_9Sf |
| Constantí' | Autocompatible (y autofértiles) | S_3Sf |
| Marinada' | Autocompatible (y autofértiles) | S_5Sf |
| Tarraco | Autoincompatible | S_1S_9 |
| IRTA, anteriores: | | |
| Masbovera' | Autoincompatible | S_1S_9 |
| Glorieta' | Autoincompatible | S_1S_5 |
| Francolí' | Autocompatible (y autofétil) | S_1Sf |
| Referencias: | | |
| D. Largueta' | Autoincompatible | S_1S_{25} |
| Marcona' | Autoincompatible | $S_{11}S_{12}$ |
| Ferragnès' | Autoincompatible | S_1S_3 |
| Guara' | Autocompatible (y aurofétil) | S_1Sf |

¹ Autoincompatible: variedad que necesita polen de otra variedad diferente para poder fructificar (polinización cruzada).

¹ Autocompatible: variedad capaz de fructificar con su propio polen (autopolinización).

¹ Autofétil: variedad autocompatible y capaz de producir una cosecha normal disponiendo solamente de su propio polen (autogamia).

1.2. El abejorro, *Bombus terrestris*

El abejorro es uno de los polinizadores más utilizados en invernaderos. Entre estos tenemos el abejorro europeo *B. terrestris* (Linnaeus, 1758), utilizado en muchas partes del mundo por su eficacia como polinizador (Yoon *et al.*, 2009) y es una de las especies más estudiadas (Coppée, 2010).

Dentro de la especie *B. terrestris* L., en España encontramos dos subespecies: *B. terrestris subsp. canariensis* (Pérez, 1895), distribuida por Canarias y *B. terrestris subsp. ferrugineus* (Schmiedeknecht, 1878), que se encuentra por la Península Ibérica y Baleares (Sladen, 1912; Ceballos, 1956; Ornos, 1986).

1.2.1. Identificación sistemática

Los abejorros pertenecen al orden *Hymenoptera*, superfamilia *Apoidea* y familia *Apidae*. En la Tabla 7 se describe su taxonomía.

Tabla 7. Taxonomía del abejorro europeo (Williams P.H., 2008).

| Taxonomía | | | |
|-----------|--------------------|--------------|---------------------------------------|
| Reino | <i>Animalia</i> | Superfamilia | <i>Apoidea</i> |
| Filo | <i>Arthropoda</i> | Familia | <i>Apidae</i> |
| Clase | <i>Insecta</i> | Subfamilia | <i>Apinae</i> |
| Orden | <i>Hymenoptera</i> | Género | <i>Bombus</i> |
| Suborden | <i>Apocrita</i> | Especie | <i>B. terrestris</i> (Linnaeus, 1758) |

1.2.2. Descripción

El *B. terrestris* es de color negro, con una franja blanca en el extremo posterior del abdomen. En el tórax y abdomen presentan una banda de color amarillo. El tórax es muy corto y está recubierto de pilosidad. Presenta un par de antenas donde tienen los sentidos del tacto, sabor y olor (por eso tocan primero cualquier objeto con las antenas). La visión se encuentra en los dos ojos compuestos y tres ocelos, es tricromática (Valera, 1974; Huffaker & Rabb 1984).

Poseen dos pares de alas en la parte superior del tórax y tres pares de patas, de las cuales las traseras tienen una concavidad para acumular los granos de polen. Los machos y hembras se pueden diferenciar fácilmente, ya que los primeros no pican y las segundas sí, ya que los machos no poseen aguijón. La reina mide entre 20 y 30 mm, mucho más grande que las obreras que miden entre 11 y 17 mm (Sladen, 1912; Ornos, 1986; Berland, 1976).

La alimentación se basa en la recolección de polen y néctar, donde el polen es (fuente rica en proteínas, péptidos aminoácidos y alto valor nutritivo) básicamente para el desarrollo de las larvas (Richards & Davies, 1984), y el néctar (azúcares) es la fuente energética imprescindible para que los abejorros puedan volar (Goulson, 2003).

1.2.3. Ciclo biológico

En primavera las reinas jóvenes hibernantes fecundadas en el otoño anterior, emergen cuando la temperatura del suelo aumenta (Prys-Jones, 1982). Una vez salen las reinas inician la formación del nido, que es creado bajo tierra donde acumulan el polen, néctar y sus primeros huevos. Cuando eclosionan los huevos salen las primeras larvas que son incubadas por la reina hasta que emergen los adultos. En este periodo encontramos una segunda puesta, de mayor tamaño, ésta es cuidada por los primeros adultos mientras la reina va en busca de recursos (O'Toole y Raw, 1991).

Cuando se acerca el verano la reina hace puestas sucesivas para incrementar las obreras, las cuales son cuidadas por la reina y son alimentadas por los adultos. Las obreras salen a recolectar polen y néctar para la supervivencia de la colmena.

A finales de verano o principios de otoño nacen nuevas reinas y las obreras realizan la puesta de huevos haploides, de los que nacerán machos y finalmente la reina fundadora muere (López, 2005). En invierno se cierra el ciclo con la hibernación de las nuevas reinas fecundadas.

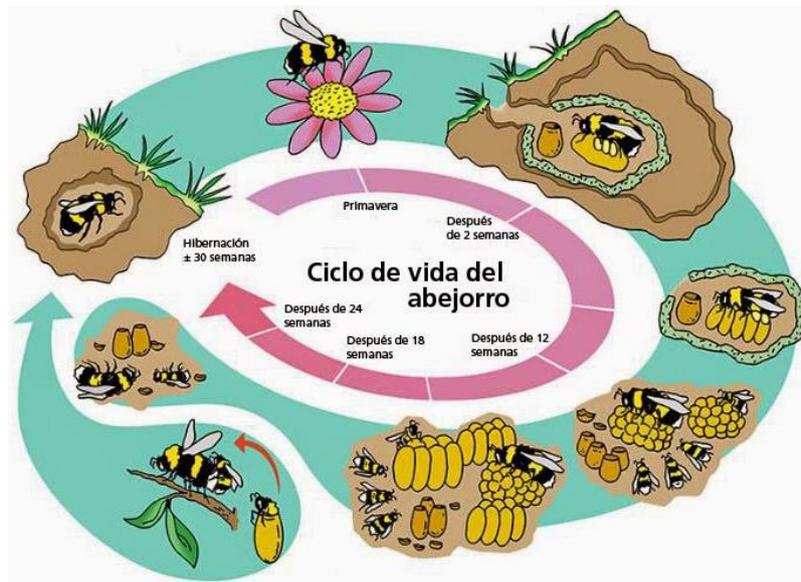


Figura 2. Representación del ciclo biológico de *B. terrestris* con sus diferentes etapas.

1.2.4. Comercialización de *B. terrestris*

B. terrestris es la especie más comercializada como polinizadora porque posee unas características morfológicas que ayudan a realizar una polinización más eficiente, como una pilosidad elevada que le permite transferir gran cantidad de polen a cada una de las flores que visita. Otra característica de gran importancia es la generación de calor metabólico permitiéndoles realizar la polinización con temperaturas más bajas que otros insectos polinizadores, además de poseer una lengua de gran longitud pudiendo intervenir en la polinización de flores con cierta longitud de corola. Finalmente su capacidad para poder generar una vibración y por su gran tamaño pueden realizar lo que se conoce como "polinización vibrátil", tan beneficiosa y efectiva en muchos cultivos y esencial para otros como es el tomate (Morales, 2007).

Hay 239 especies conocidas de *Bombus sp.* y sólo cinco especies han sido criadas comercialmente (*B. terrestris*, *B. impatiens*, *B. ignitus*, *B. occidentalis* y *B. lucorum*) (Winter et al., 2006). *B. terrestris* es la más utilizada, se comercializan para polinizar más de 25 cultivos tanto en invernaderos (tomate, pimiento...) como en campo (kiwi, almendra, manzana...) (Velthuis, 2002). Estos pueden aumentar la producción, incrementar la calidad en los frutos y disminuir el coste de mano de obra.

1.2.5. *Bombus terrestris* como agente polinizador

Los abejorros están bien preparados para soportar temperaturas relativamente bajas, y se distribuyen principalmente por las áreas templadas del hemisferio norte e incluso alcanzan el ártico (Aguado *et al.*, 2015). Salen a polinizar a horas muy tempranas cuando la temperatura ambiental es fría, porque presentan la capacidad de regular su temperatura corporal (Heinrich, 1979).

