

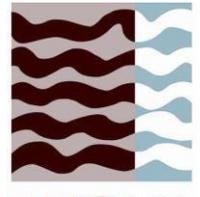


Universidad
Politécnica
de Cartagena



UPCT

Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Agronómica



ETSIA

*Máster Universitario
en Técnicas Avanzadas en
Investigación y Desarrollo Agrario y
Alimentario*

«Efecto de la asociación de leguminosa con melón
en la polinización y producción»

Autor: Sergio Asensio Plazas

Dirección: Dña. Josefa Contreras Gallego

Dña. María Pérez Marcos

D. Raúl Zornoza Belmonte

Cartagena, 6 de septiembre de 2022

- ÍNDICE -

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
1. IMPORTANCIA DE LA POLINIZACIÓN ENTOMÓFILA EN LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS	3
2. AGRICULTURA INTENSIVA Y PÉRDIDA DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA	5
3. ESTRATEGIAS Y MEDIDAS DE CONSERVACIÓN DE POLINIZADORES	7
4. INTERÉS DE LAS LEGUMINOSAS COMO CULTIVO ASOCIADO	9
5. LA ASOCIACIÓN MELÓN-JUDÍA DE CARETA	11
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
1. IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO	14
2. PREPARACIÓN DEL TERRENO	15
3. PLANTACIÓN Y SIEMBRA	15
4. LABORES DE CULTIVO	17
4.1. RIEGO Y FERTILIZACIÓN	17
4.2. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	17
5. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA COSECHA	18
6. ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD DE POLINIZADORES	18
7. ANÁLISIS DE LOS DATOS	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
1. NÚMERO DE FLORES	22
2. ABUNDANCIA DE POLINIZADORES	23
3. DIVERSIDAD DE ABEJAS	29
4. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA COSECHA	40
V. CONCLUSIÓN.....	45
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

- ÍNDICE DE TABLAS -

TABLA 1. Porcentaje de dependencia de algunos cultivos a la polinización entomófila.
Fuente: Adaptado de Heiblum, 2019.

(PÁG. 3)

TABLA 2. Clasificación taxonómica y características de las especies vegetales plantadas.

(PÁG. 12)

TABLA 3. Parcelas, superficies y sistema de cultivo implantado.

(PÁG. 14)

TABLA 4. Marco de plantación de los distintos sistemas de cultivo: monocultivo y cultivo asociado.

(PÁG. 16)

TABLA 5. Fechas y tratamientos aplicados a las diferentes parcelas durante el cultivo.

(PÁG. 17)

TABLA 6. Abundancia y porcentaje de órdenes de polinizadores totales capturados en trampas Moericke, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

(PÁG. 23)

TABLA 7. Abundancia y porcentaje de polinizadores totales observados visualmente, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

(PÁG. 23)

TABLA 8. Abundancia y porcentaje de familias de abejas capturadas en trampas Moericke, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

(PÁG. 30)

TABLA 9. Abundancia y porcentaje de familias de abejas observadas visualmente, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

(PÁG. 30)

TABLA 10. Abundancia y porcentaje de géneros de abejas capturados en trampas Moericke, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

(PÁG. 34)

TABLA 11. Abundancia y porcentaje de géneros de abejas observados visualmente, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

(PÁG. 35)

TABLA 12. Producción, número de melones por planta y peso medio de los melones para cada tratamiento.

(PÁG. 41)

- ÍNDICE DE FIGURAS -

FIGURA 1. Clasificación taxonómica de algunos himenópteros de interés en el proceso de polinización -abejas, abejorros y avispas-.

(PÁG. 4)

FIGURA 2. Abeja melífera occidental o *Apis mellifera* (L.) observada visualmente y en lupa binocular.

(PÁG. 5)

FIGURA 3. Porcentaje de disminución, vulnerabilidad, peligro o extinción de diferentes grupos de insectos. *Fuente: Sánchez-Bayo y Wyckhuys, 2019.*

(PÁG. 7)

FIGURA 4. Parcela de policultivo con asociación de melón y judía.

(PÁG. 9)

FIGURA 5. función de los procariontes (*Rhizobium*) en el ciclo del nitrógeno. *Fuente: Google Imágenes.*

(PÁG. 10)

FIGURA 6. Producción en monocultivo de melón y en cultivo asociado melón-caupí. *Fuente: Acosta-Avilés et al., 2019.*

(PÁG. 11)

FIGURA 7. Localización geográfica de la Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro - E.T.S.I.A. (UPCT) – Murcia (España).

(PÁG. 14)

FIGURA 8. Ubicación de los sistemas de cultivo en el área de Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro - E.T.S.I.A. (UPCT) – Murcia (España). Leyenda: ver tabla 4.

(PÁG. 15)

FIGURA 9. Parcela de policultivo con siembra de melón y judía.

(PÁG. 16)

FIGURA 10. Metodología e instrumental empleado para el muestreo visual y la clasificación taxonómica de la entomofauna atrapada en los barreños.

(PÁG. 19)

FIGURA 11. Morfología del ala anterior de las abejas (Hym.: Apoidea).

(PÁG. 20)

FIGURA 12. 1. Escopa de Megachilidae; 2. Rima en un ejemplar de *Lasioglossum* (fam. Halictidae); 3. Corbícula o cestillo en *Apis mellifera* L.; 4. Manchas faciales en el género *Hylaeus*.

(PÁG. 21)

FIGURA 13. IZQ.: Número de flores totales por tratamiento. DCHA.: Número de flores por parcela (MONOCULTIVO: P2, P3 y P6; ASOCIADO: P1, P4 y P5) y muestreo. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 22)

FIGURA 14. Porcentaje de órdenes de polinizadores totales, tanto en monocultivo como en asociado. IZQ.: Capturados en trampas Moericke. DCHA.: Observados visualmente.

(PÁG. 24)

FIGURA 15. IZQ.: Abundancia media de polinizadores totales capturados en monocultivo y policultivo. DCHA.: Abundancia media de polinizadores capturados para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 24)

FIGURA 16. Abundancia media de polinizadores totales capturados para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 25)

FIGURA 17. Abundancia media de dípteros capturados para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 26)

FIGURA 18. Abundancia media de dípteros capturados para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 26)

FIGURA 19. Granja ecológica de pollos situada en las proximidades de P2 (MONOCULTIVO). (PÁG. 27)

FIGURA 20. Abundancia media de himenópteros capturados para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 27)

FIGURA 21. Abundancia media de himenópteros capturados para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 28)

FIGURA 22. Ubicación y entorno de la parcela 5 (ASOCIADO) y de la parcela 6 (MONOCULTIVO). (PÁG. 29)

FIGURA 23. Porcentaje de familias de abejas, tanto en monocultivo como en asociado. IZQ.: Capturadas en trampas Moericke. DCHA.: Observadas visualmente. (PÁG. 30)

FIGURA 24. Abundancia media de la familia Apidae para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 31)

FIGURA 25. Abundancia media de Apidae para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 31)

FIGURA 26. Abundancia media de Halictidae para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 32)

FIGURA 27. Abundancia media de Halictidae para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar. (PÁG. 33)

FIGURA 28: Porcentaje de géneros de abejas, tanto en monocultivo como en asociado **IZQ.:** Capturados en trampas Moericke. **DCHA.:** Observados visualmente.

(PÁG. 35)

FIGURA 29. Vista en lupa binocular de un ejemplar de *Lasioglossum* sp.

(PÁG. 36)

FIGURA 30. Abundancia media de *Lasioglossum* para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 36)

FIGURA 31. Abundancia media de *Lasioglossum* para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 37)

FIGURA 32. Abundancia media de *Apis* para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 38)

FIGURA 33. Abundancia media de *Apis* para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 38)

FIGURA 34. Abundancia media de abejas silvestres para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 39)

FIGURA 35. Abundancia media de abejas silvestres para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 40)

FIGURA 36. ARRIBA: Oídio en parcela 3 (monocultivo). **DEBAJO:** Malas hierbas en parcela 4 (asociado).

(PÁG. 41)

FIGURA 37. IZQ.: Rendimiento de la cosecha del melón en monocultivo y cultivo asociado. **DCHA.:** Rendimiento de la cosecha del melón en las diferentes parcelas. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 42)

FIGURA 38. IZQ.: Número de melones por planta en monocultivo y cultivo asociado. **DCHA.:** Número de melones por planta en las diferentes parcelas. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 43)

FIGURA 39. IZQ.: Peso medio de los melones en monocultivo y cultivo asociado. **DCHA.:** Peso medio de los melones en las diferentes parcelas. Las barras de error indican desviación estándar.

(PÁG. 43)

FIGURA 40. Rendimiento de cada parcela durante cada recolección de los melones.

(PÁG. 44)

RESUMEN

En las últimas décadas se ha llevado a cabo una intensificación agrícola basada en la implantación generalizada de monocultivos, así como el uso de insumos externos basados en fertilizantes y pesticidas químicos. Esto tiene muchos impactos ambientales negativos y uno de los más importantes es la pérdida de biodiversidad. Existe una gran preocupación sobre la pérdida de polinizadores, ya que supone una amenaza para la producción sostenible de alimentos a escala global. Técnicas como la asociación de cultivos se plantean como una posible solución al problema.

Este estudio tiene como objetivo evaluar la diversidad y abundancia de diferentes grupos de polinizadores en el cultivo del melón, así como determinar el efecto de su asociación con leguminosas para comprobar si esta técnica tiene un efecto positivo en los polinizadores y, de forma indirecta, en la producción del cultivo.

Se comparó el monocultivo del melón con el sistema de cultivo asociado melón-caupí siguiendo la normativa ecológica y disminuyendo la fertilización orgánica en un 30%. Los polinizadores se muestrearon mediante transectos y con trampas Moericke, clasificando a nivel de orden los dípteros, lepidópteros y coleópteros; y llegando a nivel de familia y género en el caso de las abejas.

El retraso en la floración del caupí no permitió detectar diferencias significativas entre el número de polinizadores en los tratamientos, aunque fue el policultivo el más diverso. Diptera fue el orden de polinizadores más frecuente y abundante en los muestreos, seguido de Hymenoptera. En lo referente a las abejas, el género *Lasioglossum* fue, con diferencia, el primero seguido de *Apis*.

Se pudo constatar que en las parcelas con menor grado de presión antrópica la abundancia y diversidad de himenópteros, concretamente de abejas salvajes, fue mayor y estaba relacionada con la disponibilidad de recursos florales. En cuanto a la producción, a pesar de la reducción del aporte de fertilizantes, no hubo disminución de rendimiento en las parcelas asociadas siendo, sin ser significativo, un 30% mayor en las parcelas menos afectadas por el hombre donde, a su vez, la maduración de los frutos fue más temprana.

ABSTRACT

In recent decades, agricultural intensification has been carried out based on the widespread implementation of monocultures, as well as the use of external inputs based on chemical fertilizers and pesticides. This has many negative environmental impacts and one of the most important is the loss of biodiversity. There is significant concern about the loss of pollinators, as it poses a threat to sustainable food production on a global scale. Techniques such as crop association are proposed as a possible solution to the problem.

This study was carried out with the objective of evaluate the diversity and abundance of different groups of pollinators in melon cultivation, as well as to determine the effect of their association with legumes to test if this technique has a positive effect on pollinators and, indirectly, on crop production.

Melon monoculture was compared with melon-cowpea polyculture following the ecological regulations and reducing organic fertilization by 30%. Pollinators were sampled using transects and Moericke traps, classifying Diptera, Lepidoptera and Coleoptera at the order level; and reaching the level of family and genus in the case of bees.

The delay in cowpea flowering did not allow detecting significant differences between the number of pollinators in the treatments, although the polyculture was the most diverse. Diptera was the most frequent and abundant order of pollinators in the samples, followed by Hymenoptera. Regarding bees, the genus *Lasioglossum* was by far the first, followed by *Apis*.

It was found that in the plots with a lower degree of anthropic pressure, the abundance and diversity of Hymenoptera, specifically wild bees, was greater and was related to the availability of floral resources. In relation to production, despite the reduction in the contribution of fertilizers, there was no decrease in production in polyculture plots, being, not being significant, 30% higher in the plots less affected by human beings where, in turn, the ripening of the fruits was earlier.

I. INTRODUCCIÓN

1. IMPORTANCIA DE LA POLINIZACIÓN ENTOMÓFILA EN LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS

Más de 200.000 especies de plantas angiospermas son autoincompatibles y dependen, entre otras estrategias, de organismos polinizadores para producir semillas, principalmente de insectos. Este intercambio genético producido a través de la polinización cruzada entre diferentes individuos resulta esencial para el mantenimiento de la biodiversidad y, a largo plazo, para asegurar la evolución de las especies de plantas (Gordón *et al.*, 2002; Heiblum, 2019; Córdova *et al.*, 2020); formando así una red de mutualismo y dependencia que constituye el pilar de los sistemas ecológicos sostenibles.

A pesar de que la producción de algunas especies vegetales de los cultivos no se encuentra estrechamente ligada a los polinizadores, como es el caso de las gramíneas y legumbres, sí es notable un incremento en la producción de frutos y de semillas en algunos árboles frutales (almendro, etc.), leguminosas (alfalfa, etc.) y en especies de cucurbitáceas como el pepino o la calabaza (Gordón *et al.*, 2002; Aguado *et al.*, 2015).

A nivel mundial se estima que un 85% de la producción de las especies vegetales cultivadas, así como el 90% de las angiospermas, dependen parcialmente de los insectos polinizadores para su desarrollo y rendimiento (Miñarro *et al.*, 2018; Sánchez *et al.*, 2018). Sin embargo, existen cultivos completamente dependientes como es el caso del melón y la sandía (**TABLA 1**) cuya producción necesita obligatoriamente la acción de estos individuos en más de un 90% (Heiblum, 2019), por lo que ausencia de los mismos provocaría graves consecuencias ecológicas y pérdidas económicas.

Sin los polinizadores muchas de las especies vegetales no podrían reproducirse y, por tanto, no se producirían semillas, frutos, néctar y otros alimentos que sirven de sustento a la mayoría de las poblaciones animales, afectando así al mantenimiento de la vida silvestre. El servicio ecosistémico que nos ofrecen los polinizadores permite mantener el equilibrio de la naturaleza y juegan un rol imprescindible en la producción y seguridad alimentaria. (Chacoff *et al.*, 2012; Zumbado y Azoifeifa, 2018). Además, la polinización ayuda a los alimentos a mejorar aspectos de calidad como el valor nutricional, el color o el sabor a la vez que se reduce el tiempo de cultivo al acelerar el nivel de maduración (Sánchez *et al.*, 2018). Según Córdova *et al.*, (2020), la polinización puede producir incrementos en la productividad de las semillas del 22 al 100% en cultivos de rábano y del 350 al 9.000% en cultivos de cebolla.

TABLA 1. Porcentaje de dependencia de algunos cultivos a la polinización entomófila. *Fuente:* Adaptado de Heiblum, 2019.

0%	0-10%	10-40%	40-90%	90-100%
Arroz	Limón	Café	Pepino	Melón
Zanahoria	Naranja	Fresa	Almendra	Sandía
Patata	Cacahuete	Girasol	Manzana	Vainilla
Trigo	Alubia	Berenjena	Aguacate	Calabaza
Avena	Chile	Higos	Mango	Calabacín
Caña de azúcar	Linaza	Soja	Frambuesa	Kiwi
Piña	Papaya	Algodón	Melocotón	Cacao

Los mejores agentes polinizadores pertenecen a la clase Insecta: como las mariposas (Lepidópteros); las moscas y sírfidos (Dípteros); los escarabajos (Coleópteros); y los abejorros, las abejas y las avispas (Himenópteros) (Stefanescu *et al.*, 2018). Concretamente, los himenópteros son especialmente importantes por su papel beneficioso al participar en aspectos relacionados con el control de plagas agrícolas (depredadores y parasitoides) y con la apicultura y polinización de plantas (Gayubo y Pujade, 2015). Éstos son artrópodos holometábolos, con dos pares de alas membranosas y con una gran diversidad ya que actualmente se conocen más de 160.000 especies.

A su vez, se clasifican en dos subórdenes (FIG. 1): Symphyta (fase adulta carente de cintura) y Apocrita (fase adulta especializada con cintura y a menudo con aguijón). Es en este último subgrupo donde se agrupan las avispas, abejas y abejorros que se catalogan, a su vez, dentro de los himenópteros aculeados (infraorden Aculeata) cuya característica distintiva es el reemplazo del ovipositor de las hembras por un aguijón venenoso (Aldrey y Cazalla, 1999; Fernández y Sharkey, 2006; Gayubo y Pujade, 2015).

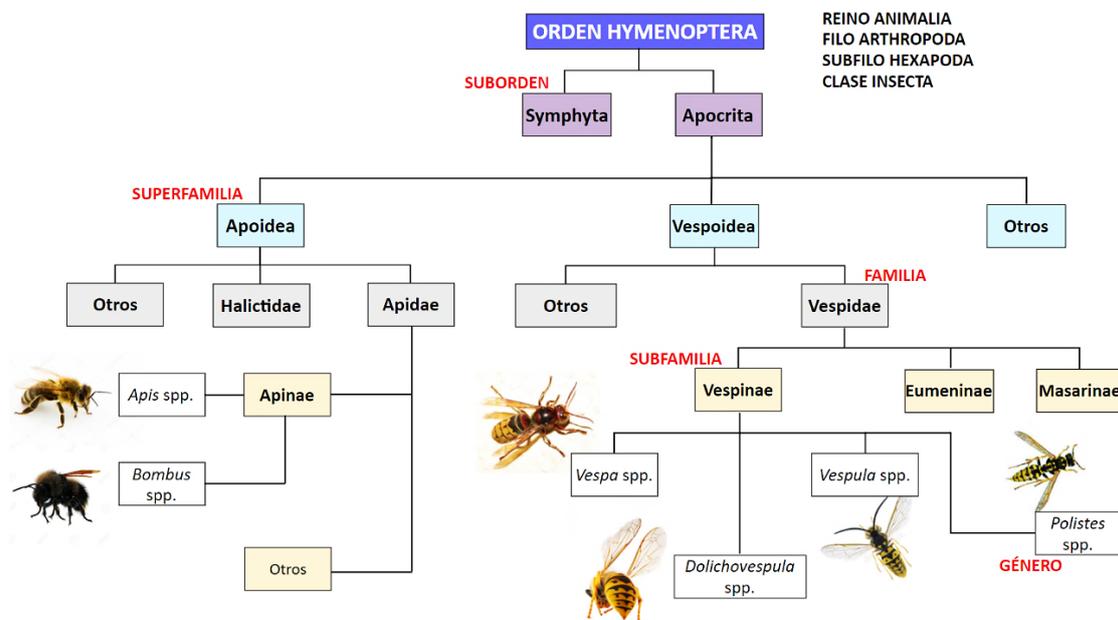


FIGURA 1. Clasificación taxonómica de algunos himenópteros de interés en el proceso de polinización - abejas, abejorros y avispas-.

Dentro de los himenópteros, las abejas son el grupo que más contribuye al proceso polinizador debido a que gran parte de ellos son florícolas (Zumbado y Azofeifa, 2018). Forman parte, junto con los abejorros, de la superfamilia Apoidea y presentan distintos niveles de organización, pudiendo ser desde solitarias a eusociales con diversos grados de cooperación, como ocurre en algunas abejas de la tribu Halictini (Halictidae, Halictinae); en las abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini); y en la abeja melífera occidental (doméstica) (Apidae, Apini) originaria de Asia occidental, Europa y África e introducida en la mayor parte de los cultivos del mundo debido a sus importantes servicios en polinización y apicultura (Molina, 1978; Flores-Prado, 2012).

Los colores llamativos, el néctar y los aromas de las flores de las plantas atraen a estos artrópodos que a su vez las polinizan, llegando a modificar su comportamiento como en el caso del forrajeo por zumbido, donde utilizan sus músculos para vibrar y obtener el polen expulsado por las anteras de las flores gracias al movimiento. Asimismo, las abejas presentan estructuras morfológicas más o menos especializadas para el transporte del polen, como pueden ser las corbículas -modificación de las tibia traseras, haciéndolas cóncavas y anchas- en los géneros *Apis* y *Bombus*; o la escopa, un área pilosa situada en el tercer par de patas de la gran mayoría de abejas hembras o en el abdomen, éste último exclusivo de la familia Megachilidae (Gayubo y Pujade, 2015; Nates-Parra, 2016).

A nivel global el polinizador más utilizado para incrementar la producción agrícola es la abeja melífera o *Apis mellifera* (LINNAEUS, 1758) (FIG. 2), aunque también se emplean abejorros (*Bombus* spp.), especialmente útiles para polinizar especies vegetales en invernaderos donde las abejas domésticas no son eficaces o su manejo es complicado (Gordón *et al.*, 2002).

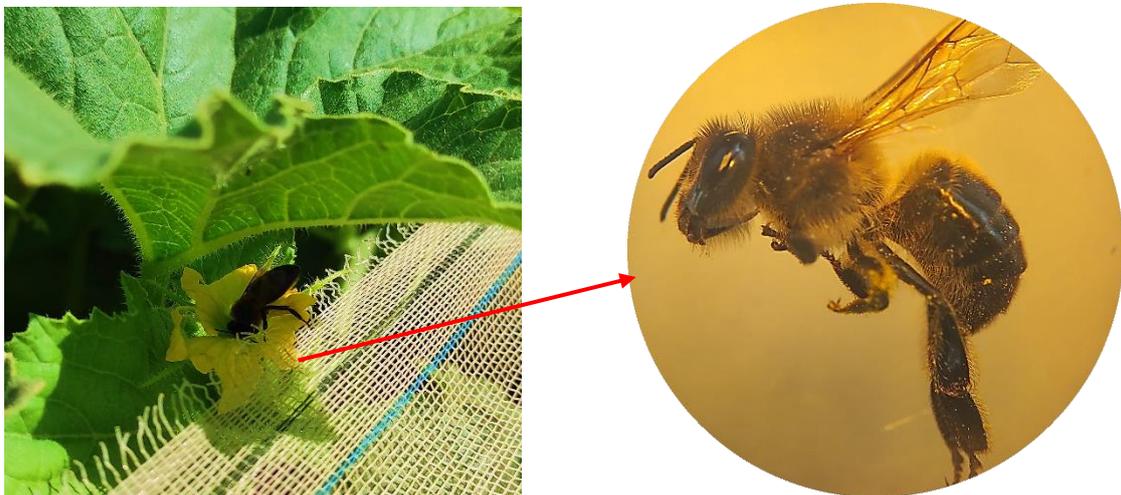


FIGURA 2. Abeja melífera occidental o *Apis mellifera* (L.) observada visualmente y en lupa binocular.

Pese a que muchos productores se sirven de *A. mellifera* para la polinización de los cultivos, entre ellos el melón, las abejas silvestres son polinizadores muy eficaces y su incorporación en las estrategias de manejo de los cultivos puede aumentar la eficacia y la estabilidad de la polinización (Sánchez *et al.*, 2018). Suponen el 90% de las abejas del mundo (Nates-Parra, 2005), siendo en su mayoría abejas silvestres que se caracterizan por ser mayormente solitarias, sin estructuras jerárquicas entre ellas, y estar adaptadas a distintos climas y territorios por lo que juegan un papel imprescindible en la polinización de gran parte de la vegetación nativa y endémica existente en el planeta. (Agüero *et al.*, 2008; Smith-Pardo y Vélez, 2008; Heiblum, 2019).

No obstante, esta importante función que ofrecen, junto con la abeja doméstica y el resto de polinizadores, sobre la conservación de la biodiversidad en los agroecosistemas se ve amenazada por las prácticas de cultivo intensivas que están generalizadas actualmente.

2. AGRICULTURA INTENSIVA Y PÉRDIDA DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Desde la revolución verde hasta nuestros días predomina una agricultura industrializada que busca la máxima rentabilidad de los cultivos mediante el uso de agroquímicos, tecnología avanzada y maquinaria pesada. Aunque este tipo de agricultura ha conseguido ganancias en productividad, es cierto que la implantación de estas técnicas poco sostenibles ha generado un impacto negativo en el medio ambiente (Altieri, 2009).

Por una parte, la intensificación conlleva una degradación del suelo debido a la compactación causada por la maquinaria que, junto con el uso de fertilizantes químicos y biocidas, favorece la erosión, contaminación y la pérdida de nutrientes y de materia orgánica del suelo debido a procesos de mineralización (Otero, 1998; Weyland *et al.*, 2008). De igual forma, tanto la atmósfera como las aguas -superficiales y subterráneas- se ven afectadas por la aplicación continuada de productos químicos, los cuales amenazan tanto a la flora y como a la fauna de los ecosistemas y pueden generar procesos de eutrofización, salinización y contaminación hídrica (Rosset, 1997).

Por otra parte, la implantación de monocultivos acentúa dichos problemas por la tendencia de explotar variedades vegetales de alto rendimiento que requieren altos insumos de energía y productos químicos. Esta sobreexplotación lleva a la creación de superficies agrarias homogéneas donde la fertilidad y productividad del suelo se ve disminuida, incentivando así una genética homogénea. Todo ello propicia la aparición de enfermedades y plagas resistentes a plaguicidas y libres del control biológico que ofrecen sus enemigos naturales (Landeros-Sánchez *et al.*, 2011; Otero, 2018), teniendo grandes consecuencias sobre las funciones ecosistémicas y manifestándose a través de una pérdida de diversidad biológica.

Estos factores, junto con otros como la destrucción de hábitats, han sido la causa de la presión sobre dichas comunidades, amenazando a la diversidad funcional compuesta por comunidades de organismos que reciclan nutrientes, acumulan y descomponen biomasa, fertilizan suelos, controlan biológicamente plagas y polinizan plantas útiles para la alimentación (Crisci, 2006; García y Cuttelod, 2013).

Todos estos factores son también los responsables del declive acelerado y drástico de la diversidad y biomasa de los organismos polinizadores, que se ven gravemente afectados por la destrucción del suelo y por el uso de pesticidas y herbicidas que reducen las capacidades de comunicación, desplazamiento y supervivencia de sus colonias (Nates-Parra, 2016; Moreno-Villamil *et al.*, 2018; Otero, 2018). La privación de flores silvestres y la producción de monocultivos homogéneos reducen la posibilidad de obtener alimento o limitan las zonas en las que poder nidificar, alterando el equilibrio de sus comunidades al no poder desarrollarse o reproducirse.

De acuerdo con Sánchez-Bayo y Wyckhuys (2019) esta situación podría conducirnos a la extinción de casi la mitad de estas especies clave en el mundo, lo que conllevaría un desequilibrio de los sistemas ecológicos y sus comunidades al desaparecer la reproducción vegetal o las especies que se alimentaban de ellas. Según estos autores, la mayoría de taxones presentan proporciones altas de especies en declive o vulnerables de estarlo, como es el caso de las abejas y avispas que presentan una tasa de disminución anual del 2,1% y con más del 10% de sus especies extintas (FIG. 3).

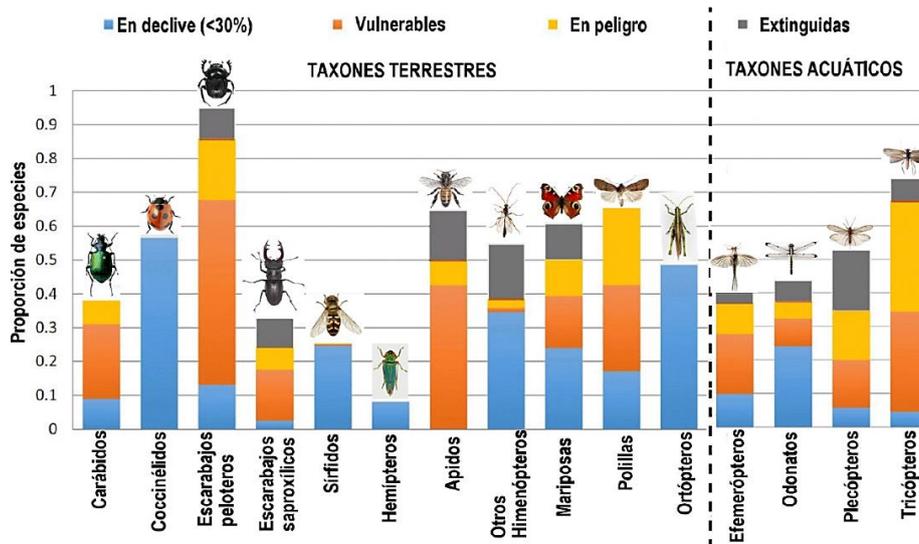


FIGURA 3. Porcentaje de disminución, vulnerabilidad, peligro o extinción de diferentes grupos de insectos. Fuente: Sánchez-Bayo y Wyckhuys, 2019.

Es por ello que se hace necesario tomar medidas para evitarlo, tanto de forma directa - favoreciendo su presencia a través de técnicas agroambientales respetuosas- como indirecta, mediante la sensibilización ante su declive enfocado a sociedades, agricultores y sectores privados (Sánchez *et al.*, 2018).

3. ESTRATEGIAS Y MEDIDAS DE CONSERVACIÓN DE POLINIZADORES

Fue el 1 de junio de 2018 cuando la Comisión Europea presentó la primera Iniciativa de la UE sobre polinizadores (EU COM/2018/395) y puso como objetivo la implantación de medidas que contrarrestaran el declive de los polinizadores silvestres. Se ejecutaron más de 30 acciones hasta finales de 2020 que tenían como objetivos principales la concienciación sobre las consecuencias del declive, el progreso en el conocimiento de sus causas, la implicación y cooperación de la sociedad así como la adopción de medidas que permitan la conservación directa o indirecta de los polinizadores nativos (De Gatta-Sánchez, 2020).

La aplicación de esta iniciativa permitió a los Estados miembro de la UE realizar avances significativos en lo referente a la protección de polinizadores, pero se reconoció que se deberían reforzar los esfuerzos en cuanto al conocimiento de los factores que propulsan su decadencia, haciendo especial hincapié en desarrollar estrategias para hacer frente a la fragmentación y pérdida de hábitat natural en los agroecosistemas y en valorar el impacto generado por plaguicidas (Barroso *et al.*, 2020).

Entre algunas de las propuestas desarrolladas encontramos la Estrategia de la UE «de la granja a la mesa» (COM/2020/381) y La Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad para 2030 (COM/2020/380), aprobadas el 20 de mayo de 2020 por la Comisión Europea y que, junto el Plan de acción de la UE para reducir la contaminación a cero, establecen nuevos mecanismos que ofrecen objetivos de control específicos. Entre sus medidas podemos encontrar acciones como la restauración de ecosistemas, la creación de zonas protegidas y la promoción de

agroecosistemas sostenibles y libres de compuestos tóxicos u otros contaminantes perjudiciales para los polinizadores contribuyendo, a su vez, a la mitigación del impacto del cambio climático sobre estos organismos (De Gatta-Sánchez, 2020; Haller *et al.*, 2021).

La política agrícola común (PAC), en consonancia con los objetivos del Pacto Verde, contribuirá en gran medida a ello mediante la introducción de una mayor ambición en materia de medio ambiente y clima, destinando hasta el 30% de los fondos europeos a dichos ámbitos (Casas, 2015). Por ejemplo, para recibir fondos, los agricultores tendrán que dedicar un mínimo de un 10 % de tierras agrícolas a la protección de la biodiversidad. Además, en el ámbito de la investigación y la innovación, una de las prioridades es encontrar alternativas al uso de plaguicidas que permitan reducir o suprimir el impacto generado en el entorno agrícola.

España, miembro de Coalición Internacional para la Conservación de los Polinizadores, no es ajena a esta preocupación. En el marco del Convenio sobre Diversidad Biológica de Naciones Unidas y bajo la Iniciativa de la UE sobre polinizadores (COM/2018/395) se ha desarrollado la Estrategia Nacional para la Conservación de los Polinizadores, aprobada el 21 de septiembre de 2020 por Conferencia Sectorial de Medio Ambiente. Dicha estrategia exhibe un diagnóstico sobre el estado y dinámica de los polinizadores indicando las causas que incitan a su declive. Tomando como base este diagnóstico se integran los siguientes objetivos:

- A. Protección de las especies amenazadas de polinizadores y sus hábitats
- B. Establecimiento de recursos de nidificación y favorecer hábitats para polinizadores
- C. Adopción de técnicas agrícolas sostenibles que reduzcan los problemas derivados de patógenos, plagas y especies invasoras
- D. Paliar o suprimir el impacto que conlleva el uso de productos fitosanitarios
- E. Reducir el riesgo derivado del uso de productos fitosanitarios para los polinizadores
- F. Desarrollo de investigaciones que permitan el conocimiento sobre su conservación
- G. Facilitar el acceso a información y concienciar sobre la importancia de los polinizadores y sobre las causas de su degradación

Así, dentro del objetivo B, se pretende lograr la conservación de hábitats adecuados para los grupos de insectos con más importancia agrícola mediante el fomento de estrategias como la implantación de cubiertas vegetales -cultivadas o espontáneas- diseñadas específicamente para fomentar los recursos tróficos y de nidificación, siendo un ejemplo de esto islas de biodiversidad o los márgenes multifuncionales. De igual manera, los pastos permanentes y el barbecho melífero, establecido en el contexto de las Superficies de Interés Ecológico (SIE), son técnicas que favorecen la presencia de los polinizadores y consideran sus necesidades.

La adopción de medidas y técnicas que potencien una agricultura ecológica sostenible, la creación de corredores lineales mediante la implantación de setos y márgenes florales, la diversificación de cultivos, así como el correcto seguimiento de las poblaciones de polinizadores con el uso de la tecnología adecuada fomentarán los efectos de las acciones propuestas.

Iniciativas como el proyecto europeo LIFE PollinAction (LIFE19 NAT/IT/000848), el proyecto coordinado por Syngenta, “Operación Polinizador” (Syngenta, 2016) o el Grupo Operativo denominado “Go Setos” de la Región de Murcia (Sánchez-Balibrea *et al.*, 2020), son ejemplos de proyectos orientados en este sentido.