Durante las horas más calientes del día, es decir el mediodía, estos disminuyen su actividad y están en reposo en las diferentes flores, como adormecidos. En climas fríos y templados *Bombus* son más eficaces que otras abejas, en cambio en una situación de excesivo calor la eficacia cambia, ya que las abejas son de menor tamaño y tienen menos riesgo de sobrecalentarse (Heinrich, 2000).

Las abejas (*Apis mellifera*) utilizan el mismo recurso pero éstos no implican problemas serios, porque presentan distribuciones horarias diferentes, las abejas están más activas al mediodía, tiempo en el que los abejorros ya han disfrutado de los recursos (Heinrich, 2000; DeGrandi-Hoffman, 2003).

Los abejorros pueden identificar las flores (por su color y aroma) que les aportan más recompensas, aprenden a seleccionarlas para la próxima vez y de esta manera ahorran tiempo y hacen la polinización más efectiva. También dejan marcas en las flores visitadas para que los demás no vayan a visitarla. (Blarer *et al.*, 2002).

Por todo esto las ventajas de la polinización de esta especie sobre otras especies polinizadoras como por ejemplo *Apis mellifera* son las siguientes:

- *Apis mellifera* no es tan eficiente en cultivos protegidos, además requieren de una temperatura entre 20° a 22°C para que estén activas (Aguado, 2015).
- El clima muestra efectos muy bajos sobre la actividad de los abejorros, mientras que *Apis mellifera* si las condiciones climáticas son desfavorables (lluvia, viento, alta nubosidad y T° por debajo de 10°C) provocan que éstas no salgan de la colmena.
- Los abejorros no tienen un sistema de comunicación, por tanto, si uno de ellos encontrara otro tipo de planta que no fuera la del cultivo principal y se distrajera con ésta, no avisaría a los demás. En cambio *Apis mellifera*, empezaría a mandar señales para atraer a las demás obreras, abandonando así la polinización del cultivo principal.
- *B. terrestris* presenta una lengua más larga, de esta manera abarca flores de corolas profundas y tubulares.

- Los abejorros pueden realizar una polinización por vibración o zumbido (“buzz-pollination”) la cual es necesaria para muchas especies con flores entomófilas como el tomate (*Lycopersicon esculentum*) (Aguado, 2015). Así se pueden remplazar los métodos de vibración que dañan los órganos reproductivos de las flores y ahorrar la mano de obra.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo principal

- Evaluar la eficacia polinizadora de *Bombus terrestris* sobre el cuajado del fruto en una plantación de almendros de floración tardía situada en el término municipal de Lluçmajor (Mallorca).

2.2 Objetivos secundarios

- Observar las diferencias del porcentaje de cuajado entre las variedades implantadas (Ferragnés, Masbovera y Glorieta), tanto en el campo 1 (*B. terrestris*) como en el campo 2 (control).
- Determinar el porcentaje de cuajado del fruto en función de la orientación (N, S, E y O) y de las distancias de los árboles a las colonias de *B. terrestris*.
- Observar el comportamiento de *Bombus terrestris*, *Apis mellifera* y otros polinizadores respecto a:
 - Número de visitas en diferentes momentos del día (mañana, mediodía y tarde).
 - Número de visitas en diferentes condiciones meteorológicas (soleado, nublado y lluvioso).

MATERIAL Y MÉTODOS

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

La fase experimental del estudio se llevó a cabo durante la primavera del año 2015. Para la evaluación de la influencia de *Bombus terrestris*, se utilizaron dos plantaciones de almendro (con una separación de 1.232 metros) ubicadas en el término municipal Llucmajor (Mallorca), concretamente en la explotación denominada “Son Marrano”. El ensayo se inició día 03 de marzo del 2015 mediante el conteo de las yemas florales y finalizó el 20 de abril del 2015 con el conteo de los frutos cuajados.

La localización de cada uno de los campos de estudio es la siguiente:

- Campo 1: en este campo se realizó el estudio de la polinización, mediante la aportación de *Bombus terrestris*. Los datos SIGPAC de su ubicación son: municipio 31, polígono 23, parcela 263 y recinto 4, con una superficie de 5,5 ha.
- Campo 2: este se utilizó para obtener los datos de control sin la aportación de agentes polinizadores externos. Los datos SIGPAC de su ubicación son: municipio 31, polígono 22, parcela 21 y recinto 14, con una superficie de 6,73 ha.

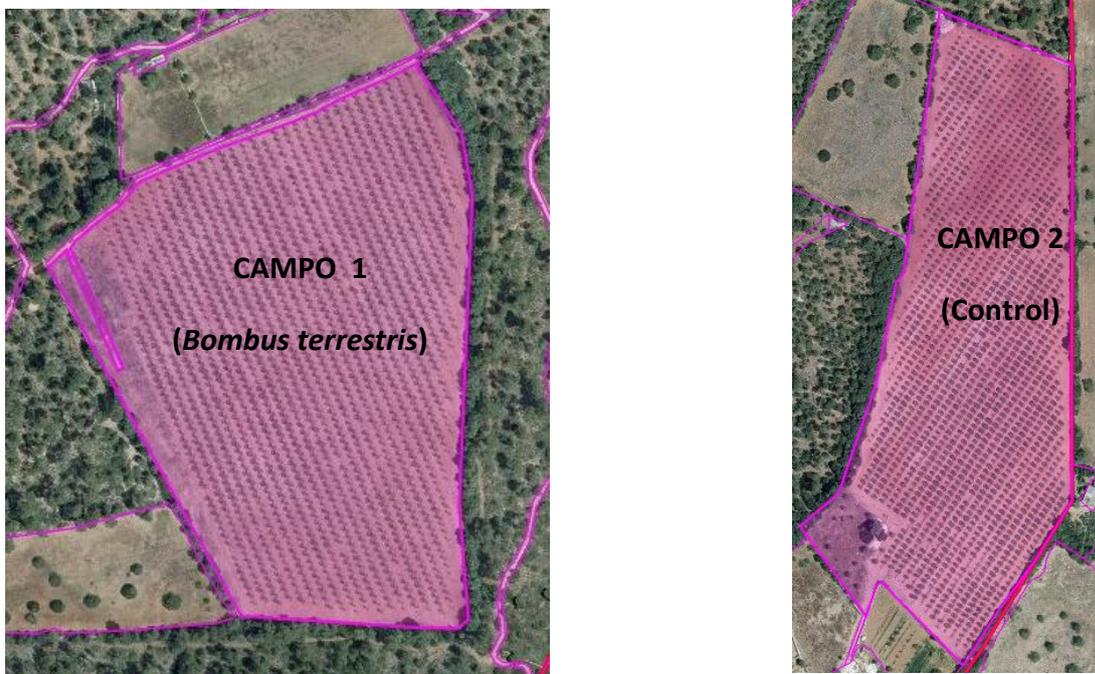


Figura 3. Vista aérea de los recintos de estudio, (izquierda campo 1 derecha campo 2).

3.2. Caracterización de las parcelas

Las dos parcelas presentan una forma irregular, con lo que no se tiene el mismo número de árboles en cada una de las filas, y tienen un marco de plantación de 7x5 metros. Con una orientación en el campo 1 NO-SE y en el campo 2 NE-SO. Los almendros llevan implantados 7 años y disponían de riego por goteo. En el campo 1 (*B. terrestris*) la parcela está rodeada por garriga menos en la cara norte que había un campo con vinagrella (*Oxalis sp.*).

Las variedades implantadas en ambos recintos son *Glorieta* (33%), *Ferragnés* (33%) y *Masbovera* (33%), distribuidas en filas alternas de dos en dos.

Las tres variedades empleadas son tardías, presentan una productividad elevada y requieren polinización cruzada (Felipe, 2000). Las tres variedades son compatibles entre ellas (véase apartado 1.1.4 Polinización del almendro) pero autoincompatibles.

3.3. Agente polinizador (*Bombus terrestris*)

Como agente polinizador se utilizó *Bombus terrestris*. Este tipo de polinizador presenta un fácil manejo y se puede conseguir fácilmente como producto comercial.

Se emplearon cajas TRIPOL obtenidas de la empresa Koppert Biological Systems. Cada caja contiene tres colonias de *B. terrestris* en su interior, que son unos 350-400 abejorros obreros y presentan una esperanza de vida entre 6-8 semanas.

Para su instalación se siguieron las instrucciones del fabricante, por lo tanto, se colocaron las cajas 4 días antes de la floración de los almendros (para que estos se adapten al medio). Éstas se situaron en el centro del campo 1 (*B. terrestris*) encima de palés para aislarlos del suelo. Una vez situadas las cajas Tripol se creó un tejado con un material de poliestireno expandido para protegerlos del sol y lluvia.