En la línea de las estrategias europeas, la rotación y diversificación de cultivos contribuyen a la conservación de los polinizadores al ofrecer una mayor heterogeneidad y diversidad de hábitats, generando comunidades más diversas de polinizadores y, por consiguiente, una polinización más óptima y eficaz de plantas nativas y cultivadas. La **rotación de cultivos** consiste en la alternancia de diferentes especies de plantas -con diferentes características y necesidades nutricionales- con el fin de evitar el agotamiento del suelo y disminuir los ciclos de plagas y enfermedades, reduciendo así el uso de agroquímicos. A su vez, se mejora el perfil del suelo al aprovechar de una forma más eficiente el agua, los nutrientes y el área cultivada a lo largo del tiempo evitando que los cultivos requieran barbecho y manteniendo los pastos permanentemente (Núñez, 2000; Nicholls y Altieri, 2012; Casas, 2015).

En tal sentido, el establecimiento simultáneo de cultivos con una o más especies vegetales a través de la plantación de **cultivos de cobertura** o la **asociación de cultivos** -policultivos- es otra de las técnicas beneficiosas en agricultura sostenible ya que consiguen un aprovechamiento mutuo y más eficiente en la gestión de los recursos.

Se trata de una alternativa frente a los monocultivos convencionales y entre sus beneficios ambientales podemos destacar el control de plagas así como la disminución de erosión y la mejora de las propiedades edáficas, contribuyendo a la fertilización del suelo y mejorando su estructura. Asimismo, proporcionan hábitats más complejos (FIG. 4), incrementando la biodiversidad y favoreciendo el flujo de genes entre organismos y comunidades, principalmente debido a insectos que transportan polen (Sánchez-Balibrea *et al.*, 2020; Arenas *et al.*, 2015; Ramírez y Lasheras, 2015).



FIGURA 4. Parcela de policultivo con asociación de melón y judía.

4. INTERÉS DE LAS LEGUMINOSAS COMO CULTIVO ASOCIADO

Las leguminosas, al igual que las gramíneas, favorecen la reducción de la erosión y aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo, por lo que su cultivo es considerado por la PAC como Superficie de Interés Ecológico (SIE). Uno de sus beneficios más destacables en su

asociación con otros cultivos es la capacidad para fijar nitrógeno atmosférico en el suelo permitiendo que este se encuentre disponible para el resto del cultivo y consiguiendo, por tanto, una mejora en el desarrollo vegetal, llegando a reducir aspectos negativos a nivel medioambiental (Medina *et al.*, 2008; Gilsanz, 2013; Arquero *et al.*, 2015; Sanchez-Navarro *et al.*, 2019).

Según Prager *et al.* (2012), las leguminosas son las mejores candidatas en el uso de abonos verdes o cultivos asociados por su cualidad de poseer dos tipos de simbiosis: **leguminosa-rizobios**, que permite la fijación de N_2 atmosférico a través de los nódulos que produce este género bacteriano (*Rhizobium*), consiguiendo una fertilización nitrogenada (FIG. 5) en el suelo y compuestos absorbibles por los organismos; y **leguminosa-hongos**, que forman hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con potencial beneficioso en agricultura al facilitar la disponibilidad o toma de nutrientes poco móviles en el suelo -como fósforo y hierro- ya que la materia orgánica que aportan tiene una relación C/N media o baja (10 a 20) y es rápidamente ciclada por los microorganismos presentes en el suelo. Además, mejora la estructura edáfica, inhibe acción patogénica en las raíces y aumenta la resistencia a estrés procedente de factores abióticos como sequías, exceso de agua o niveles altos de salinización.

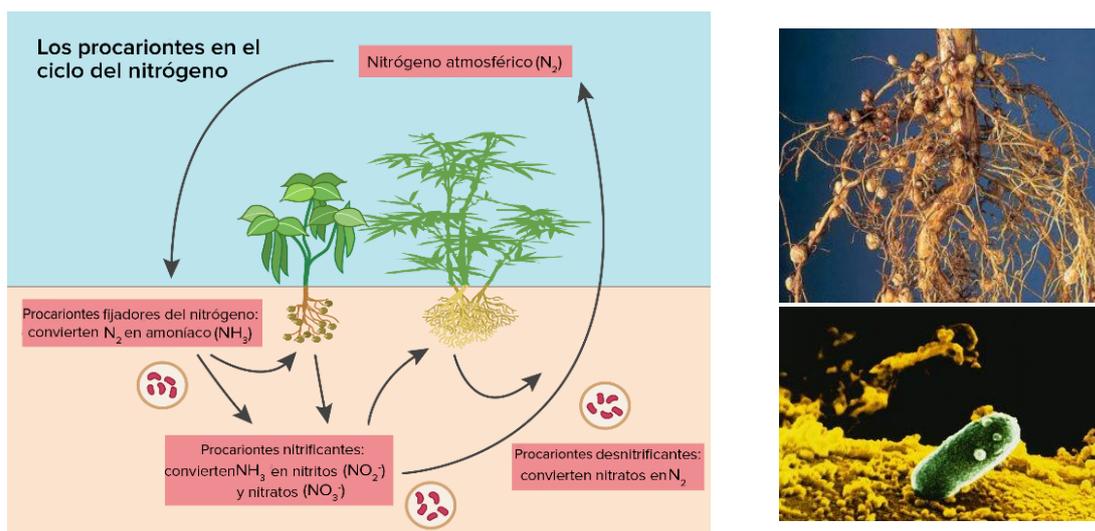


FIGURA 5. función de los procariontes (*Rhizobium*) en el ciclo del nitrógeno. Fuente: Google Imágenes.

Las leguminosas [como el guisante (*Pisum sativum*; L.), el meliloto (*Melilotus officinalis*; L. Pall.), el cuernecillo (*Lotus corniculatus*; L.), el trébol rojo (*Trifolium pratense*; L.) y blanco (*Trifolium repens*; L.), la arveja silvestre (*Vicia cracca*; L.) o la veza (*Vicia sativa*; L.)] presentan polinización entomófila y son una valiosa fuente de alimento para las abejas y otros polinizadores gracias al polen y néctar que ofrecen (Nates-Parra, 2016).

A la vez, sus flores -compuestas por 5 pétalos- disponen de colores, tamaños y longitudes variados que les confieren ventajas ante la selectividad de los polinizadores (principalmente abejas), que se inclinan hacia plantas diferenciadas en el cultivo para la organización en sus trayectos (Aguado *et al.*, 2015), convirtiéndose así en candidatas óptimas para la atracción de estos individuos y para su consecuente aumento en producción.

5. LA ASOCIACIÓN MELÓN-JUDÍA DE CARETA

En nuestro caso, la mayor parte de la superficie agrícola del Campo de Cartagena se basa en cultivos de regadío, dentro de los cuales un 76% del total son cultivos herbáceos, principalmente hortalizas. Conforme a los datos estadísticos proporcionados por el Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM, 2022), en 2021, y de las 6.066 hectáreas productivas dedicadas a cultivos de hortalizas en la comarca, el melón -*Cucumis melo*; L.- comprendió un área total de 1.970 ha, siendo uno de los principales cultivos en exteriores junto con la patata (2.497 ha) y la lechuga (1.180 ha). Además, es un cultivo que presenta polinización entomófila y depende de los insectos para su reproducción y formación del fruto.

Es por esta razón que se escogió el melón como cultivo de estudio. Se seleccionó la variedad de melón 'piel de sapo', cuyas características taxonómicas y necesidades agronómicas pueden observarse en la **TABLA 2**. De igual forma, como cultivo asociado se propuso la judía de careta o caupí -*Vigna unguiculata*; L. Walp- debido a que su ciclo vital coincide con el del melón, sumado al interés agronómico que ofrecen las leguminosas por reducir la dependencia al uso de fertilizantes nitrogenados de síntesis y al ofrecer flores que les proporcionan alimento a los polinizadores. Se trata de una herbácea resistente a temperaturas elevadas y a un régimen de lluvia anual inferior a 300 mm, haciéndola adecuada para su plantación en condiciones semiáridas donde, según *Sánchez-Navarro et al. (2019)*, presentan una mayor actividad frente a las habas en cuanto a la liberación de exudados por las raíces.

En el estudio de *Acosta-Avilés et al. (2019)*, el policultivo mediante la asociación de melón y judía mejoró la productividad y redujo el uso de fertilizantes nitrogenados mediante su efectividad en la fijación biológica de nitrógeno. En la **FIGURA 6** podemos observar que se obtuvieron diferencias significativas entre el sistema de monocultivo y asociado, donde la producción de melón en este último consiguió incrementar los kilogramos de melón por hectárea en un intervalo de 34-37%, lo que también se tradujo en un incremento del número de frutos por planta. Esto posiblemente se debió a que dicha asociación aumentó la densidad de insectos que polinizaron una mayor tasa de flores en plantas de melón, obteniendo así una mayor producción por unidad de área del agroecosistema.

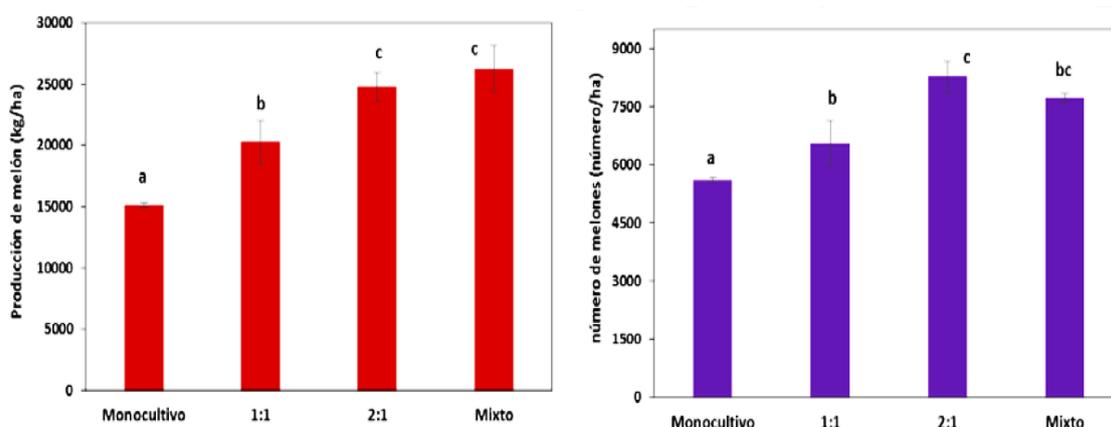


FIGURA 6. Producción en monocultivo de melón y en cultivo asociado melón-caupí. Fuente: *Acosta-Avilés et al., 2019*.

TABLA 2. Clasificación taxonómica y características de las especies vegetales plantadas.

REINO	Plantae	REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta	DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida	CLASE	Magnoliopsida
SUBCLASE	Dilleniidae	SUBCLASE	Rosidae
ORDEN	Cucurbitales	ORDEN	Fabales
FAMILIA	Cucurbitaceae	FAMILIA	Fabaceae
GÉNERO	<i>Cucumis</i>	GÉNERO	<i>Vigna</i>
ESPECIE	<i>Cucumis melo</i> ; L.	ESPECIE	<i>Vigna unguiculata</i> ; (L.) Walp.
			
<p>Nombre común: melón `piel de sapo´.</p> <p>-----</p> <p>--Tº ÓPTIMA: 18°C-25°C. --HR: 65-75% (desarrollo); 60-70% (floración); y 55-65% (maduración frutos). --SUELO: pH 6-7, bien drenados y elevada fertilidad. --RIEGO: durante crecimiento y fructificación. --RECOLECCIÓN: madurez de frutos. --PLAGAS: pulgones (<i>Aphis gossypii</i> (GLOVER, 1877)); minador de las hojas (<i>Liriomyza trifolii</i> (BURGESS, 1880)); trips (<i>Frankliniella occidentalis</i> (PERGANDE, 1895)); Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i> (C.L. KOCH, 1836)); mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> (GENNADIUS, 1889)); y orugas. --ENFERMEDADES: oídio; fusariosis (<i>Fusarium</i> spp.); antracnosis (<i>Colletotrichum</i> spp.); mildiu (<i>Pseudoperonospora cubensis</i> (BERK. & CURT.)); nemátodos y virus.</p>		<p>Nombre común: caupí, judía de careta, chicharrillo, frijol chino.</p> <p>-----</p> <p>--Tº ÓPTIMA: 25-35°C. --HR: 75%. --SUELO: franco-arenosos, con m.o. y buen drenaje, pH 6-7 y sin salinidad. --RIEGO: al sembrar, previo a floración y desarrollo vainas. --RECOLECCIÓN: secado de vainas. --PLAGAS: mosquito verde (<i>Empoasca</i> spp.); mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i> G.); gusano perforador (<i>Laspeyresia leguminis</i> (HEINRICH, 1943)); Mosca minadora (<i>Liriomyza huidobrensis</i> (BLANCHARD, 1926)); gorgojos (<i>Zabrotes subfasciatus</i> (BOHEMAN, 1833)); escarabajo de las hojas (<i>Cerotoma fascialis</i> (ERICHSON, 1847)); y gusano coralillo (<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (ZELLER, 1848)). --ENFERMEDADES: Oídio, nemátodos y pudriciones de la raíz causadas por hongos.</p>	
			

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Este Trabajo Fin de Máster tiene como objetivo principal la identificación de la fauna polinizadora del melón en el Campo de Cartagena y la evaluación del efecto de la asociación del melón con leguminosas, concretamente con el caupí, sobre los insectos polinizadores para comprobar si la abundancia y riqueza de los polinizadores está relacionada con la producción del melón. Este estudio ayudará a promover los fundamentos establecidos por la Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad para 2030 (COM/2020/380) y por la Iniciativa de la UE sobre polinizadores (COM/2018/395), las cuales velan por la conservación y auge de las poblaciones de insectos polinizadores frente a su declive en los ecosistemas naturales y agrarios. A partir de estos objetivos generales podemos describir los siguientes objetivos específicos:

- Identificar qué insectos polinizadores predominan en el cultivo del melón, así como las familias y géneros de abejas que son más abundantes y óptimas en el mismo.
- Justificar la presencia de apoideos en función del hábitat en el que se encuentran (presión antrópica vs. hábitats naturales).
- Evaluar si la asociación melón-caupí presenta beneficios en la producción del melón, reduciendo las necesidades de abono nitrogenado del suelo y el uso de fertilizantes químicos.
- Estimar si dicha asociación aporta una mayor cantidad de recursos florales que sirvan de atrayentes para polinizadores y, a su vez, sirva para mejorar la cantidad y calidad de los melones producidos en las parcelas agrícolas.
- Determinar qué sistema agronómico (monocultivo vs. asociado) es más heterogéneo en cuanto a especies de polinizadores y, por tanto, presenta una mayor diversidad de abejas en sus parcelas.

La hipótesis inicial de este estudio es que con la asociación del melón con el caupí, y su consecuente aumento de recursos tróficos y de nidificación, podríamos esperar un mayor número de polinizadores que contribuirían de forma beneficiosa a la producción del melón. Dicha diversificación permitiría un entorno más heterogéneo y podría albergar una entomofauna más diversa frente al agroecosistema de monocultivo, a la vez que las leguminosas reducirían la necesidad de fertilizantes químicos debido a su capacidad de sintetizar biológicamente el nitrógeno del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. IMPLEMENTACIÓN DEL ENSAYO.

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agroalimentaria “Tomás Ferro” (coord.: 37°41'13"N 0°57'00"W), perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica (E.T.S.I.A) de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) y situada en la Región de Murcia (España) (**FIG. 7**), concretamente en una pedanía de la Comarca del Campo de Cartagena llamada La Palma. Se trata de una zona con amplia extensión del piso termomediterráneo, con predominancia de ombroclimas semiárido y árido que ofrecen una temperatura media próxima a los 18°C y una media anual de precipitaciones cercana a los 270 mm (Moreno-Grau *et al.*, 1998).

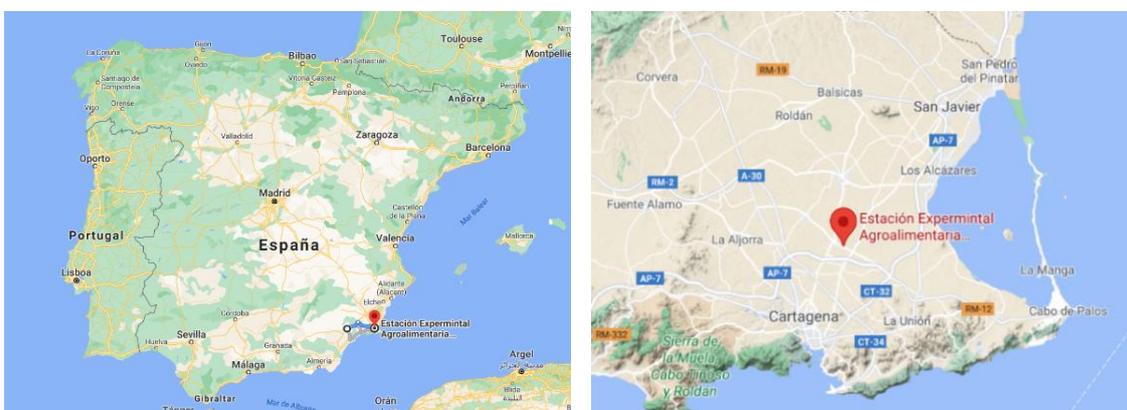


FIGURA 7. Localización geográfica de la Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro - E.T.S.I.A. (UPCT) – Murcia (España).

En esta finca se realizaron los ensayos en un marco de agricultura ecológica durante la campaña 2020-2021. Se compararon dos clases de tratamientos en los cultivos: el monocultivo de melón y la asociación de melón y judía. Se llevaron a cabo tres repeticiones por tratamiento por lo que contamos con 6 parcelas que comprenden una superficie equivalente (**TABLA 3**) entre ellas y ofrecen una distribución espacial (**FIG. 8**) que permita una separación suficiente para evitar posibles interferencias a la hora de medir los efectos de insectos voladores.

TABLA 3. Parcelas, superficies y sistema de cultivo implantado.

REPETICIÓN	PARCELA	SISTEMA DE CULTIVO	SUPERFICIE (m ²)
1	PARCELA 1 (P1)	ASOCIADO	276
	PARCELA 2 (P2)	MONOCULTIVO	278,4
2	PARCELA 3 (P3)	MONOCULTIVO	268,8
	PARCELA 4 (P4)	ASOCIADO	268,8
3	PARCELA 5 (P5)	ASOCIADO	268,8
	PARCELA 6 (P6)	MONOCULTIVO	273,6

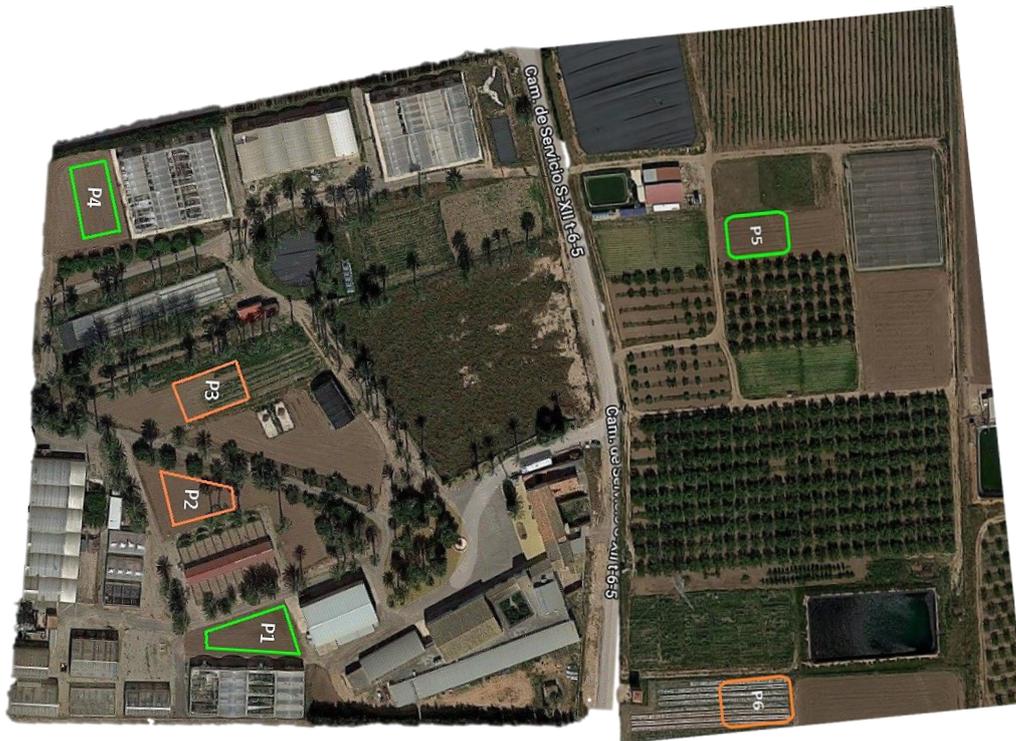


FIGURA 8. Ubicación de los sistemas de cultivo en el área de Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro - E.T.S.I.A. (UPCT) – Murcia (España). Leyenda: ver tabla 4.

2. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Las labores de preparación comenzaron el 5 de abril de 2021 con un subsolador para conseguir una descompactación del terreno y así un correcto drenaje y una buena aireación que permita el crecimiento de las plantas. Posteriormente, se consiguió una homogeneización y nivelación de las parcelas mediante rotovator.

Seguidamente, entre el 8 y el 12 de abril, se incorporó al suelo una enmienda orgánica NPK (compost AGRIORGAN®) y la primera semana de mayo (día 3 y 4) se hicieron los caballones en el terreno con una distancia de 2 metros entre las líneas de cultivo, se colocaron las mangueras de riego y se extendió un acolchado de plástico con el fin de evitar la aparición de hierbas adventicias en las líneas de cultivo.

3. PLANTACIÓN Y SIEMBRA

La plantación se realizó el 7 de mayo de 2021 tras la preparación del terreno (**FIG. 9**). El trasplante de melón se realizó mediante plántulas con al menos dos hojas formadas y la siembra de la judía se realizó introduciendo un par de semillas en los hoyos para asegurar su nascencia.



FIGURA 9. Parcela de policultivo con siembra de melón y judía.

Las parcelas en las que se llevó a cabo la siembra presentaron formas irregulares y, por tanto, se configuraron para que todas comprendieran 120 plantas de melón por parcela. Su composición fue la siguiente:

- **PARCELA 1:** 5 líneas de cultivo con 24 plantas de melón y una central exclusiva de judía.
- **PARCELA 2:** 4 líneas con 30 plantas de melón en cada una.
- **PARCELA 3:** 8 líneas con 15 plantas de melón por línea.
- **PARCELA 4 y 5:** 8 líneas con 15 plantas de melón por línea y una central exclusiva de judía.
- **PARCELA 6:** 6 líneas con 20 plantas de melón.

Tanto en monocultivo como en el cultivo asociado el melón se sembró con una densidad de 0,40 plantas m⁻², con un marco de plantación de 200 centímetros entre líneas de cultivo y con una separación de 120 centímetros entre las plantas de la misma fila (**TABLA 4**). En los sistemas asociados el caupí se sembró con una densidad de 1,25 plantas m⁻², plantando dos semillas intercaladas entre dos plantas de melón y separadas entre sí 40 centímetros, así como una central solamente de caupí, con una distancia de 40 cm entre plantas.

TABLA 4. Marco de plantación de los distintos sistemas de cultivo: monocultivo y asociado.

SISTEMA DE CULTIVO	DISTANCIA ENTRE LÍNEAS (m)	DISTANCIA ENTRE PLANTAS POR LÍNEA (m)	DENSIDAD (pl ha ⁻¹)	DENSIDAD (pl m ⁻²)
MONOCULTIVO	2,00	1,20	4.000	0,40
ASOCIADO	2,00	Entre melón-melón: 1,20 Entre melón-judía: 0,40 Central excl. judía: 0,40	Melón: 4.000 Judía: 12.500	Melón: 0,40 Judía: 1,25

El caupí tuvo problemas de nascencia y dos semanas después de la plantación se resembró, aproximadamente, el 60-70% de las semillas previamente sembradas.

4. LABORES DE CULTIVO

4.1. RIEGO Y FERTILIZACIÓN

Tanto el monocultivo de melón como el cultivo asociado se regaron por goteo, aplicando 3300 m³ ha⁻¹ y 3000 m³ ha⁻¹ respectivamente.

Como fuente de nutrientes se utilizaron los fertilizantes orgánicos que se especifican a continuación, de forma que la dosis aplicada en el cultivo asociado fue un 30% inferior a la utilizada en el monocultivo aprovechando la funcionalidad de la leguminosa en la fijación de nitrógeno mediante la fertilización biológica.

- **MONOCULTIVO:** 4.000 kg ha⁻¹ de fertilizante NORGAN (120% N, 4% P y 280% K) y 400 kg ha⁻¹ de fertilizante ZEN (20% N, 16% P y 0% K).
- **DIVERSIFICADO:** 2.800 kg ha⁻¹ NORGAN (84% N, 2,8% P y 196% K) y 300 kg ha⁻¹ de ZEN (15% N, 12% P y 0% K).

4.2. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Se realizaron muestreos semanales para la detección de plagas o enfermedades que pudieran dañar los diferentes cultivos. Para ello, se eligieron 15 plantas al azar en las que se observó la tercera o cuarta hoja y una flor en busca de pulgones, ácaros, mosca blanca, orugas y trips o los efectos de sus daños. Dependiendo del tipo de insecto se anotó su presencia indicando el número de individuos, el porcentaje de hoja ocupada o el porcentaje de daños mediante una numeración establecida que indicaba el grado de afectación. Algunas de las hojas observadas fueron introducidas en una bolsa de plástico para posteriormente identificar al patógeno en el laboratorio con ayuda de una lupa binocular.

En cuanto a las enfermedades, como las causadas por oídio o mildiu, se determinó el porcentaje de daño por planta.

Todas las observaciones fueron anotadas en un cuaderno de campo en el que se registró la incidencia de plagas y enfermedades, la cantidad de plantas afectadas y los daños que se examinaron. También se realizó un seguimiento de enemigos naturales, tanto depredadores como parasitoides, para valorar la aplicación de algún tratamiento.

Se evitó la aplicación de herbicidas y agroquímicos y se realizaron los tratamientos que se muestran en la **TABLA 5**, previendo que no interfirieran en el muestreo de los polinizadores.

TABLA 5. Fechas y tratamientos aplicados a las diferentes parcelas durante el cultivo.

FECHA	PRODUCTO COMERCIAL	MATERIA ACTIVA	FUNCIÓN	PARCELAS
07/05/2021	Azufre líquido.	80% azufre.	Fungicida/ Insecticida.	P1,P2,P3,P4, P5 y P6.
26/05/2021	1. Amicos Sec. 2. Pirecris. 3. Astral. 4. Corrector pH.	1. Extracto de sauce. 2. Piretrinas. 3. Óxido de calcio 0,5%; Óxido de magnesio 1,5%.	1. Fungicida. 2. Insecticida. 3. Insecticida.	P1,P2,P3,P4, P5 y P6.

04/06/2021	1. Thiovit Jet. 2. Pirecris. 3. Corrector pH.	1. 80% azufre. 2. Piretrinas.	1. Fungicida/ acaricida. 2. Insecticida.	P1,P2,P3,P4, P5 y P6.
07/06/2021	Azufre en espolvoreo.	80% azufre.	Fungicida/ Insecticida.	P1,P2,P3,P4, P5 y P6.
18/06/2021	1. Amicos Sec. 2. Pirecris. 3. Astral. 4. Corrector pH.	1. Extracto de sauce. 2. Piretrinas. 3. Óxido de calcio 0,5%; Óxido de magnesio 1,5%.	1. Fungicida. 2. Insecticida. 3. Insecticida.	P1,P2,P3,P4, P5 y P6.
02/07/2021	1. Thiovit Jet. 2. Azufre líquido. 3. Corrector pH.	1. 80% azufre. 2. 80% azufre.	1. Fungicida/ acaricida. 2. Fungicida/ Insecticida.	P1,P2,P3,P4, P5 y P6.
09/07/2021	1. Amicos Sec. 2. Corrector pH.	1. Extracto de sauce.	1. Fungicida.	P1,P2,P3,P4, y P6.
14/07/2021	1. Codimur 50. 2. Corrector pH.	1. Oxiclورو de cobre 50%.	1. Fungicida.	P1,P2,P3,P4, P5 y P6.

5. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA COSECHA

Una vez que los frutos maduraron se procedió a su cosecha, recolectando todos los melones manualmente y separándolos por parcelas para posteriormente pesarlos en balanzas digitales. Se realizaron 3 recogidas en los días 20 y 27 de julio y, la última, el 5 de agosto debido a que los melones tuvieron diferentes etapas de maduración.

La parcela 3 de monocultivo y la parcela 4 de cultivo asociado tuvieron graves pérdidas por el ataque de oídio, secándose prácticamente toda la planta. La mayor parte de los melones se estropearon al quedar expuestos al sol. Por este motivo no se evaluó la producción en estas dos parcelas.

Se estudiaron diferentes parámetros como el rendimiento del cultivo (kg ha^{-1}), el número de melones por planta y el peso medio de los melones en ambos tratamientos y en las diferentes parcelas que no fueron excluidas (P1, P2, P5 y P6).

6. ESTUDIO DE LA BIODIVERSIDAD DE POLINIZADORES

Los muestreos se llevaron a cabo a través de la observación visual de las visitas de los polinizadores a las flores y la captura de los mismos en trampas Moericke de color amarillo. Las trampas contenían como líquido conservante 2 litros de agua con propilenglicol al 5%, además de jabón para romper la tensión superficial del agua y para que los polinizadores no pudieran escapar. Los muestreos se llevaron a cabo durante la floración del melón a lo largo de 5 semanas y se distinguieron como polinizadores diferentes órdenes de insectos: dípteros, coleópteros, lepidópteros e himenópteros.

Los transectos visuales se ejecutaron en 5 fechas diferentes: 10, 17 y 24 de junio y el 01 y 08 de julio; mientras que la recogida de las trampas de agua se realizó el 15, 22 y 29 de junio y el 07 y 13 de julio de 2021.

Por su composición y configuración paisajística (FIG. 8), más detallada en el apartado de resultados y discusión, y con el fin de analizar el comportamiento de las abejas frente a diversos entornos, se consideraron las parcelas situadas dentro de la finca (P1, P2, P3 y P4) como las que presentaban una mayor presión antrópica y cierto grado de destrucción de hábitat; y las parcelas exteriores (P5 y P6) las que se situaban en un área con un entorno natural más heterogéneo y con escasa presencia humana.

Por un lado, la abundancia de polinizadores se estimó contando el número de ejemplares que visitaron las flores en las distintas parcelas, dentro de un cuadrado de 1 x 1 m durante 5 minutos (FIG. 10). Al mismo tiempo, se contabilizó el número de flores totales que había dentro del cuadrado, tanto de melón como de caupí en el caso del policultivo.

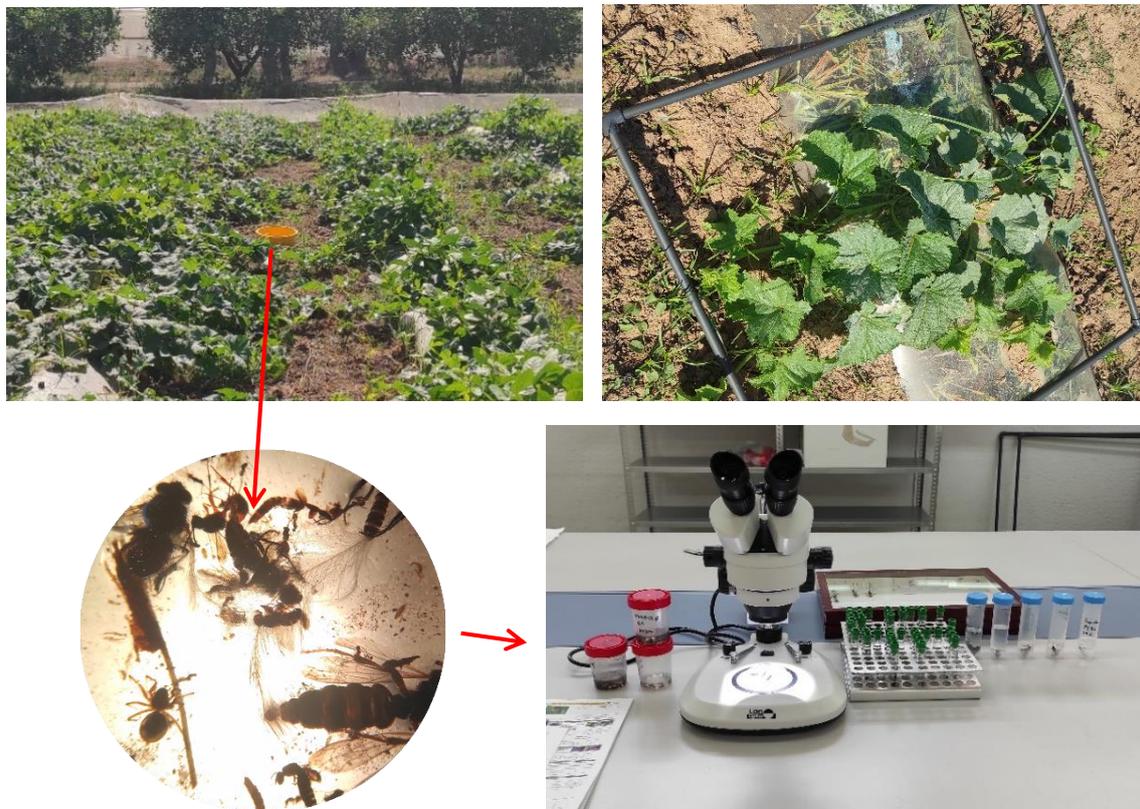


FIGURA 10. Metodología e instrumental empleado para el muestreo visual y la clasificación taxonómica de la entomofauna atrapada en los barreños.

Este procedimiento se realizó colocando el cuadrado al azar dentro de la línea de cultivo. Se efectuaron dos observaciones en cada una de las parcelas a diferentes horas del día para eliminar el error temporal y, a su vez, se realizaron 3 repeticiones en cada una de las parcelas, realizadas por 3 personas diferentes, para excluir el error del operador.