Según el protocolo de actuación de la casa comercial Koppert Biological Systems, se colocaron 3 cajas TRIPOL por cada hectárea de cultivo. Como el campo 1 tiene 5,5 ha se utilizaron 18 cajas TRIPOL.



Figura 4. Vista de la colocación de las cajas TRIPOL (Ramis, 2015).

3.4. Diseño experimental

En el campo 1 (*Bombus terrestris*) se marcaron cinco áreas concéntricas de 20 metros de radio cada una (Figura 5a), teniendo como centro el punto 0 que era donde se ubicaron las cajas TRIPOL. Se muestrearon un total de 64 árboles seleccionados con un total de 256 ramas (Figura 5b). Mediante este sistema podemos observar el efecto que presentan los abejorros en cada franja y así evaluar su eficacia como polinizador.

Los árboles fueron escogidos siguiendo 8 líneas radiales (figura 5c), teniendo en cuenta los cuatro puntos cardinales (Norte/Sur/Este/Oeste) y las direcciones intermedias de estas. Todas estas líneas salen desde el centro de recinto (punto 0) donde se situaron las cajas TRIPOL, para evaluar la influencia de los agentes polinizadores, tanto en el cuajado como en la productividad de los árboles.

El número de árboles de las filas y áreas no es igual entre ellas, aunque se intentó ajustar lo máximo posible pero por motivos físicos de la parcela y seguir las ocho filas establecidas no fue posible obtener el mismo número de árboles en todas ellas.

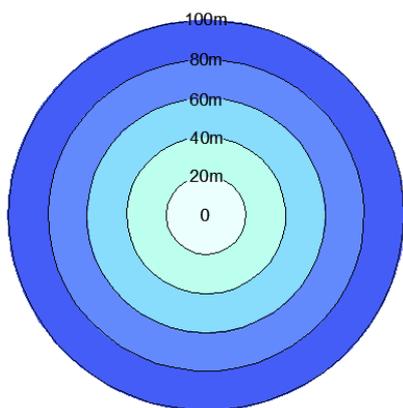


Figura 5a

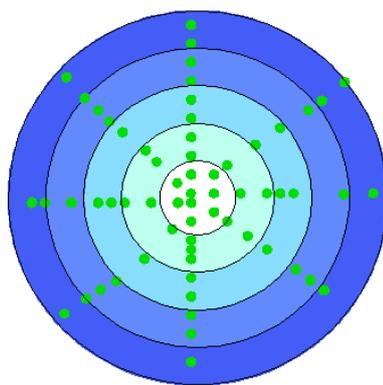


Figura 5b



Figura 5c

Figura 5a: diferenciación de las áreas establecidas. **Figura 5b:** situación de los árboles en cada área, siguiendo las líneas establecidas. Franja de 0-20 n=9, de 20-40 n=16, de 40-60 n=14, de 60-80 n=15 y de 80-100 n=10 árboles. **Figura 5c:** vista área de la parcela con la geo-localización de cada árbol muestra.

En cuanto al campo 2 se escogieron 7 filas paralelas, marcando 10 árboles en cada fila con un total de 280 ramas (Figura 5d). El número de filas por variedad fue de una de la variedad *Glorieta*, tres de la variedad *Ferragnés* y tres de la variedad *Masbovera*.



Figura 5d. Vista aérea de las filas y árboles marcados del campo control.

En ambos campos se utilizó el mismo sistema de conteo. Se eligieron cuatro brotes expuestos en el exterior del árbol, situados a media altura (entre 1,70 m y 2,20 m) y con una longitud suficiente para asegurar un suficiente número de yemas (40-50 cm aprox.).

Además se tuvo en cuenta, para la elección de esas cuatro ramas, que cada una de ellas estuviera orientada hacia cada uno de los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste).

3.5. Conteo de yemas florales y conteo de frutos

El recuento de yemas florales se llevó a cabo día 3 de marzo del 2015, cuando el cultivo presentaba un estadio fenológico C-D (ver Figura 6) (Felipe, 1977) ya que las variedades presentes en este ensayo son tardías. Éste se realizó mediante un contador manual en los brotes marcados anteriormente.



Figura 6. Estadio fenológico entre C-D según Felipe, 1977.

El recuento de frutos se llevó a cabo día 20 de abril del 2015, cuando el cultivo presentaba un estadio fenológico H-I (Felipe, 1977). El conteo se realizó igual que el conteo de yemas florales.

Estos dos trabajos se evaluaron en los dos campos para comparar el cuajado de cada parcela.



Figura 7. Estadio fenológico entre H-I según Felipe, 1977.

3.6. Observación de las visitas florales.

Para evaluar el número de visitas de *B. terrestris*, *A. mellifera* y otros agentes polinizadores, se escogieron 10 árboles (ver Figura 8) que presentaban un número similar de flores, ubicados a diferentes distancias de las colmenas de *B. terrestris*. De cada árbol se eligió un grupo de flores y se contaron el número de visitas de cada uno de los polinizadores se llevó a cabo 3 veces al día (mañana, mediodía y tarde) en un periodo de 3 minutos por árbol, realizándose estos conteos durante 3 días (17/03/15, 23/03/15 y 24/03/15).



Figura 8. Vista aérea de los árboles marcados para obtener las observaciones.

Con esta observación se quería determinar las visitas de *B. terrestris* durante el día y también como varía en función de las condiciones meteorológicas del día (soleado, nublado o lluvioso).

3.7. Observación del comportamiento de *B. terrestris*.

También se observó el comportamiento de *B. terrestris* durante su trabajo de polinización. Se realizó durante 3 días y 3 veces al día (mañana, mediodía y tarde) con un seguimiento de 3 minutos para cada individuo. El seguimiento consistía en, visualizar un abejorro y determinar: el número de flores visitadas, el número de árboles, el tiempo en flor y el tiempo de vuelo. El objetivo de esta observación es determinar el comportamiento que presenta *B. terrestris* en el campo.



Figura 9. *Bombus terrestris* visitando la flor de almendro (Ramis, 2015).

3.8. Análisis de datos

Para la elaboración de las gráficas y las tablas se ha utilizado el programa de análisis Microsoft Office Excel 2007.

Respecto al análisis estadístico de los resultados, se ha llevado a cabo un análisis de la varianza (test Duncan) mediante el programa IBM SPSS Statistics 20.

Para la complementación de las figuras y fotografías áreas se utilizó el programa AutoCAD 2014.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comparación del cuajado, en las diferentes parcelas estudiadas (campo 1 y campo 2)

En la Figura 10 se observa el porcentaje de frutos cuajados respecto del total de flores que se contaron a principios de floración. En azul se indica el cuajado de fruto que se obtuvo en el campo donde se introdujeron los *B. terrestris* (campo 1) y en rojo se representa el cuajado mediante la polinización de la fauna silvestre (campo 2). Así obtenemos un 25,43% de frutos cuajados en el campo 1 y un 19,62% de frutos cuajado del campo 2.

Con los resultados de esta gráfica se observa que existe un incremento de cuajado y por tanto de producción del 5,81% en el campo 1 donde se encontraban los abejorros, respecto al campo 2 donde la polinización se llevó a cabo sólo con la fauna silvestre. Estadísticamente se han observado diferencias significativas entre los dos campos con un $p=0,006$.

La ventaja de los abejorros es que presentan una gran pilosidad recubriéndoles el cuerpo que les permite transferir más granos de polen por visita. De este modo cuando los *B. terrestris* están posados en las flores, liberan las cápsulas de polen y son transportadas a la parte femenina de la flor. Por ello *B. terrestris* es más eficiente que *Apis mellifera* en muchos cultivos porque es más pequeña y tiene menos pilosidad (Anelisse, 2009).

Comparando los resultados que se han obtenido con el estudio llevado a cabo por el IRTA (Miarnau et al.,2013), donde estudiaron el porcentaje de cuajado de la variedad autofértil "Guara" con la presencia de *B. terrestris*, durante un periodo de 3 años (2010, 2011 y 2012), se han obtenido resultados similares ya que en este estudio observaron un incremento del cuajado (valores entre un 20-50%) respecto a la polinización natural (valores inferiores al 20%).