Para facilitar el trabajo, semanas antes se procedió a la búsqueda y captura de abejas por las zonas colindantes con el fin de reconocer los géneros y los caracteres más relevantes para su correcta identificación a *visu*. Se trataron de identificar las abejas a nivel de género y al resto de los polinizadores a nivel de orden. También, durante los muestreos, se recolectaron

todos los ejemplares posibles en tubos Falcon para confirmar su identidad taxonómica en el laboratorio.

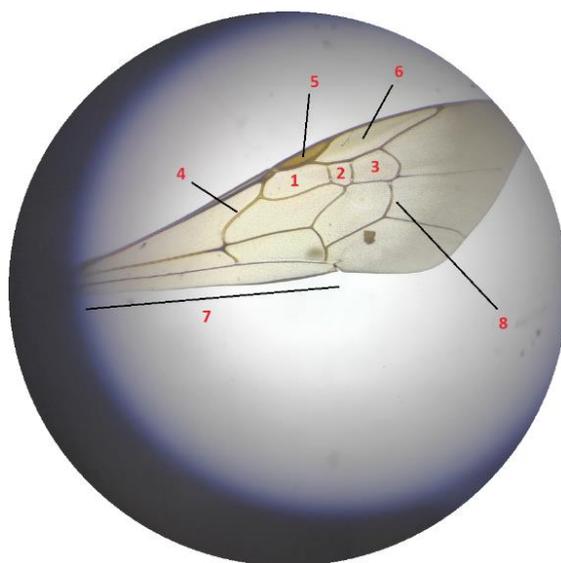
Por otro lado, para el muestreo con trampas Moericke se situaron tres barreños amarillos de 28 centímetros de diámetro y 14 centímetros de alto. En las parcelas con menos líneas de cultivo se colocaban longitudinalmente en el centro de las mismas, mientras que en las parcelas con más líneas y, por tanto, más anchas se acomodaban transversalmente, asegurándonos de que en todos los muestreos fuesen visibles para los polinizadores.

Cada semana se recogieron los polinizadores capturados en los barreños con ayuda de un colador, introduciéndolos en duquesas y cambiando el líquido conservante a alcohol al 95% para su posterior refrigeración hasta su identificación.

Las muestras recolectadas, correspondientes a cada barreño de las diferentes parcelas, se procesaron en el laboratorio a través de una lupa binocular. Las abejas fueron separadas, montadas e identificadas hasta nivel de género siguiendo las claves taxonómicas ofrecidas por Diniz (1962), Fauna Ibérica (Ornosa y Ortiz-Sánchez, 2004) y por Smith-Pardo y Vélez (2008).

En primer lugar, y para llegar al nivel de familia, se procedió a la identificación de caracteres distintivos de su morfología externa como el tamaño y forma del cuerpo -cabeza, metasoma y mesosoma-, la pilosidad y el color de las abejas. También se consideró el tamaño de sus piezas bucales (principalmente la longitud de glosa) o el número de artejos de las antenas.

Otros aspectos a considerar fueron el número de las celdas cubitales (**FIG. 11**); la morfología de la venación de las alas anteriores, como por ejemplo en halíctidos que presentaban una curvatura pronunciada en la vena basal; o la presencia de la escopa en el abdomen, exclusivo de las hembras de la familia Megachilidae (**FIG. 12**).



1. 1ª celda cubital.
2. 2ª celda cubital.
3. 3ª celda cubital.
4. Vena basal.
5. Pterostigma.
6. Celda marginal.
7. Lóbulo yugal.

FIGURA 11. Morfología del ala anterior de las abejas (Hym.: Apoidea).

A continuación, para la identificación a nivel de género, se consideraron caracteres como un surco en los terguitos terminales del abdomen (rima) en el género *Halictus* y *Lasioglossum*; la presencia de la corbícula, propia de las tribus Apini (abejas melíferas) y Bombini (abejorros); o las distintivas manchas en la cara que presenta el género *Hylaeus* (FIG. 12).



FIGURA 12. 1. Escopa de Megachilidae; 2. Rima en un ejemplar de *Lasioglossum* (fam. Halictidae); 3. Corbícula o cestillo en *Apis mellifera* L.; 4. Manchas faciales en el género *Hylaeus*.

7. ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos fueron contrastados para asegurar una distribución normal usando el test de Kolmogorov-Smirnov, y fueron tratados cuando fue necesario para asegurar una distribución normal. Tras ello, los datos se sometieron a un análisis ANOVA de 1 factor para la producción y 2 factores para los polinizadores, con el fin de evaluar las diferencias en función del tratamiento y el muestreo. El análisis estadístico se realizó con el software IBM SPSS para Windows, Versión 28.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. NÚMERO DE FLORES

En referencia al recuento de las flores presentes en los cuadrados de muestreo de los transectos, se contabilizaron las flores de melón en el caso de las parcelas de monocultivo (P2, P3 y P6), así como las flores de melón y de caupí en su conjunto en las parcelas de cultivo asociado (P1, P4 y P5).

En este sentido, no se detectaron diferencias significativas ($F=0,03$, $p>0,05$) con respecto al número de flores entre ambos tratamientos, los cuales presentaron un promedio de 23 flores (FIG. 13, IZQ.) en sus parcelas. Esto fue a causa del retraso en la floración del caupí, que necesitó de replanteos para asegurar su nascencia, ya que sus flores tardaron mucho en florecer y cuando lo hicieron ya habían cuajado una gran cantidad de melones.

En la representación del número de flores por parcela en cada uno de sus muestreos (FIG. 13, DCHA.) se confirma cómo en los sistemas de cultivo asociado el mayor número de flores se da en el último muestreo realizado el 8 de julio de 2021 (muestreo 5). Esto impidió un posterior análisis acerca el papel que tendrían los cultivos asociados, en este caso con leguminosas, como atrayentes de insectos polinizadores en los cultivos diversificados.

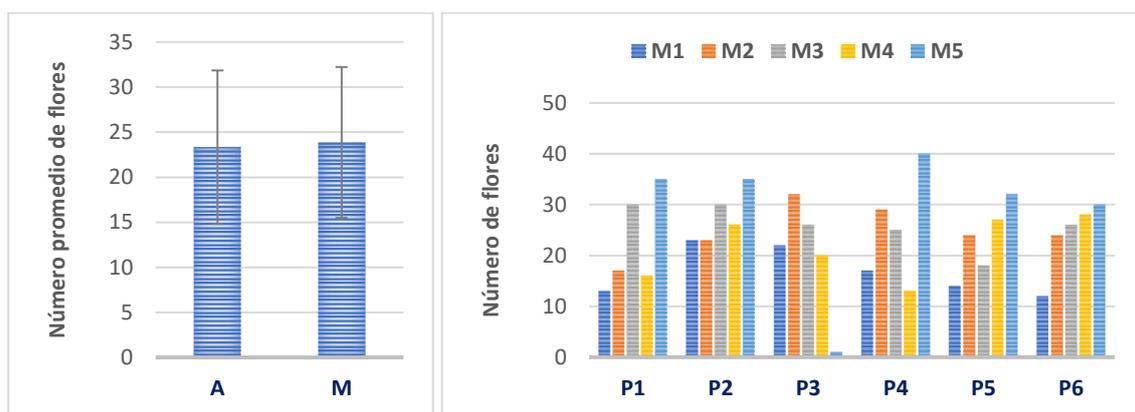


FIGURA 13. IZQ.: Número de flores totales por tratamiento. DCHA.: Número de flores por parcela (MONOCULTIVO: P2, P3 y P6; ASOCIADO: P1, P4 y P5) y muestreo. Las barras de error indican desviación estándar.

En el último muestreo (M5) realizado en la parcela 3, monocultivo, se puede observar un número de flores muy reducido. Las altas temperaturas junto con la afcción de oídio fueron la causa por las que las plantas de P3 perdieron por completo las hojas y las flores, dejando además a los melones expuestos al sol con la consiguiente pérdida de la cosecha.

2. ABUNDANCIA DE POLINIZADORES

El número de ejemplares capturados en trampas Moericke sumó un total de 12.882 polinizadores (TABLA 6), entre los que destacaron los dípteros (moscas y sírfidos) con un 79,70% seguido de los himenópteros, que comprenden a avispas y apoideos, con un 12,68%.

TABLA 6. Abundancia y porcentaje de órdenes de polinizadores totales capturados en trampas Moericke, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

Lista de ÓRDENES ↓	MONOCULTIVO	ASOCIADO	Σ	% Σ
	TRAMPAS	TRAMPAS		
DIPTERA	5.000	5.267	10.267	79,70%
COLEOPTERA	307	439	746	5,79%
LEPIDOPTERA	116	120	236	1,83%
HYMENOPTERA	875	758	1.633	12,68%
Σ POLINIZADORES	6.298	6.584	12.882	

A su vez, los dípteros fueron los insectos significativamente más abundantes en ambos tratamientos, tanto en las parcelas de monocultivo (P2, P3 y P6) como en las parcelas de cultivo asociado (P1, P4 y P5), seguido por los himenópteros, entre los que se encuentran las abejas. Los ejemplares capturados en las trampas de agua indican que las parcelas de policultivo concentraron un mayor número de polinizadores totales, pero se contó un mayor número de himenópteros en las parcelas en las que se implantó el monocultivo (875) frente a las de asociado (758).

Estas abundancias de polinizadores fueron respaldadas por los transectos realizados visualmente que confirmaron que el total de polinizadores fue más abundante en el sistema asociado, con un valor de 928 frente a los 578 insectos polinizadores que se observaron “*in situ*” en el monocultivo (TABLA 7), y que los órdenes predominantes en los agroecosistemas estudiados fueron los dípteros, seguido de los himenópteros. En este caso, y a diferencia de las trampas Moericke, se observó un mayor número de himenópteros en las parcelas de asociado con respecto a las de monocultivo, discrepancias que no son resolutivas al no detectar un mayor número de flores en el policultivo.

TABLA 7. Abundancia y porcentaje de polinizadores totales observados visualmente, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

Lista de ÓRDENES ↓	MONOCULTIVO	ASOCIADO	Σ	% Σ
	OBSERVADOS	OBSERVADOS		
DIPTERA	388	608	996	66,14%
COLEOPTERA	28	74	102	6,77%
LEPIDOPTERA	13	28	41	2,72%
HYMENOPTERA	149	218	367	24,37%
Σ POLINIZADORES	578	928	1.506	

A pesar de que las trampas de agua son un método adecuado de muestreo, no indican las interacciones que ocurren entre los polinizadores y las plantas (Nates-Parra, 2016), pudiendo darse discrepancias al actuar como atrayentes incluso cuando los recursos florales son escasos. Sin embargo, los resultados fueron equivalentes en ambos métodos.

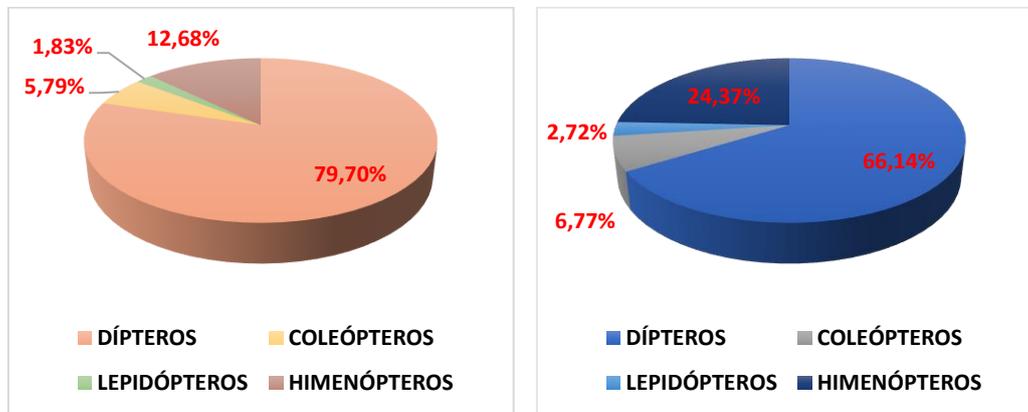


FIGURA 14. Porcentaje de órdenes de polinizadores totales, tanto en monocultivo como asociado. IZQ.: Capturados en trampas Moericke. DCHA.: Observados visualmente.

Referente al promedio de **POLINIZADORES TOTALES**, no se observaron diferencias significativas entre cultivo asociado y monocultivo ($F=0,066$; $p>0,05$), ni en el efecto muestreo por tratamiento ($F=0,697$; $p>0,05$). Se obtuvo una media de $140,0 \pm 82,0$ para el monocultivo y un poco mayor para el asociado, siendo de $145,6 \pm 77,4$ individuos (FIG.15, IZQ.), siendo el muestreo 3 en el que más polinizadores se capturaron (FIG. 15, DCHA.).

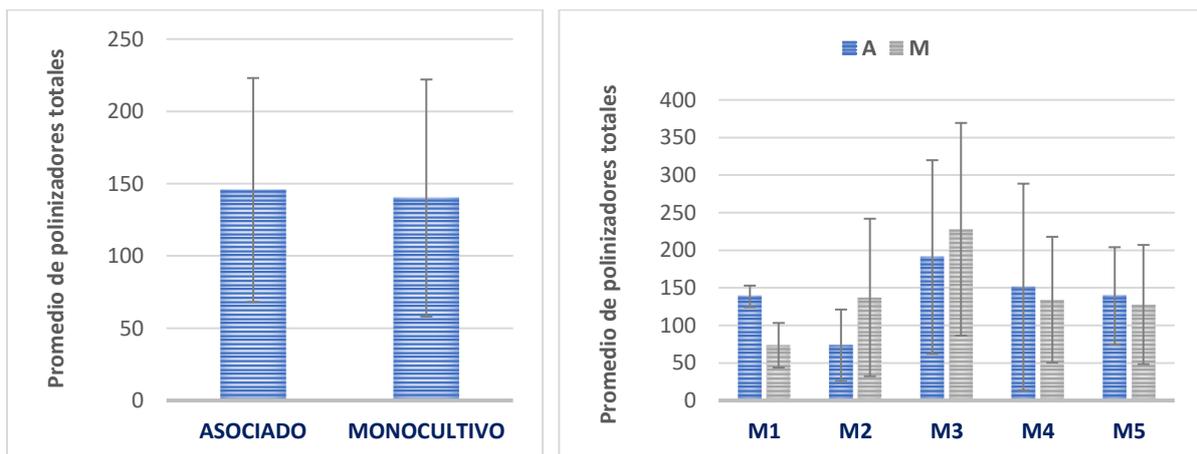


FIGURA 15. IZQ.: Abundancia media de polinizadores totales capturados en monocultivo y policultivo. DCHA.: Abundancia media de polinizadores capturados para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

Por otra parte, se observaron diferencias significativas en relación a la abundancia de polinizadores totales entre los distintos muestreos ($F=5,027$, $p=0,001$) y entre las diferentes parcelas ($F=13,604$; $p<0,001$), pero no en el efecto muestreo por parcela ($F=1,538$; $p>0,05$).

En la **FIGURA 16** se observa cómo la abundancia media de polinizadores alcanza su pico en el muestreo 3, realizado el 29 de junio de 2021, concretamente en la parcela 2 (monocultivo) y en la parcela 5 (asociado) con unos valores promedios de $391,0\pm 227,3$ y $339,0\pm 161,5$, respectivamente.

El muestreo 3, en P2 y P5, no coincide con el muestreo que presentó un mayor número de flores (**FIG.13, DCHA.**), por lo que se considera que la presencia de polinizadores totales estuvo ligada a otros factores independientes al contenido de flores disponible en las parcelas o, en otro caso, que las flores estuvieran en su momento más óptimo en cuanto a cantidad de polen y néctar.

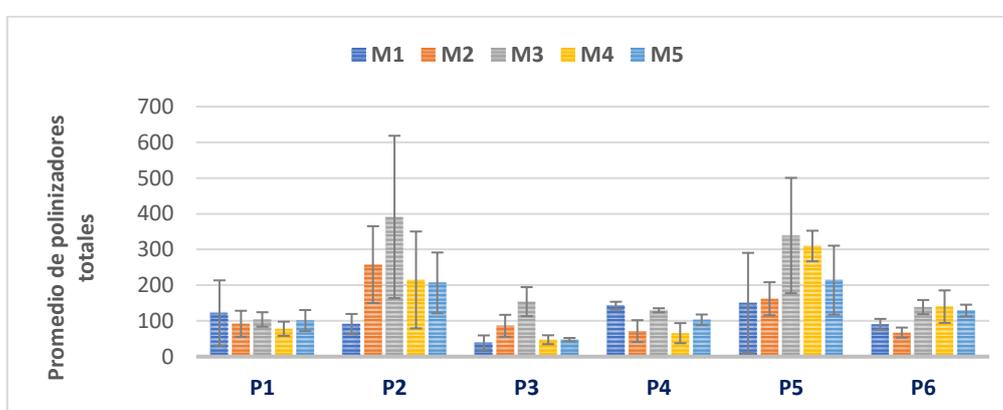


FIGURA 16. Abundancia media de polinizadores totales capturados para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

En las parcelas 1 y 4, ambas de cultivo asociado, el máximo de abundancia se da en el primer muestreo, efectuado el 15 de junio de 2021, y coincide con un momento en el que a su alrededor había abundantes plantas adventicias en las parcelas colindantes. Unos días antes del segundo muestreo, que se llevó a cabo el 22 de junio, fueron eliminadas manualmente.

El orden de polinizadores más abundante fue el **DIPTERA**. Al igual que con los polinizadores totales, no se detectaron diferencias significativas entre las variables de tratamientos ($F=0,077$; $p>0,05$) ni muestreos ($F=2,281$; $p>0,05$). Tampoco se observaron diferencias significativas en el efecto muestreo por tratamientos ($F=0,701$; $p>0,05$), obteniendo valores similares tanto en las parcelas de cultivo asociado ($117,0\pm 69,5$) como en monocultivo ($111,1\pm 82,6$).

Al igual que ocurre con los polinizadores totales, fue el muestreo 3 el que obtuvo un mayor número de abundancias medias, tanto en monocultivo ($193,8\pm 149,3$) como en asociado

(155,1±129,6); seguido, en este caso, del muestreo 4 en las parcelas de asociado (126,3±124,7) (FIG. 17).

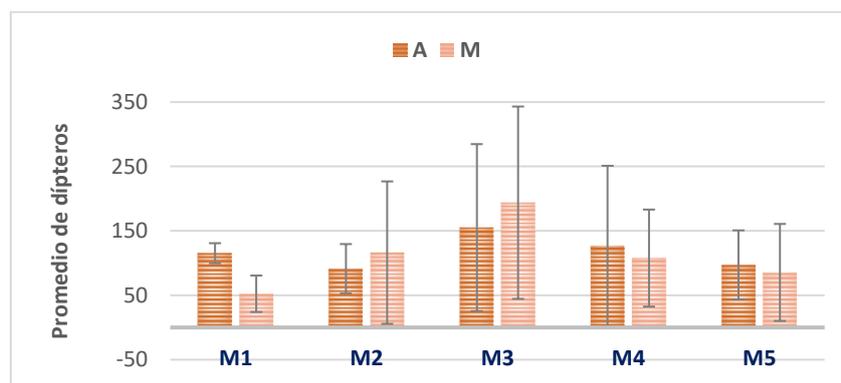


FIGURA 17. Abundancia media de dípteros capturados para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

De igual manera, y en base al análisis de efectos inter-sujetos sobre el muestreo por parcela, no se detectaron diferencias significativas ($F=1,612$, $p>0,05$) pero sí entre sus variables individuales, es decir, entre los diferentes muestreos ($F=4,321$; $p=0,004$) y entre las diferentes parcelas ($F=12,965$; $p<0,001$).

Observando la dinámica de densidades de los dípteros en la FIGURA 18, se confirma que el promedio máximo alcanzado se dio en M3 con un valor de $365,7\pm 226,5$ en P2 (monocultivo) y $304,7\pm 164,4$ en P5 (asociado), siendo estas las parcelas en las que se observaron una mayor cantidad de moscas, moscardones y sírfidos.

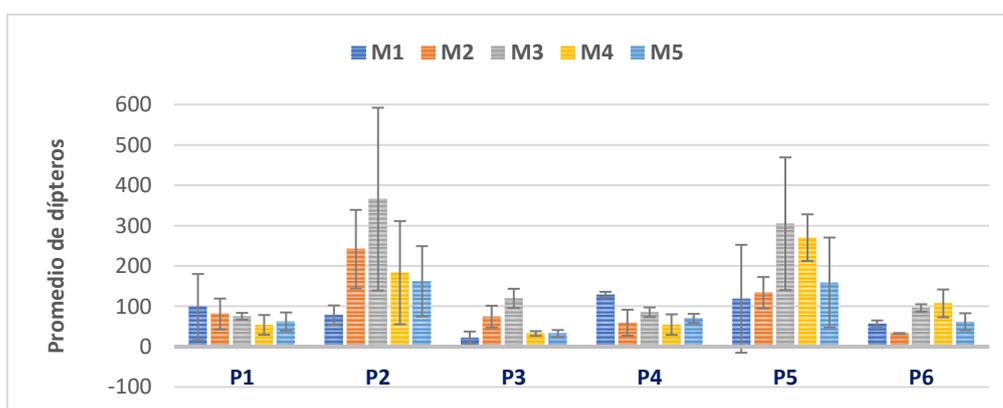


FIGURA 18. Abundancia media de dípteros capturados para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

La parcela 2 de monocultivo se encuentra situada a escasos metros de una granja ecológica de pollos, lo que justificaría que los insectos fuesen atraídos por la gran cantidad de materia orgánica generada en esta (FIG. 19). En lo referente a la parcela 5 de asociado no se encontró una explicación clara que justifique su abundancia, ni esta coincide con los muestreos en los que se contaron un mayor número de flores.



FIGURA 19. Granja ecológica de pollos situada en las proximidades de P2 (MONOCULTIVO).

Esta polinización por dípteros, denominada miofilia, se ve beneficiada por flores pequeñas de colores blanco y amarillo (Stefanescu *et al.*, 2018), lo que justificaría en parte la abundante presencia de estos insectos en nuestras parcelas, pudiendo postularse como uno de los polinizadores secundarios más importantes del cultivo del melón en áreas del mediterráneo.

Acorde al mismo autor, su eficacia en polinización puede compararse, cuali y cuantitativamente, con el de las abejas al ser más abundantes, realizar un mayor número de visitas a las flores y tolerar de manera más eficiente los cambios en el paisaje y la intensificación antrópica de los agroecosistemas.

En el análisis de los **HYMENOPTERA** vuelve a pasar lo mismo que con los grupos analizados anteriormente. En las pruebas de efectos inter-sujetos no se observaron diferencias significativas entre la relación de los muestreos por tratamiento ($F=0,563$, $p>0,05$), ni entre parcelas de policultivo y parcelas de monocultivo ($F=0,370$, $p>0,05$), pero sí las hubo entre fechas de muestreo ($F=3,055$, $p=0,021$). En este caso fue el muestreo 5 el que presentó mayores abundancias en las parcelas de monocultivo ($31,8\pm 25,0$) y en las de asociado ($22,6\pm 16,1$) (FIG. 20).

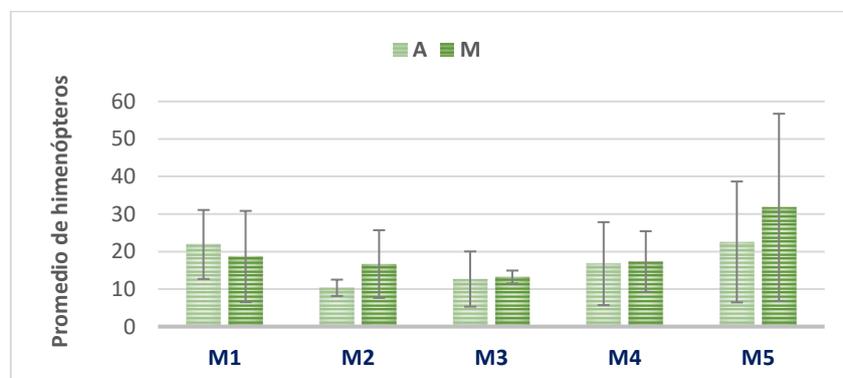


FIGURA 20. Abundancia media de himenópteros capturados para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

Por otra parte, se detectaron diferencias significativas entre los diferentes muestreos ($F=5,004$; $p=0,002$) y entre las diferentes parcelas ($F=8,719$; $p<0,01$), pero no en la relación de muestreo por parcelas ($F=1,624$; $p>0,05$).

Las mayores abundancias de avispas y apoideos se dieron en la parcela 6 ($58,0\pm 38,9$), monocultivo, y en la parcela 5 ($39,7\pm 27,1$), asociado, durante M5 (**FIG. 21**), muestreo realizado el 13 de julio de 2021 y que presentó el mayor número de flores en ambas parcelas (**FIG. 13, DCHA.**), pudiendo relacionar la presencia de este orden de insectos, y al contrario de los dípteros, con el número de flores disponible en los cultivos.

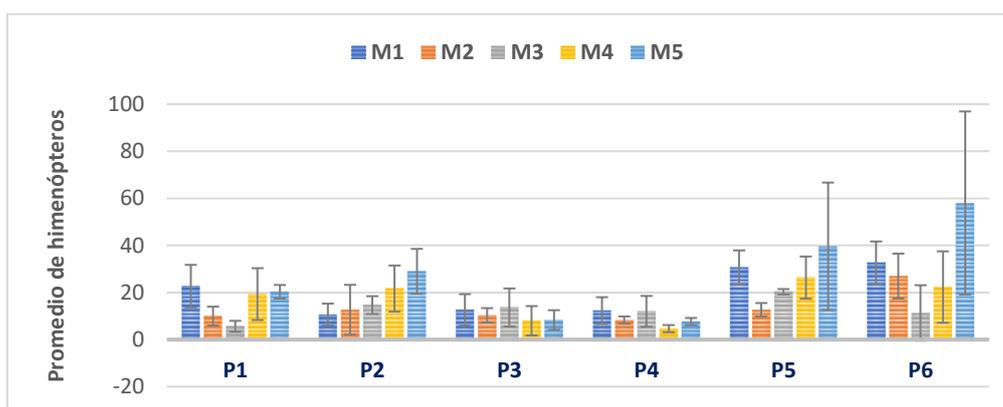


FIGURA 21. Abundancia media de himenópteros capturados para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

A pesar de que sus abundancias fueron mayores en los muestreos que presentaron un mayor número de recursos florales, esto no fue un factor decisivo en cuanto a su preferencia hacia las diferentes parcelas. Como ya se ha comentado, el retraso en la nascencia del caupí hizo que ambos tratamientos tuvieran el mismo promedio en flores, por lo que sus abundancias en las parcelas posiblemente atiendan al grado de perturbación antrópica que ofrecen.

La localización de P5 y P6 en la finca (**FIG. 22**) presenta ventajas sobre las demás parcelas ya que se situaban en una zona abierta y sin invernaderos ni instalaciones, además de estar exentas de la presencia humana y de presentar en sus proximidades amplias zonas de vegetación, masas arbóreas y balsas de riego.

Beltrán y Traveset (2018) compararon dos áreas cercanas, situadas en Mallorca (España), que presentaban distintos grados de perturbación antrópica con el fin de analizar el efecto que tendría sobre la diversidad de diferentes familias de insectos himenópteros. Fue la comunidad en la que se produjo una pérdida de hábitat de hasta el 50% la que sufrió una disminución en la diversidad de los mismos, definiendo a este orden de insectos como frágiles ante dichas alteraciones al no poder o ser difícil, como en el caso de polinizadores especialistas o solitarios, hacer frente y establecer interacciones inmediatas con otras especies vegetales.

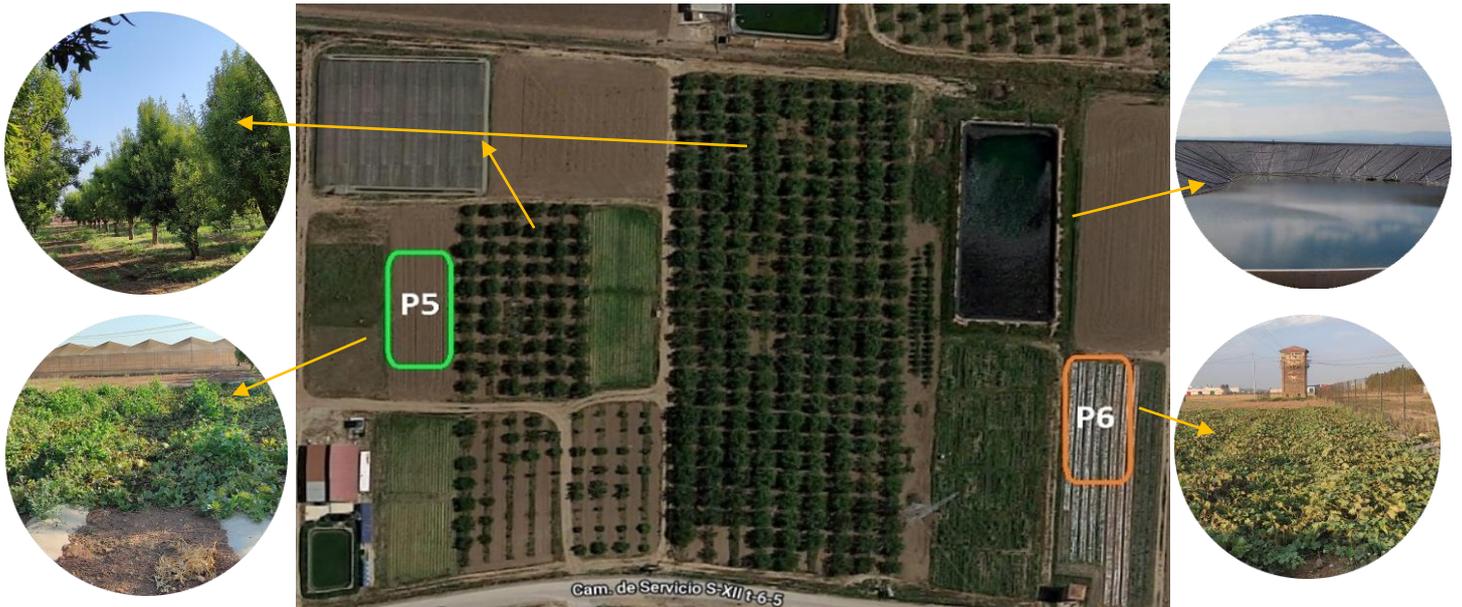


FIGURA 22. Ubicación y entorno de la parcela 5 (ASOCIADO) y de la parcela 6 (MONOCULTIVO).

Esto explicaría por qué los himenópteros presentan una mayor predilección ante P5 y P6 ya que se trata de parcelas más heterogéneas y con más hábitat natural disponible. Asimismo, cuentan con una mayor proporción de distintos tipos de cobertura vegetal que permitirían albergar un mayor número de especies, asegurando así la estabilidad y persistencia de sus poblaciones a la vez que ofrecen un servicio de polinización más óptimo al ser más uniforme en el espacio.

Además, las abundancias que nos ofrecen estas parcelas nos permiten observar una dinámica menos estable en cuanto a sus poblaciones y una mayor variabilidad en la parcela de monocultivo, P6, comparada con la del cultivo asociado, P5. Esto nos puede indicar que, en entornos donde hay un menor grado de perturbación de carácter antrópico, la mayor disponibilidad de recursos tróficos y/o de nidificación para explotar permiten un mayor equilibrio en las comunidades de polinizadores pertenecientes al orden Hymenoptera.

3. DIVERSIDAD DE ABEJAS

En el sistema de monocultivo y en asociado se capturaron en su totalidad 1.505 abejas destacando, principalmente, la familia Halictidae, que supuso un 82,72% de las abejas totales, seguida, con mucha diferencia, de la familia Apidae, con un 11,83% (TABLA 8).

TABLA 8. Abundancia y porcentaje de familias de abejas capturadas en trampas Moericke, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

	MONOCULTIVO	ASOCIADO	Σ	% Σ
Lista de FAMILIAS ABEJAS ↓	TRAMPAS	TRAMPAS		
APIDAE	89	89	178	11,83%
MEGACHILIDAE	1	2	3	0,20%
HALICTIDAE	685	560	1.245	82,72%
ANDRENIDAE	30	42	72	4,78%
COLLETIDAE	6	1	7	0,47%
Σ FAMILIAS ABEJAS	811	694	1.505	

Los transectos realizados visualmente corroboran que la familia más predominante, tanto en el cultivo del melón como en el policultivo, es la familia Halictidae (**TABLA 9**), sugiriendo que puede ser el grupo con mayor contribución a la polinización del cultivo de estudio frente al resto de familias que se capturaron y observaron en los diferentes tratamientos (**FIG. 23**).

TABLA 9. Abundancia y porcentaje de familias de abejas observadas visualmente, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

	MONOCULTIVO	ASOCIADO	Σ	% Σ
Lista de FAMILIAS ABEJAS ↓	OBSERVADOS	OBSERVADOS		
APIDAE	29	36	65	19,76%
HALICTIDAE	93	170	263	79,94%
ANDRENIDAE	1	-	1	0,30%
Σ ABEJAS	123	206	329	

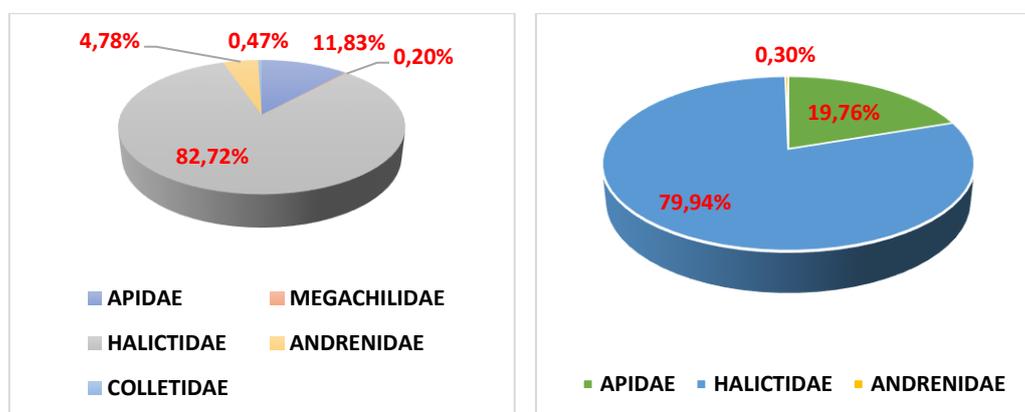


FIGURA 23. Porcentaje de familias de abejas, tanto en monocultivo como en asociado. **IZQ.:** Capturadas en trampas Moericke. **DCHA.:** Observadas visualmente.