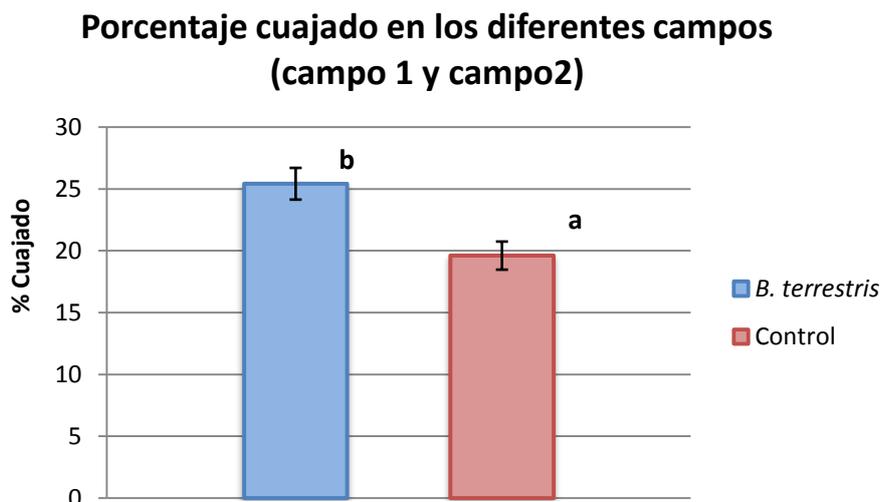


Figura 10. Porcentaje de cuajado de almendra en los campos muestreados: campo con *B. terrestris* (campo 1) y campo control (campo 2). Duncan. Medias \pm error estándar. Columnas seguidas de diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

4.2. Porcentaje de cuajado entre variedades

En la Figura 11 se analizan las diferencias que hay entre las variedades existentes en los dos campos separadamente. En el campo 1, donde se colocaron los *Bombus terrestris*, se obtuvo un cuajado de fruto de 29,52% en la variedad *Ferragnés* (n=16) (azul), un 30,15% en la variedad *Masbovera* (n=19) (verde), similar a la variedad *Ferragnés*, en cambio la variedad *Glorieta* (n=29) (rojo) mostró un porcentaje de cuajado inferior con solo un 20,35% de fruto cuajado. En el campo 2 las tres variedades siguen la misma dinámica aunque con unos valores inferiores de fruto cuajado con un 20,18% en la variedad *Ferragnés* (n=30), un 21,17% en la variedad *Masbovera* (n=30) y un 13,40 en la variedad *Glorieta* (n=10). Las variedades *Ferragnés* y *Masbovera* han presentado porcentaje de cuajado superior a la variedad *Glorieta* en ambos campos, presentando diferencias significativas con una $p=0,010$ entre las variedades *Ferragnés* y *Glorieta* y una $p=0,007$ entre las variedades *Masbovera* y *Glorieta* en el campo 1.

Con estos resultados se constata que hay un mayor cuajado de fruto con la instalación de las colmenas de *B. terrestris*, en cada una de las variedades por separado.

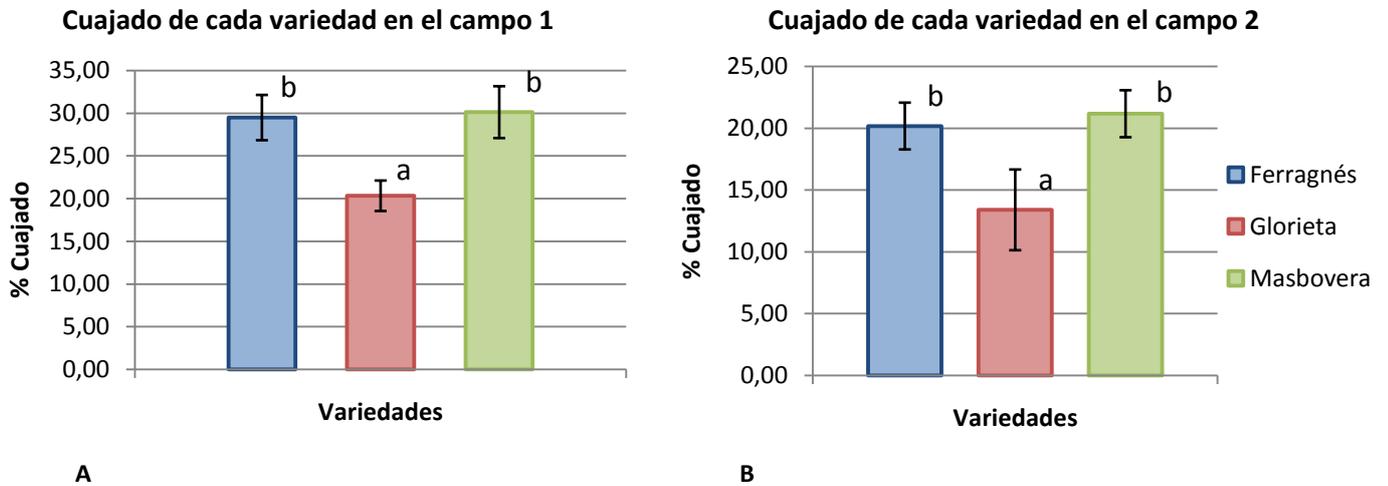


Figura 11. En la gráfica de la izquierda (A) se observa el porcentaje de cuajado de almendra de cada variedad implantada en la finca con *Bombus terrestris* (campo 1) y a la derecha (B) se observa el porcentaje de cuajado de almendra con la fauna silvestre (campo 2). Duncan. Medias \pm error estándar con una $R^2=0,052$ en campo 1 y $R^2=0,020$ en campo 2. Columnas seguidas de diferentes letras indican diferencias significativas ($p<0,05$).

En la Figura 12 se analizan los datos de las tres variedades de ambos campos (campo 1 y campo 2) de manera conjunta, observándose diferencias significativas entre las variedades *Ferragnes* y *Masbovera* del campo 1 respecto a la variedad *Glorieta* del campo 1 y todas las variedades del campo 2. El porcentaje de cuajado de la variedad *Glorieta* del campo 1 no difiere significativamente de los valores obtenidos con las variedades *Ferragnes* y *Masbovera* del campo 2, siendo el cuajado de la variedad *Glorieta* del campo 2 el más bajo que se ha obtenido (13,40%), mostrando diferencias estadísticamente diferentes del resto.

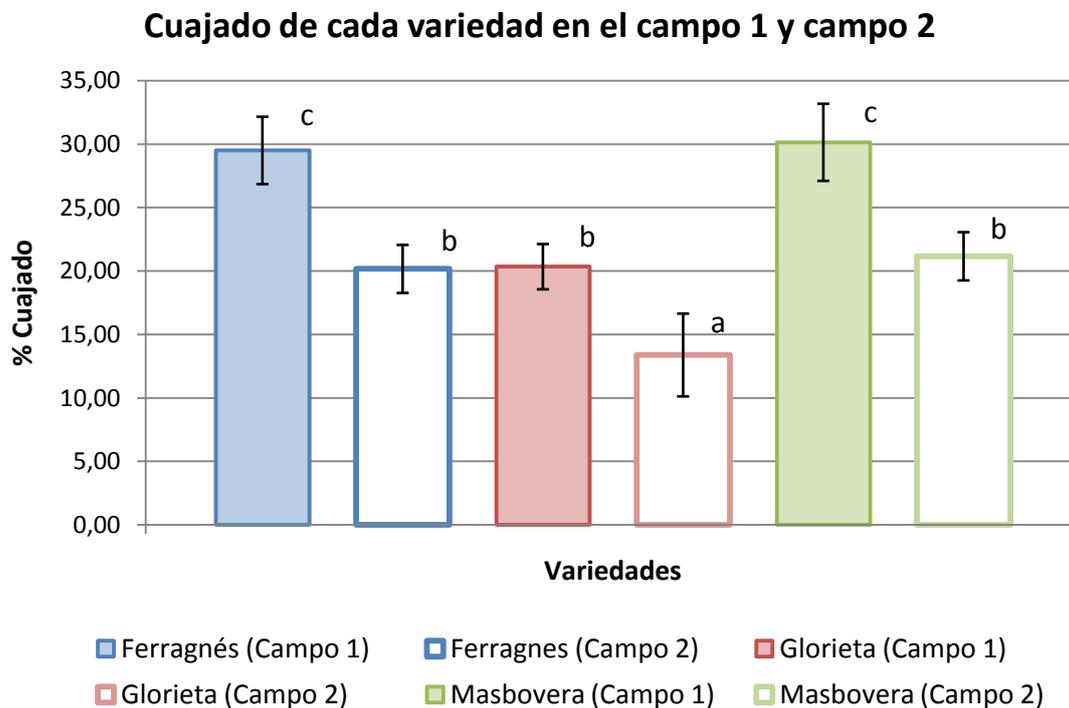


Figura 12. Porcentaje de cuajado de almendra de las variedades implantadas en el campo 1 (*Bombus terrestris*) y campo 2 (Control). Duncan. Medias \pm error estándar. Columnas seguidas de diferentes letras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

4.3. Porcentaje de cuajado a diferentes distancias

En la Figura 13 se representa el porcentaje de cuajado a diferentes distancias del centro donde se instalaron las colmenas de *B. terrestris*. Las diferentes barras indican cada una de las áreas establecidas para determinar el cuajado obtenido, según las diferentes distancias respecto del centro (con 5 franjas de 20 m cada una).