Con respecto a la familia **APIDAE** no se observaron diferencias significativas en el muestreo por tratamientos ($F=1,154$; $p>0,05$) ni entre los diferentes tratamientos ($F=0,000$; $p>0,05$), con una media en ambos de 2 individuos. Donde sí se observaron diferencias significativas fue en los diferentes muestreos ($F=2,585$; $p=0,043$), siendo el muestreo 4 ($2,4\pm 2,7$) y el muestreo 5 ($2,8\pm 1,8$) los que mayor valor presentaron.

En alusión a los tratamientos, el mayor valor se obtuvo en las parcelas de monocultivo (P2, P3, y P6) en M5 con una abundancia media de $3,3\pm 2,0$ individuos, seguido de las parcelas de policultivo (P1, P4 y P5) en M4, con un valor de $2,6\pm 0,8$ ejemplares (**FIG. 24**).

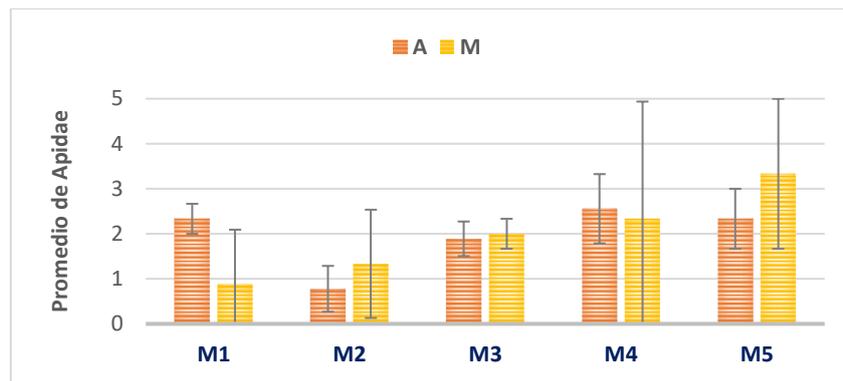


FIGURA 24. Abundancia media de la familia Apidae para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

Considerando el muestreo por parcelas tampoco se observaron diferencias significativas ($F=0,860$, $p=0,635$) pero sí entre sus variables de muestreo ($F=2,722$; $P=0,038$) y de parcelas ($F=2,381$; $p=0,049$). En cuanto a las parcelas, fue la parcela 6, monocultivo, y la parcela 5, policultivo, las que alcanzaron un mayor promedio en el número de ápidos frente al resto, con unas abundancias medias de $3,3\pm 3,0$ y $2,1\pm 1,6$ respectivamente, siendo a su vez mayores en los últimos muestreos (**FIG. 25**).

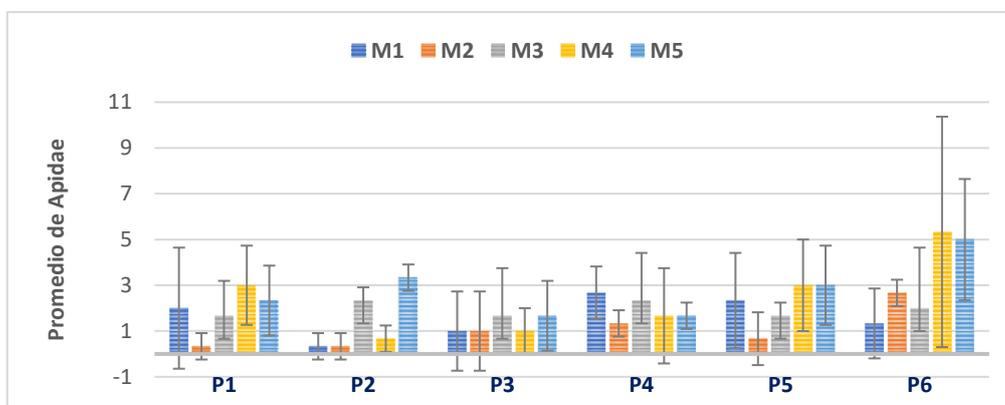


FIGURA 25. Abundancia media de Apidae para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

Estos últimos muestreos fueron en los que se contó un mayor número de flores (**FIG. 13, DCHA.**), tanto en P5 como en P6, por lo que la cantidad de recursos florales disponibles en las parcelas es un factor influyente en las visitas de los individuos de la familia Apidae. No obstante, su predisposición hacia estas parcelas es influida por otros factores comentados anteriormente e independientes a la cantidad de flores ya que, los valores de las mismas en las diferentes parcelas, no fueron resolutivas para deducir que este factor sea influyente en sus abundancias.

Según Kennedy *et al.*, [2013, citado en (Nates-Parra, 2016)], la riqueza y abundancia de las especies de abejas domésticas y salvajes está fuertemente ligada al tipo de cultivo -siendo mayor en el ecológico que en el convencional- y al arreglo paisajístico y la composición del entorno, evidenciando que la intensificación agrícola tiene un impacto sobre el servicio prestado por los polinizadores en las áreas agrícolas comerciales. Por ello, y al igual que en otras familias de himenópteros, son las parcelas con un entorno natural (P5 y P6) las que contemplaron una mayor diversidad de individuos de Apidae, cumpliéndose a su vez que la dinámica de abundancias en la parcela de asociado presentan valores menos variables en comparación con la parcela de monocultivo.

En cuanto a la familia **HALICTIDAE** tampoco se observaron diferencias significativas en el efecto muestreo por tratamiento ($F=0,457$; $p>0,05$), ni en sus variables de clasificación, es decir, entre muestreos ($F=1,727$; $p>0,05$) ni tratamientos ($F=1,240$; $p>0,05$). Asimismo, fue P6 (monocultivo) y P5 (policultivo) en las que se detectaron, con diferencia, las mayores abundancias, con unos valores de $21,2\pm 9,2$ y $18,4\pm 5,6$ respectivamente.

Fue en las parcelas de monocultivo durante el muestreo 5 en las que se capturó una mayor densidad de halictidos ($16,9\pm 12,5$), seguido del muestreo 1, tanto en las parcelas de cultivo asociado ($16,4\pm 9,0$) como en las de monocultivo ($15,4\pm 13,1$) (**FIG. 26**).

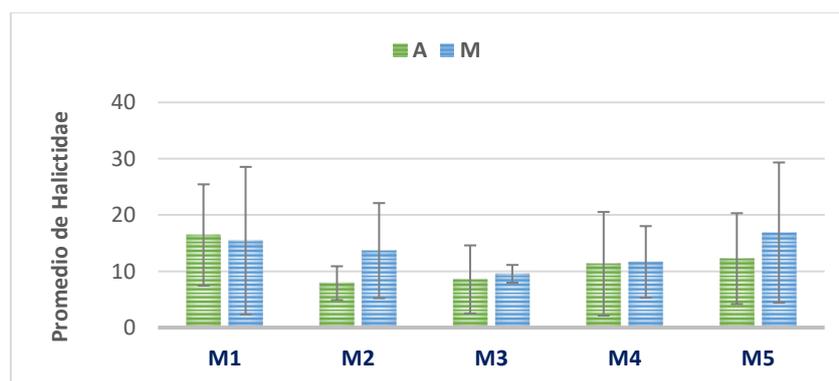


FIGURA 26. Abundancia media de Halictidae para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

En las pruebas de efectos inter-sujetos sí que se observaron diferencias significativas entre el efecto muestreo por parcela ($F=2,237$, $p=0,009$), así como también en sus variables parcela ($F=14,054$; $p<0,001$) y en los diferentes muestreos ($F=4,226$; $p=0,005$).

Se puede observar cómo los máximos valores en abundancias se alcanzan en la parcela 5 (policultivo) y 6 (monocultivo) durante el muestreo 1, realizado el 15 de junio de 2021, y cuyos valores fueron de $25,7 \pm 8,1$ y $30,3 \pm 6,7$ respectivamente. Estas densidades pueden explicarse por la presencia de plantas adventicias en los alrededores como se ha comentado anteriormente, siendo M5 el siguiente transecto que presentó los valores más altos (**FIG. 27**) y el que coincide con el muestreo que presenta un mayor número de flores en dichas parcelas.

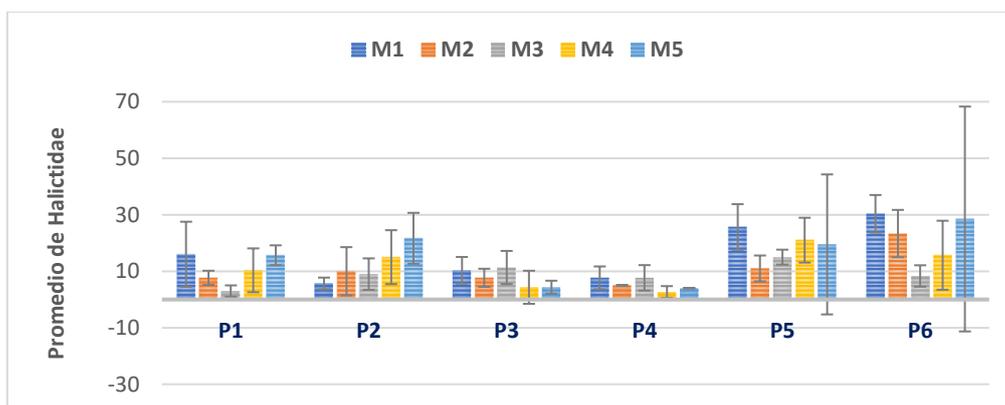


FIGURA 27. Abundancia media de Halictidae para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

Sin embargo, sus abundancias en las diferentes parcelas no pudieron relacionarse con el número de flores ya que no se cumplió la premisa de que los muestreos con un mayor número de recursos tróficos coincidían con los muestreos en los que más halíctidos se capturaron. Es por ello que la presencia de la familia Halictidae también pudo estar influenciada por la heterogeneidad en la composición y configuración de los hábitats o paisajes, y por ello fueron las parcelas exteriores a la finca (P5 y P6) las que mayor número promedio de abejas pertenecientes a la familia Halictidae comprendieron.

En la parcela 5, policultivo, disminuye el promedio de halíctidos en el muestreo 2 para volver a aumentar y mantenerse constante, alcanzando un valor de $19,5 \pm 24,8$ en el muestreo 5. En cambio, los promedios en la parcela 6, monocultivo, disminuyen de $30,3 \pm 6,7$ a $8,3 \pm 3,8$ del muestreo 1 al muestreo 3 para seguidamente aumentar la media de halíctidos hasta $28,5 \pm 39,8$ en el muestreo 5, sufriendo una dinámica más radical que en el sistema asociado en cuanto a densidades poblacionales y observándose una mayor variabilidad entre las repeticiones de los diferentes muestreos por lo que ofrece una polinización menos uniforme en el espacio.

Esto ocurre de forma similar en la dinámica de abundancias de himenópteros totales (**FIG. 21**) y de la familia Apidae (**FIG. 25**) en las parcelas exteriores que, exceptuando M1 por la presencia de plantas adventicias, P5 presenta valores crecientes y menos lábiles y variables durante sus muestreos con respecto a la parcela 6 de cultivo asociado. Esto posiblemente se deba a que los policultivos reducen la competencia inter-específica entre especies y las hace más estables en los cultivos.

Dichas dinámicas no se cumplen en las parcelas con cierto grado de presión antrópica (P1, P2, P3 y P4), donde los valores son menos representativos y donde las dinámicas de los himenópteros pudieron verse afectadas por la presencia humana o por el mayor grado de destrucción de los hábitats y, por consiguiente, solapamiento de nichos.

➔ GÉNEROS DE ABEJAS

De las 1.505 abejas capturadas en las trampas Moericke, entre ambos tratamientos, el género más representativo y abundante fue *Lasioglossum*, que comprendió un 75,95% del total de las abejas, seguido de *Apis* que supuso un 10,83% del total, *Halictus*, 5,51%, y *Panurgus*, 3,99% (TABLA 10).

TABLA 10. Abundancia y porcentaje de géneros de abejas capturados en trampas Moericke, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

		MONOCULTIVO	ASOCIADO	Σ	% Σ
Lista de GÉNEROS ABEJAS ↓		TRAMPAS	TRAMPAS		
APIDAE	<i>Apis</i>	82	81	163	10,83%
	<i>Eucera</i>	-	4	4	0,27%
	<i>Nomada</i>	-	1	1	0,07%
	<i>Ceratina</i>	7	2	9	0,60%
	<i>Tetralonia</i>	-	1	1	0,07%
MEGACHILIDAE	<i>Megachile</i>	1	2	3	0,20%
HALICTIDAE	<i>Halictus</i>	62	21	83	5,51%
	<i>Lasioglossum</i>	613	530	1.143	75,95%
	<i>Nomioides</i>	1	5	6	0,40%
	<i>Sphecodes</i>	9	3	12	0,80%
	<i>Dufourea</i>	-	1	1	0,07%
ANDRENIDAE	<i>Andrena</i>	8	4	12	0,80%
	<i>Panurgus</i>	22	38	60	3,99%
COLLETIDAE	<i>Hylaeus</i>	6	1	7	0,47%
Σ GÉNEROS ABEJAS		811	694	1.505	

El sistema asociado fue el que mayor biodiversidad comprendió en sus parcelas, albergando un total de 14 géneros frente a los 10 géneros que se capturaron en las parcelas de monocultivo, entre los que se encuentran los géneros *Eucera*, *Nomada*, *Tetralonia* y *Dufourea* presentes en el asociado y que no se encontraron en los sistemas de monocultivo, cumpliéndose, por tanto, que los sistemas agronómicos más heterogéneos ofrecen una mayor complejidad y diversidad de especies, en este caso de abejas.

En cuanto a la composición de los géneros observados visualmente en ambos tratamientos hubo coincidencia, destacando *Lasioglossum* que conformaba el 73,25% del total de abejas observadas (FIG. 28, DCHA.), seguido de *Apis* con un 13,37%. Sin embargo, con este método de muestreo no se confirma la presencia de una mayor diversidad de abejas en el

sistema de policultivo, detectando 7 géneros en cada sistema agronómico (TABLA 11). Esto pudo deberse a las dificultades de la identificación a *visu* de los distintos géneros, por lo que este método se consideró menos preciso y, por ello, menos resolutivo en cuanto a los géneros presentes en el cultivo estudiado.

TABLA 11. Abundancia y porcentaje de géneros de abejas observados visualmente, tanto en monocultivo como en cultivo asociado.

		MONOCULTIVO	ASOCIADO	Σ	% Σ
Lista de GÉNEROS ABEJAS		OBSERVADOS	OBSERVADOS		
↓					
APIDAE	<i>Apis</i>	16	28	44	13,37%
	<i>Eucera</i>	11	7	18	5,47%
	<i>Nomada</i>	2	-	2	0,61%
	<i>Ceratina</i>	-	1	1	0,30%
HALICTIDAE	<i>Halictus</i>	8	9	17	5,17%
	<i>Lasioglossum</i>	84	157	241	73,25%
	<i>Nomioides</i>	1	1	2	0,61%
	<i>Sphecodes</i>	-	3	3	0,91%
ANDRENIDAE	<i>Panurgus</i>	1	-	1	0,30%
Σ GÉNEROS ABEJAS		123	206	329	

Del mismo modo, se pudo contemplar que las abejas no-*Apis*, generalmente abejas con hábitos mayormente solitarios, tuvieron una mayor presencia en nuestro cultivo de estudio ya que abarcaron el 89,17% de las abejas capturadas en las trampas de agua, así como el 86,63% de las que fueron identificadas visualmente en campo (FIG. 28).

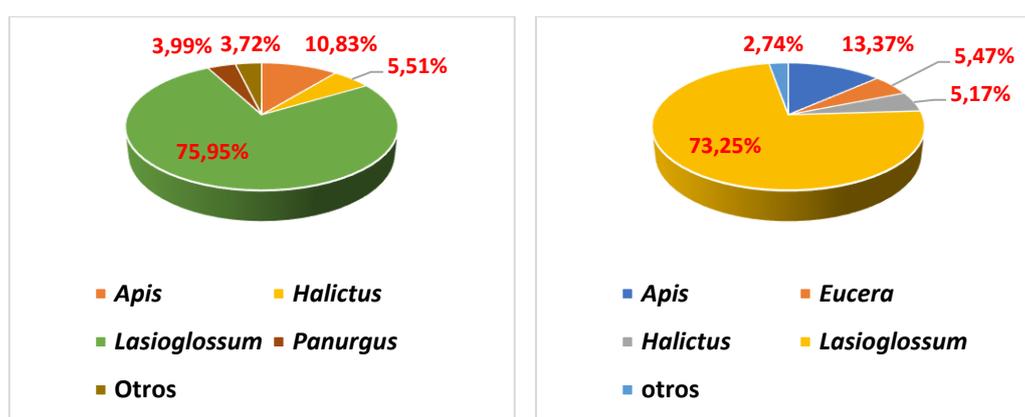


FIGURA 28: Porcentaje de géneros de abejas, tanto en monocultivo como en asociado. IZQ.: Capturados en trampas Moericke. DCHA.: Observados visualmente.