En la primera franja (0-20 m) se obtuvo un porcentaje de cuajado de fruto del 33,74% significativamente mayor respecto las demás, con la franja de 20-40 m se obtuvo una $p = 0,005$, con la de 40-60 m una $p = 0,054$, con la de 60-80 m una $p = 0,032$ y entre 80-100 m una $p = 0,005$.

En las franjas de 20-40 m, 40-60 m y 60-80 m se obtuvo un cuajado bastante similar entre ellas, sin diferencias significativas, con unos valores de 23,34%, 26,65% y 26,19% respectivamente.

En la franja más lejana del punto cero de 80-100m se registró un cuajado bastante inferior al resto, con un valor del 16,84%, aunque al realizar el análisis estadístico no se obtuvieron diferencias significativas entre esta franja y la de 20-40.

Según el estudio realizado por el IRTA (Miarnau *et al.*, 2013) se obtuvieron unos porcentajes de cuajado más elevados entre 35-75 metros. Comparando estos resultados con el presente estudio, se puede observar una gran similitud con los resultados obtenidos, ya que entre 40-80 metros se obtuvo un cuajado superior respecto a las demás franjas, exceptuando la franja de 0-20, que es donde obtuvimos un cuajado aún mayor, posiblemente debido a una mayor concentración de *B. terrestris* y al ser una área más pequeña respecto las demás franjas.

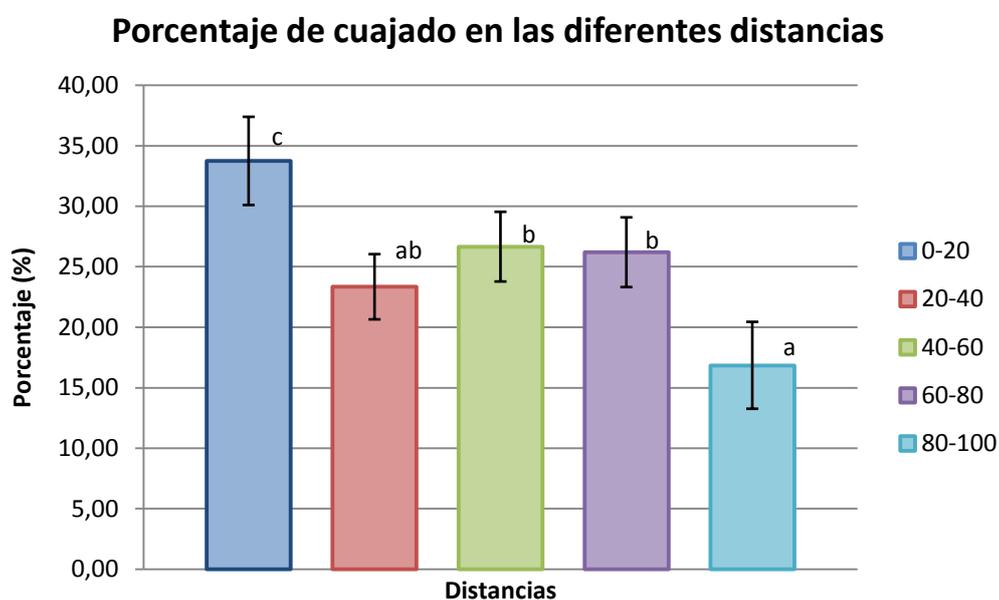


Figura 13. Representación del porcentaje de cuajado en diferentes distancias (metros) en el campo 1. Duncan. Medias \pm desviación típica. Las columnas seguidas de letras diferentes señalan diferencias significativas ($p < 0,05$).

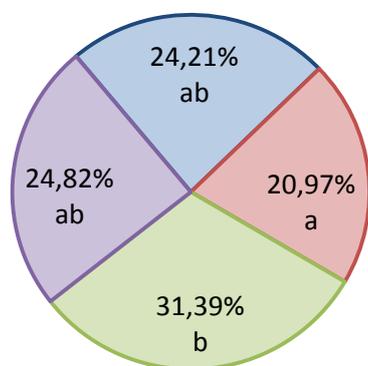
4.4. Porcentaje de cuajado según la orientación

Al determinar el porcentaje de cuajado en las cuatro zonas establecidas en cada árbol, teniendo como referencia los cuatro puntos cardinales (Figura 14), se puede observar en el campo 1 con bastante claridad que la preferencia de recogida de polen del *B. terrestris* es la cara sur, obteniendo unos valores más elevados en cuanto a porcentaje de cuajado (31,39%). Estos resultados también se observaron en el estudio de IRTA (Miarnau *et al.*, 2013) obteniendo un porcentaje de cuajado superior en la cara sur (>50%).

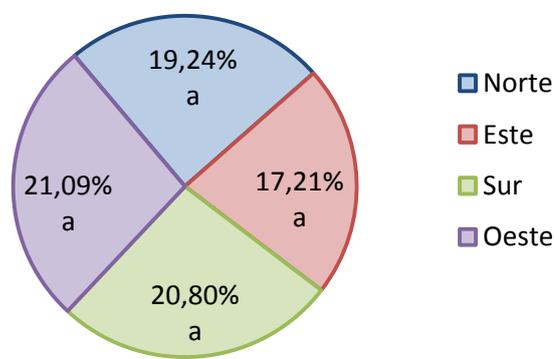
En cambio en las otras tres orientaciones (norte, este y oeste) se obtuvo un cuajado inferior con valores de 24,21%, 20,97% y 24,21% respectivamente, aunque solamente la cara este es significativamente diferente a la cara sur con un $p=0,047$.

En el campo 2 no se observaron diferencias significativas en ninguna de las orientaciones, los valores de cuajado de fruto son de 19,24% en la cara norte, un 17,21% en la este, un 20,80% en la sur y un 21,09% en la cara oeste, por tanto no se pueden establecer preferencias de polinización de la fauna silvestre en este campo.

% de cuajado según orientación (campo 1)



% de cuajado según orientación (campo 2)



■ Norte
 ■ Este
 ■ Sur
 ■ Oeste

Figura 14. Representación del porcentaje de cuajado de almendra en el campo 1 y campo 2 según la orientación. Duncan. Medias \pm error estándar. Las áreas seguidas de alguna letra diferente señalan diferencias significativas ($p<0,05$).

4.5. Estudio del comportamiento de los agentes polinizadores.

Mediante las observaciones directas se cuantificó el número de *B. terrestris*, *A. mellifera* y otros polinizadores en tres periodos de tiempo diferentes del día (mañana, mediodía y tarde). También se determinó la presencia de *B. terrestris*, *A. mellifera* y otros polinizadores en tres situaciones meteorológicas diferentes (soleado, nublado y lluvioso).

4.5.1. Comportamiento en diferentes momentos del día

En las Figuras 15 y 16 se representa el porcentaje de polinizadores según el momento del día y el porcentaje de cada insecto a lo largo del día. El total de polinizadores observados fue de 370 ejemplares. Por la mañana se observó un 22,16% del total de

polinizadores (n=82), el 47,56% eran de *B. terrestris*, el 29,27% eran de *A. mellifera* y el 23,17% otros insectos. Los abejorros salen temprano a polinizar y las abejas esperan unas temperaturas más cálidas. Por ello, *Apis mellifera* no presenta competencia con *Bombus terrestris*, ya que las abejas salen más tarde en busca de recursos.

Por otra parte, durante el mediodía se encontró una polinización más activa con un 51,08% del total de la polinizadores observados (n=189). En este período se dio una situación completamente diferente que la mañana, ya que se contó un gran número de *A. mellifera* con un 67,72% de observaciones frente a un 27,51% de *B. terrestris* y un 4,76% de otros polinizadores. En este período *B. terrestris* están más en reposo para no sobrecalentarse.

Con el atardecer se obtuvo un 26,76% del total de polinizadores vistos en campo (n=99), siendo los *B. terrestris* más activos con una presencia del 71,72% mientras que *A. mellifera* solo está presente con un 4,04% y otros polinizadores con un 24,24%. Esto es debido a que las temperaturas disminuyen, lo que limita el vuelo de las abejas, ya que la actividad es máxima en temperaturas medias de 20º a 22ºC (Aguado, 2015), en cambio, los abejorros vuelven a incrementar su vuelo ya que están adaptados a climas fríos y templados.

En árboles frutales al introducir un agente polinizador que no sea *A. mellifera*, hace modificar el comportamiento de *A. mellifera* en el entorno aumentando su efecto como polinizador. Además, al aumentar la diversidad de diferentes polinizadores incrementa sinérgicamente la polinización (Brittain *et al.*, 2013), por ello la implantación de *B. terrestris* hace que las abejas estén más activas provocando una polinización mayor y así aumentando la producción de los árboles frutales.

Presencia de polinizadores

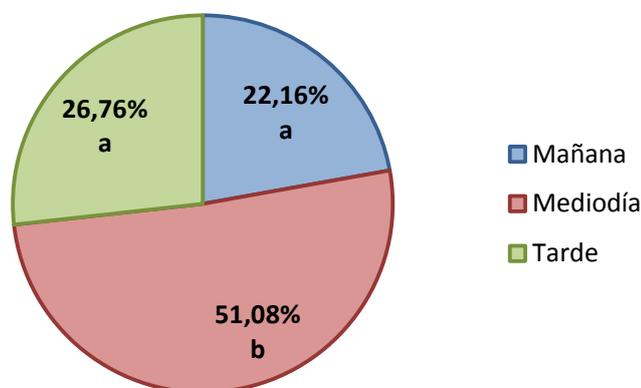


Figura 15. Representación del total de los polinizadores en cada período del día, con una n=82 por la mañana, una n=189 por el mediodía y una n=99 por la tarde. Duncan. Medias ± Error estándar. Los áreas seguidas de alguna letra diferente señala diferencias significativas ($p < 0,05$).

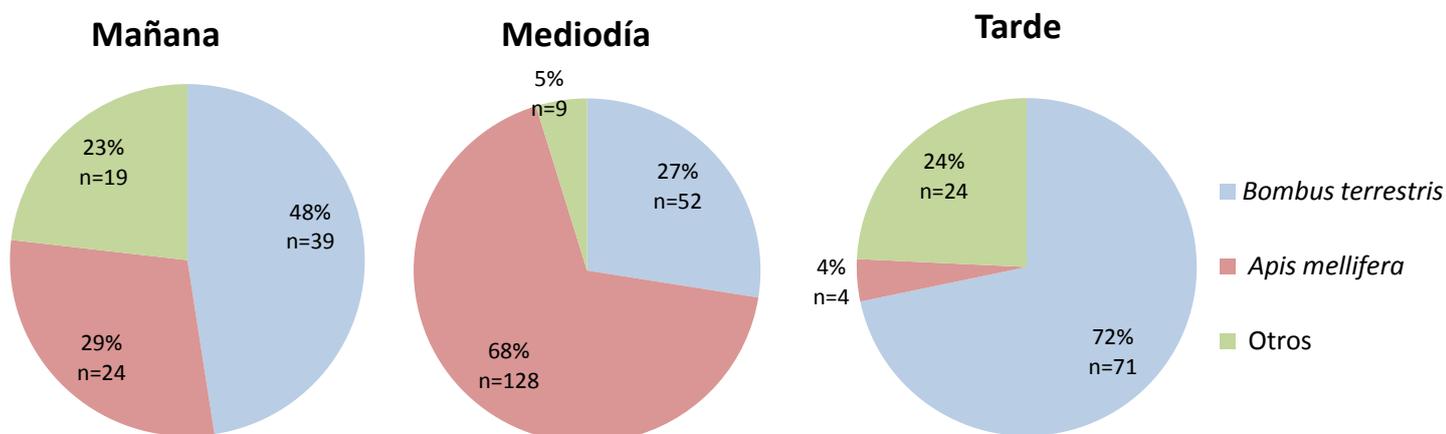


Figura 16. Representación de vuelo de los diferentes polinizadores en cada periodo del día.

4.5.2. Comportamiento bajo diferentes condiciones meteorológicas

En la Figura 17 se representa la presencia de *B. terrestris* y *A. mellifera* en tres situaciones meteorológicas diferentes del día (soleado, nublado y lluvioso). Esta parte del estudio se llevó a cabo mediante el conteo de los diferentes polinizadores, tres veces al día (mañana, mediodía y tarde) en un periodo de tres días.

Cuando el día era soleado se observó el vuelo de 87 *A. mellifera* y de 70 *B. terrestris*, lo que supone un 49,43% y un 39,77% respectivamente. En cambio, en días nublados, se contabilizó un vuelo mucho más reducido de ambos polinizadores con 65 *A. mellifera* (48,43%) y 45 *B. terrestris* (33,83%). En cambio los vuelos de otros polinizadores no se ven tan alterados en ambas condiciones, siendo del 10,80% cuando el día es soleado y del 17,29% cuando está nublado.

En presencia de lluvia el vuelo de *A. mellifera* se ve reducido drásticamente con tan sólo 4 ejemplares (6,56%) y el de *B. terrestris* no se ve afectado, observándose 47 ejemplares (77,05%).

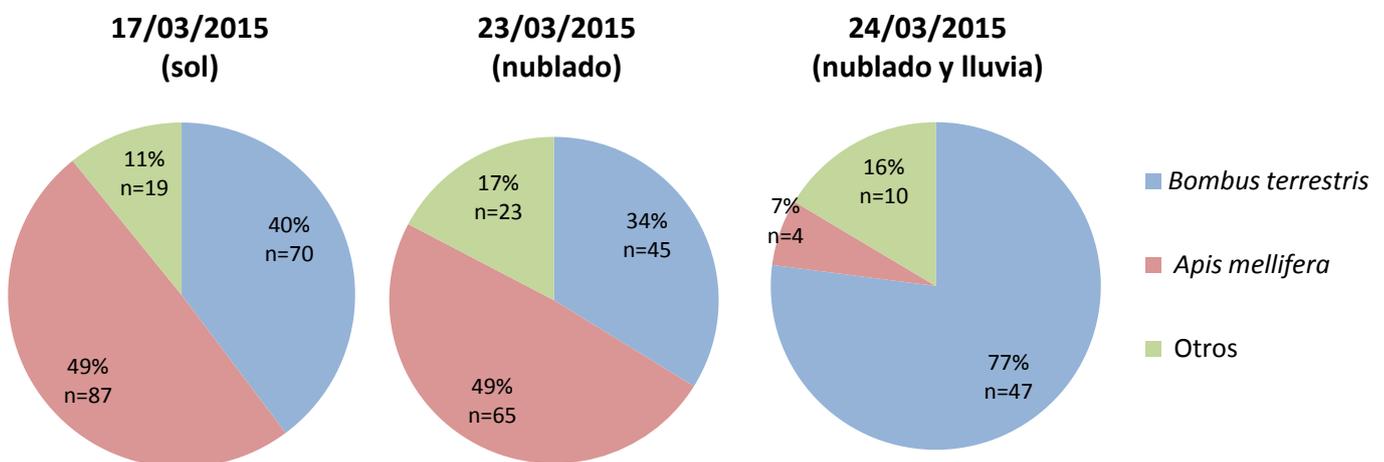


Figura 17. Representación del porcentaje de los diferentes polinizadores respecto al estado meteorológico del día.

4.6. Observación del comportamiento de *B. terrestris*.

Se cogieron datos del número de flores y de árboles visitados por *B. terrestris*, anotándose también el tiempo en flor y de vuelo. Estos datos se recogieron 3 veces al día (mañana, mediodía y tarde) durante un período 3 días. Los datos se obtuvieron con 72 *B. terrestris*, de los cuales 22 ejemplares fueron visualizados durante la mañana, 25 ejemplares durante el mediodía y 25 ejemplares durante la tarde. El protocolo que se quería seguir era hacer cada observación durante 3 minutos por ejemplar, pero no se pudo llevar a cabo porque los individuos se llegaban a perder de vista. Por ello, todos los datos obtenidos se han dividido por el tiempo total (tiempo en flor y tiempo que está en vuelo *B. terrestris*) de cada individuo para obtener resultados fiables.

En la Figura 18 se muestra el número de flores visitadas respecto el tiempo total durante 3 veces al día. Por la mañana se observó 0,13 flores/tiempo total, durante el mediodía se observaron 0,17 flores/tiempo total y por la tarde 0,10 flores/tiempo total. Mediante el análisis estadístico se observa que hay diferencias significativas entre la tarde y el mediodía con una $p=0,049$, aunque no se observan entre la mañana y la tarde y entre la mañana y el mediodía.

En la Figura 19 se representa el número de árboles visitados respecto el tiempo total. Mediante el análisis estadístico se observa que no hay diferencias significativas en ninguno de los períodos estudiados. Por la mañana se obtuvieron valores de 0,056 árboles/tiempo total, durante el mediodía de 0,064 árboles/tiempo total y por la tarde de 0,043 árboles/tiempo total.

De los datos de la figura 18 y 19 se constata que *B. terrestris* muestra un comportamiento polinizador en campo más activo durante el mediodía, seguido de la mañana y finalmente es por la tarde cuando este comportamiento disminuye.

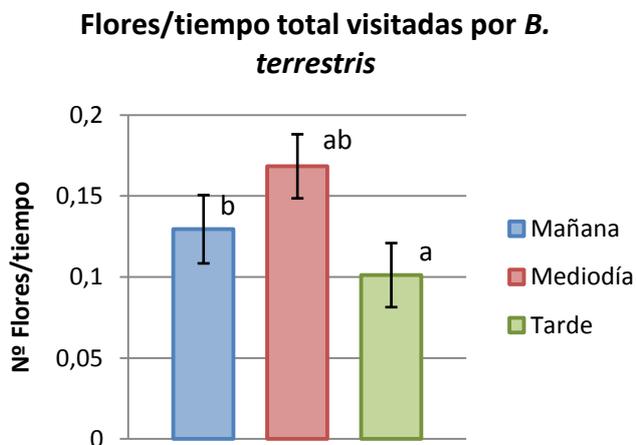


Figura 18. Representación del número de flores respecto al tiempo total visitadas por *B. terrestris* en cada periodo del día. Duncan: medias \pm error estándar, letras diferentes señala diferencias significativas ($p<0,05$). $R^2=0,078$

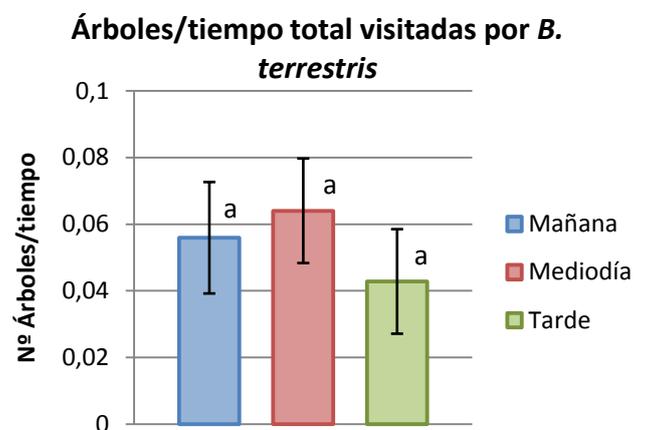


Figura 19. Representación del número de árboles respecto tiempo total visitadas por *B. terrestris* en cada periodo del día. Duncan: medias \pm error estándar, letras diferentes señala diferencias significativas ($p<0,05$). $R^2=0,013$

En la Figura 20 y Figura 21 se representa el porcentaje de tiempo que *B. terrestris* utiliza yendo de árbol a árbol y el porcentaje del tiempo que permanece en las flores, en cada uno de los tres períodos del día estudiados. En la Figura 20 se observa que durante la tarde los ejemplares tienen un mayor porcentaje de vuelo entre árboles respecto a los demás períodos (28,12%), durante el mediodía presentan un menor porcentaje de vuelo entre árboles (22,76%) y durante la mañana hay un 25,00% de

vuelo entre árboles. Según el análisis estadístico no hay diferencias significativas entre ninguno de los períodos.

En la Figura 21 se observa un mayor porcentaje de tiempo en flor durante el mediodía (74,99%) y un menor porcentaje en flor por la tarde (71,88%), obteniéndose durante la mañana un valor intermedio (74,99%). En este caso tampoco hay diferencias significativas en ninguno de los períodos estudiados.

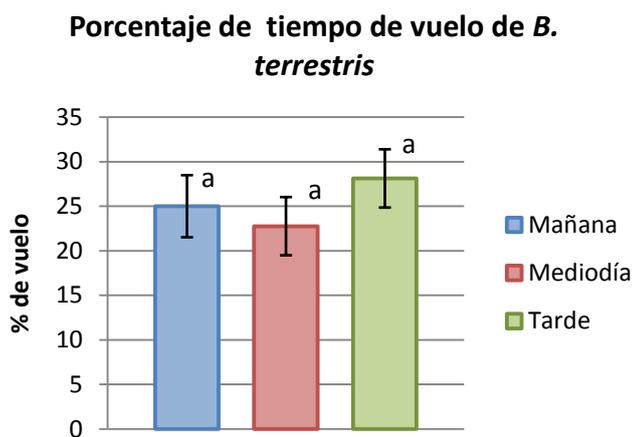


Figura 20. Representación del % de vuelo de *B. terrestris* en cada período del día. Duncan: medias \pm error estándar, letras diferentes señala diferencias significativas ($p < 0,05$). $R^2 = 0,019$.

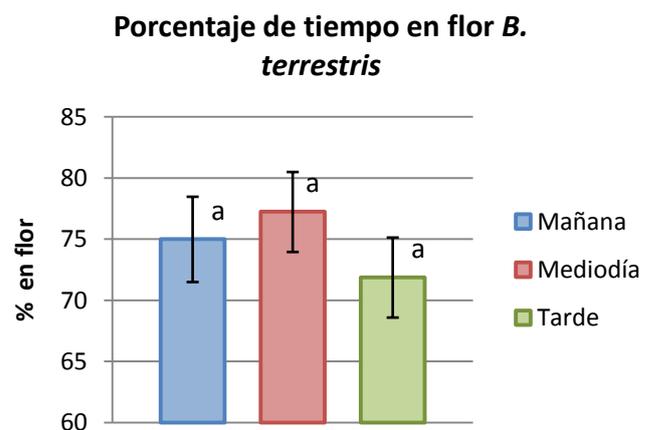


Figura 21. Representación del % en flor de *B. terrestris* en cada período del día. Duncan: medias \pm error estándar, letras diferentes señala diferencias significativas ($p < 0,05$). $R^2 = 0,019$.

Los datos de las Figuras 20 y 21 nos indican que es durante el mediodía cuando *B. terrestris* está más tiempo recolectando alimento en las flores y por tanto realizando la actividad polinizadora, y por tanto es cuando más flores visita como se observa en la Figura 18. Por la tarde el porcentaje de tiempo que está visitando las flores disminuye bastante ya que aumenta el porcentaje de tiempo que dedica a ir de árbol en árbol, disminuyendo el número de flores visitadas y su capacidad polinizadora. En cambio es por la mañana cuando muestra una actividad intermedia entre el mediodía y la tarde.

En la Figura 22 se representa el porcentaje total de vuelo entre árboles y el porcentaje total en flor, observándose un porcentaje superior del tiempo que permanecen en flor (74,69%) y un porcentaje inferior del tiempo que *B. terrestris* está en vuelo (25,31%). Según el análisis estadístico se observan diferencias significativas con una $p = 0,00$. Con estos resultados constatamos que *B. terrestris* invierte más tiempo en flor que volando entre árboles, siendo este comportamiento muy positivo ya que al estar más tiempo en la flor aumenta la probabilidad de un % mayor el cuajado de fruto.

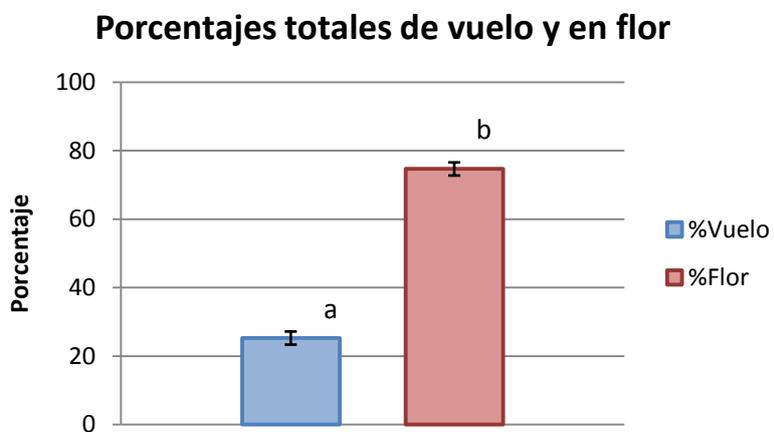


Figura 22. Representación del % total de vuelo y % total en flor. Duncan: medias \pm error estándar, letras diferentes señalan diferencias significativas ($p < 0,05$).

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

1. En el campo 1 se incrementó el cuajado del fruto y la producción de almendra un 5,81% con la introducción de colonias de *B. terrestris* respecto a la parcela control (campo 2).
2. Tanto en el campo 1 (*B. terrestris*) como en el campo 2 (control) se observó que las variedades *Ferragnés* y *Masbovera* presentaban un mayor cuajado de fruto respecto a la variedad *Glorieta*.
3. El porcentaje de cuajado fue superior en el área de experimentación más cercana a las colonias de *B. terrestris* (0-20 m, 33,74% de cuajado). Por otra parte, a partir de los 80 metros el cuajado se vio considerablemente reducido (16,84%).
4. La preferencia de polinización de *B. terrestris* en el almendro fue superior en la cara sur del árbol (31,39% de cuajado), respecto a las orientaciones Norte, Oeste y Este (24,21%, 24,82% y 20,97% de cuajado). Los polinizadores naturales del campo control no mostraron preferencia por ninguna orientación del árbol.
5. Por la mañana predominó la presencia de *B. terrestris* (47,56% de las observaciones) respecto a *A. mellifera* (29,27% de las observaciones), mientras que durante el mediodía hubo una mayor presencia de *A. mellifera* (67,72% de las observaciones) respecto a *B. terrestris* (27,51% de las observaciones). Finalmente por la tarde también predominó *B. terrestris* (71,72% de las observaciones).
6. Cuando el día fue soleado hubo una mayor presencia de *A. mellifera* (49,43% de las observaciones), mientras que fue inferior en *B. terrestris* (39,77% de las observaciones). En cambio cuando el día fue lluvioso, la presencia de *A. mellifera* disminuyó drásticamente hasta un 6,56% de las observaciones, mientras que *B. terrestris* aumentó hasta el 77,05% de las observaciones.
7. De las observaciones directas de individuos de *B. terrestris* se constata que su comportamiento polinizador en campo es más activo durante el mediodía, seguido de la mañana y finalmente por la tarde es cuando disminuye este comportamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. BIBLIOGRAFÍA

- Aguado, L. Fereres, A. Viñuela E. (2015).** Guía de campo de los polinizadores de España. Ed Mundi-Prensa, España.
- Agustí, M. (2004).** Fructicultura. Ed Mundi-Prensa, Madrid, España. 496 pp.
- Berland, L. (1976).** Atlas des Hyménoptères de France. En: *Atlas D 'Entomologie*, vol. 1. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris, 157 pp.
- Blarer A, Keasar T, Shimida. (2002).** Possible Mechanisms for the Formation of Flower Size Preferences by Foraging Bumblebees. *Ethology*. 108(4):341-351.
- Brittain C, Williams N, Kremen C & Klein A-M. (2013).** Synergistic effects of *no-Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proc R Soc B* 280: 20122767.
- Ceballos, G. (1956).** *Catálogo de los himenópteros de España*. CSIC, Madrid.
- Coppée, A. (2010).** *Bombus terrestris* (L. 1758): A complex species or a species complex? Intraspecific pheromonal and genetic variations of *Bombus terrestris* (L.).
- DeGrandi-Hoggman, G. (2003).** Honey Bees in U.S Agriculture: Past, Present, and Future. En *For Nonnative Crops, Whence pollinators of the future?*. Editado por Strickler, k., & J. H. Cane. Thomas say publications in entomology. pp. 11-18.
- Egea, J. (2010).** La Polinización en el Almendro. Jornadas Técnicas de Frutos Secos. Murcia.
- Felipe, J.A. (2000).** *El almendro: I el material vegetal*. Ed. Mira, Zaragoza, España. 464pp.
- Fernández, A.V. (2010).** La autocompatibilidad en el almendro (*Prunus amygdalus* Batsch): estructura genética del alelo S_f y modificaciones de su expresión. Zaragoza, España. 12pp.
- Goulson, D. (2003).** *Bumblebees, their behaviour and ecology*. Oxford University Press, New York, 235 pp.
- Grasselly, C. & Olivier, (G. 1976).** Mise en évidence de quelques types autocompatibles parmi les cultivars d'amandier (*P. amygdalus* Batsch) de la population des Pouilles. *Ann. Amélior.*
- Heinrich, B. (1979).** *Bumblebee economics*. 3rd Edition, Harvard University Press, London, 245pp.

- Heinrich, B. (2000).** Bumblebee Economics. Harvard College. United States of America.
- Huffaker, C.B. & Rabb, R.L. (1984).** *Ecological Entomology*. Wiley Interscience, New York, 756 pp.
- López-Vaamonde, C. (2005).** Review on conflict between queens and workers over reproduction in the bumblebee *Bombus terrestris*. En: Guerra-Sanz, J.M., Roldán Serrano, A. y Mena Granero, A. (eds.). *First Short Course on Pollination of Horticultural Plants*. IFAPA, Almería, 123-136
- Luís Óscar, A.M., Alberto, F.C. & Elisa, V.S. (2015).** Guía de campo de los polinizadores de España. Ed Mundi-Prensa, Madrid, España. 46pp.
- Miarnau, X., Rovira, M., Alegre, S. & Vargas, F.J. (2013).** Improving set in self-fertile almond cultivars with bumblebees. Murcia, España.
- Morales, C.L. (2007).** Introducción de abejorros (*Bombus*) no nativos: causas, consecuencias ecológicas y perspectivas. Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral*, 17, 51-65.
- Ornosa, C. (1986).** Especies de *Bombinae* de la Sierra de los Ancares (Hymenoptera: Apidae). En: *Actas de las VIII Jornadas Asociación Española de Entomología*, Sevilla, 1042-1050.
- O'Toole, C. y Raw, A. (1991).** *Bees of the world*. Blandford, London, 191pp.
- Pouvreau, A. (1989).** Contribution à l'étude du polyéthisme chez les bourdons, *Bombus* Latr. (Hymenoptera: Apidae). *Apidologie*, 20: 229-244.
- Prys-Jones, O.E. (1982).** *Ecological studies of foraging and life history in bumblebees*. Ph. D. Thesis, University of Cambridge
- Prys-Jones, O.E. & Corbet, S.A. (1991).** *Bumblebees*. Richmond Publishing Co. Ltd. Slough (England), 92 pp.
- Rallo, J. & Sacarés, J. (1997).** La història de l'ametller a Mallorca Mitjançant la bibliografia. Ed. De pinte en Ample. Lluçmajor, España. 52 pp.
- Richards, O.W. & Davies, R.G. (1984).** *Tratado de Entomología Imms vol. 2: clasificación y biología*.
- Rubí, V. (1980).** El Almendro. Ed. Delegacion del Ministerio de Agricultura en Baleares. Dilagro, Lérida, España. 13-18 pp.

Sladen, F.W.L. (1912). *The Humble bee, its life history and how to domesticate it, with descriptions of all the British species of "Bombus" and "Psithyrus"*. Logaston Press, London, 273 pp.

Socias & Company, R. (1977). La autoincompatibilidad en el almendro. Información Técnica Económica Agraria 26: 41–47.

Socias & Company R (1984). A genetic approach to the transmission of selfcompatibility in almond. Options Méditerr.

Valdes, G., Ayuso, E., Rico E.J. & Más M. (2002). El almendro: variedades de vanguardia. Estación experimental agraria de Elche.

Varela, F. (1974). *Los ojos de los insectos*. Alambra, Madrid, 108 pp

Vargas F., Romero M., Clavé J., Alegre S. & Miarnau X. (2009). Variedades de almendro IRTA. Tarragona.

Velthuis, HHW. (2002). The historical background of the domestication of the bumblebee, *Bombus terrestris*, and its introduction in agriculture. Pp 177-184 in: Kevan P, Imperatriz Fonseca VL (eds) Pollinating Bees- the conservation link between agriculture and nature. Ministry of Environment, Brazil.

Yoon, H.J., Kim S.Y., Lee K.Y., Lee S.B., Park I.G. & Kim I., (2009). Interspecific Hybridization of the Bumblebees *Bombus ignitus* and *Bombus terrestris*. *International Journal of Industrial Entomology*, 18(1), 41-58.

Winter, K., Adams, L., Thorp R., Inouye, D., Day, L., Ascher, J., & S BUCHMANN. (2006). Importation of nonnative Bumble bees into North America: Potential consequences of using *Bombus terrestris* and other non-native bumblebees for and the United States. White Paper of the North American Pollinator Protection Campaign. 33 pp.