La mayor abundancia de la familia Halictidae, y en concreto del género *Lasioglossum* (FIG. 29), coincide con los resultados obtenidos por Rodrigo-Gómez *et al.* (2016), cuyos datos

reflejaron que más del 70% de individuos recolectados en el cultivo del melón en áreas del mediterráneo pertenecían a esta familia, dentro de la cual predominaba dicho género. A su vez, *Lasioglossum* sp. presentó un mayor potencial polinizador frente a las abejas melíferas al ser más abundante, por lo que estos pequeños himenópteros apoideos parecen ser los principales polinizadores de las flores del melón en áreas del mediterráneo, así como de la sandía donde, además, requerían de forma significativa de un menor número de visitas para efectuar la polinización que las abejas melíferas (Garantonakis *et al.*, 2016). De acuerdo con Stefanescu *et al.* (2018), esta distribución de abundancias dependerá en gran medida de la situación geográfica, por lo que *A. mellifera* no se trata de su polinizador clave como ocurre en otras regiones como Brasil (Siqueira *et al.*, 2011) o Texas (Henne *et al.*, 2012).



FIGURA 29. Vista en lupa binocular de un ejemplar de *Lasioglossum* sp.

En relación con el género **LASIOGLOSSUM** tampoco se observaron diferencias significativas en el muestro por tratamientos ($F=0,447$; $p>0,005$). Tampoco entre tratamientos ($F=0,369$; $p>0,05$) ni entre muestreos ($F=2,422$; $p>0,05$) como variables individuales.

En este caso, fueron las parcelas de policultivo y monocultivo las que obtuvieron los valores más alto durante el muestreo 1, realizado el 15 de junio de 2021 y que coincidió con la presencia de plantas adventicias. Seguido a esto, fue el monocultivo en M5 donde se determinaron mayores abundancias ($14,5\pm 12,1$), similares a las de las parcelas de cultivo asociado en ese mismo muestreo ($12,1\pm 8,0$) (FIG. 30).

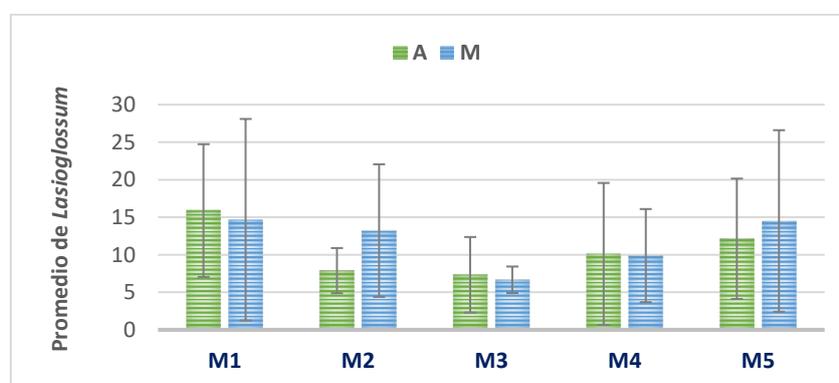


FIGURA 30. Abundancia media de *Lasioglossum* para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

Sobre el muestreo por parcelas sí se observaron diferencias significativas ($F=2,200$; $p=0,001$), tanto entre los muestreos ($F=6,735$; $p<0,01$) como entre las parcelas ($F=19,296$; $p<0,001$).

En consideración a las parcelas, y excluyendo al muestreo 1 por lo razonado anteriormente, los mayores valores se dieron en la parcela 6, monocultivo, concretamente en M5 ($28,5\pm 6,7$), la cual presentó, al igual que el conjunto de himenópteros, una dinámica más lábil en relación a la otra parcela de cultivo asociado situada en el exterior de la finca, es decir, P5 (FIG. 31).

La parcela 5 fue la segunda parcela en la que se determinaron valores más altos, concretamente en los últimos muestreos (M4 y M5) correspondientes a los muestreos que más flores presentaron en los cultivos asociados (FIG. 13, DCHA.).

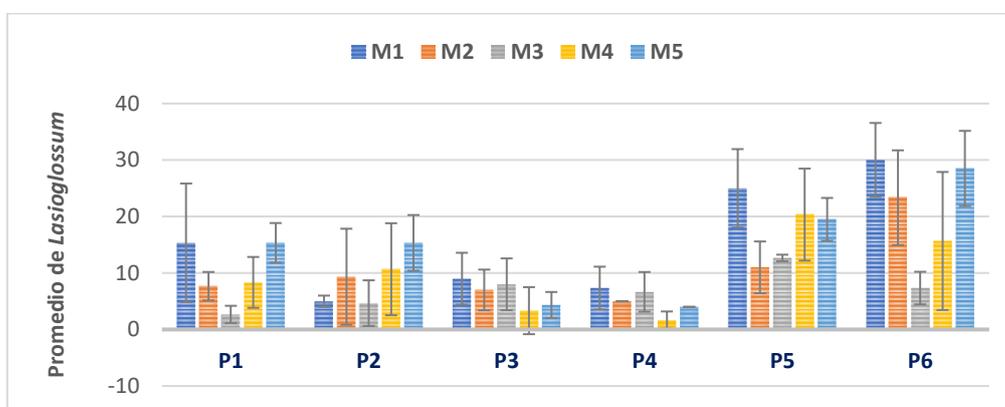


FIGURA 31. Abundancia media de *Lasioglossum* para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

En cuanto a la parcela 6 también se cumple que el mayor número de este género se da en el muestreo con el mayor número de recursos florales y, a su vez, que su decantación hacia estas parcelas sigue un patrón de ubicación. Además, se observa una diferencia más marcada entre sus abundancias comprendidas en las parcelas exteriores con respecto a las interiores a la finca, lo que nos da a entender que se trata de abejas susceptibles a perturbaciones de origen antrópico.

Por otra parte, y excluyendo M1, se vuelven a observar en P6, monocultivo, unos valores menos firmes y más variables en lo referente a abundancias de este género en comparación con la parcela 5, cultivo asociado.

Considerando el género *APIS*, no se observaron diferencias significativas en el muestreo por tratamientos ($F=1,614$; $p>0,05$) ni entre tratamientos ($F=0,004$; $p>0,05$), es decir, entre las parcelas de monocultivo y de cultivo asociado, pero sí se observaron diferencias significativas entre los diferentes muestreos ($F=2,506$; $p=0,048$).

Los muestreos que presentaron una mayor densidad de este género fueron el muestreo 5 ($2,6 \pm 1,2$) seguido del muestreo 4 ($2,2 \pm 1,2$), que corresponden con los muestreos con mayor número de flores en las parcelas de cultivo asociado y en P6, monocultivo.

Por otra parte, fue el sistema de monocultivo en el muestreo 5 el que concentró una mayor abundancia de abejas domésticas, con un valor de $3,1 \pm 1,7$, seguido de las parcelas de cultivo asociado, con una abundancia media de $2,1 \pm 0,4$ en dicho muestreo (FIG. 32).

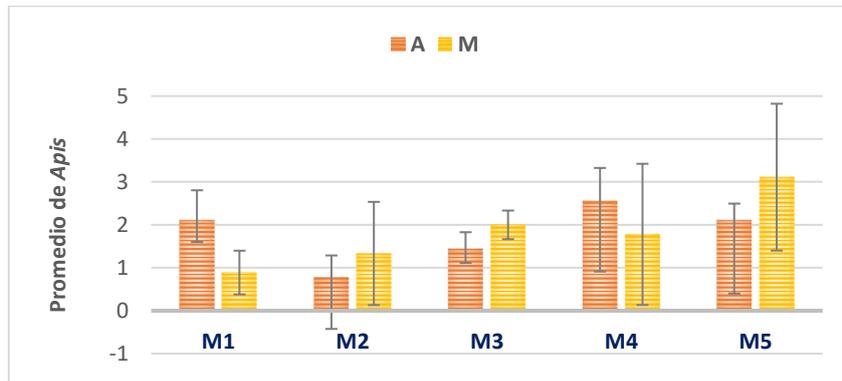


FIGURA 32. Abundancia media de *Apis* para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

Referente al muestreo por parcela no se observaron diferencias significativas ($F=0,850$; $p>0,05$), pero sí entre sus variables muestreo ($F=2,550$; $p=0,048$) y parcela ($F=2,195$; $p=0,049$).

Las parcelas que destacaron en las abundancias medias de abejas domésticas, aunque de forma no tan notoria, fueron las parcelas exteriores a la finca, es decir, P6 ($2,9 \pm 1,4$) y P5 ($1,9 \pm 1,0$). Los máximos se atribuyeron a la parcela 6, monocultivo, en el muestreo 5, con un promedio de $5,0 \pm 2,6$, y a la parcela 1 y 5 de cultivo asociado en el muestreo 4, donde obtuvieron ambas un valor de 3,0 individuos (FIG. 33), momento en el que se presenció un mayor número de flores disponibles en ambas parcelas.

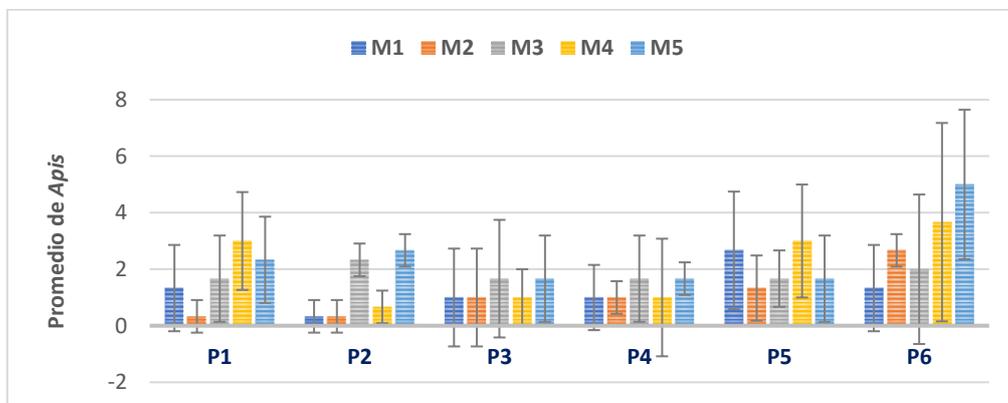


FIGURA 33. Abundancia media de *Apis* para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

En este caso, y al contrario del género *Lasioglossum*, no se ve una diferencia en abundancias muy marcada entre las parcelas que se encuentran en el interior de la finca con las parcelas exteriores. Esto podría deberse a una mayor capacidad de adaptación ya que, de acuerdo con Williams *et al.* (2010), los himenópteros sociales -en especial las abejas- se ven menos afectados que los solitarios frente a las perturbaciones antrópicas causadas por el uso de pesticidas y por las modificaciones paisajísticas que llevan consigo una pérdida y aislamiento del hábitat natural.

De igual forma, el conjunto de **ABEJAS SILVESTRES** tampoco presentó diferencias significativas en el efecto muestreo por tratamiento ($F=0,495$; $p>0,005$) ni entre los diferentes tratamientos ($F=1,022$; $p>0,05$), pero sí se observaron diferencias entre muestreos ($F=2,541$; $p=0,046$).

Fueron las parcelas de monocultivo las que obtuvieron unos mayores valores en cuanto a abundancias de abejas silvestres ($14,4\pm3,1$) frente a las parcelas de cultivo asociado ($12,5\pm4,2$).

Exceptuando el M1, fue M5 en las parcelas de monocultivo en el que se detectaron los valores más altos ($17,2\pm12,6$) (**FIG. 34**), similares a los del policultivo en ese mismo muestreo y a los valores que presentaron en M4 ambos tratamientos.

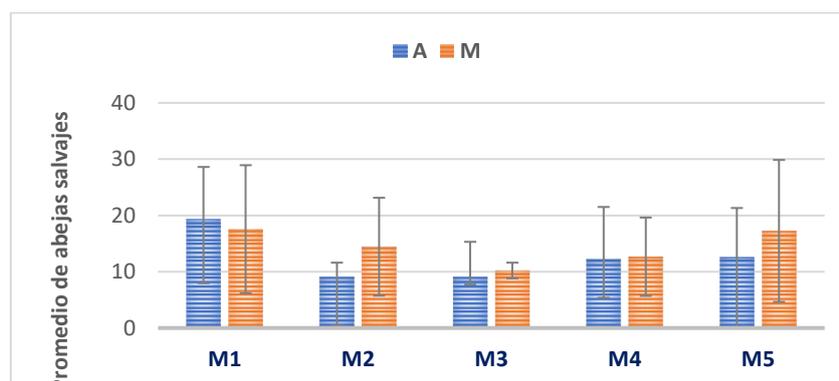


FIGURA 34. Abundancia media de abejas silvestres para cada tratamiento en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

En cuanto al efecto muestreo por parcela sí se observaron diferencias significativas ($F=2,175$; $p=0,011$), al igual que entre los muestreos ($F=5,889$; $p<0,001$) y entre las diferentes parcelas ($F=14,632$; $p<0,001$).

Fueron, con diferencia, las parcelas 6 ($21,9\pm9,0$) y 5 ($19,5\pm6,1$) las que concentraron un mayor número medio de ejemplares de abejas no-*Apis*. Excluyendo M1, y en el caso de P6, fue en M5 ($28,5\pm6,7$) el muestreo en el que mayores abundancias se encontraron, así como en P5 durante M4 ($21,3\pm8,1$) y M5 ($21,0\pm4,2$) (**FIG. 35**), coincidiendo con las parcelas situadas en el exterior de la finca y con los muestreos en los que más flores disponibles se contaron. Seguido a estas encontramos a P2, monocultivo, y P1, policultivo, durante M5, con unos valores de $22,7\pm8,0$ y $15,7\pm3,5$, respectivamente, muestreo que también coincide con el que ofreció

mayores recursos florísticos en dichas parcelas (FIG. 13, DCHA.), volviendo a encontrar un patrón de ubicación y una respuesta de los polinizadores ante una mayor densidad de flores.

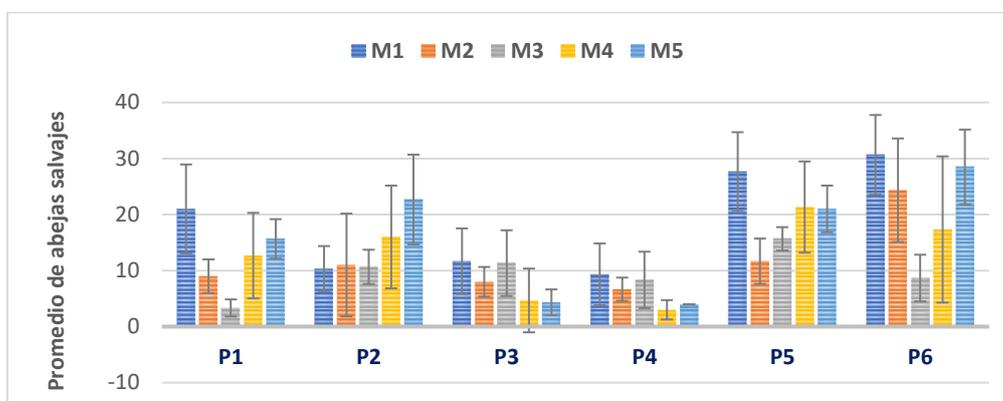


FIGURA 35. Abundancia media de abejas silvestres para cada parcela en los diferentes muestreos. Las barras de error indican desviación estándar.

En la dinámica de abejas salvajes observada en la parcela 6, monocultivo, se redujo su promedio en el muestreo 3 hasta $8,7 \pm 4,2$ para volver a aumentar y alcanzar de nuevo casi el valor inicial, obteniendo un $28,5 \pm 6,7$ en el promedio de abejas silvestres durante M5. En el caso de la parcela 5, asociado, se alcanzó su máximo en el muestreo 1 ($27,7 \pm 7,0$), posiblemente por la presencia de plantas adventicias, y disminuyó en el muestreo 2 a partir del cual aumentó hasta mantenerse constante en los muestreos, llegando a un promedio de $21,0 \pm 4,2$ en el muestreo final. Esto, al igual que en el género *Lasioglossum* y *Apis*, nos puede indicar que las abejas silvestres y domésticas ofrecen densidades poblacionales más sólidas y uniformes en las parcelas de cultivo asociado frente a las parcelas en la que se implantó el monocultivo, presentando valores de desviación estándar inferiores frente la parcela de monocultivo por lo que refleja una polinización más uniforme en el espacio.

4. EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LA COSECHA

Como se ha mencionado anteriormente, la producción de las parcelas P3 (monocultivo) y P4 (cultivo asociado) no se evaluó debido a problemas fitosanitarios que causaron la pérdida de gran parte de la mismas (FIG. 36).

La parcela 3 se encontraba muy próxima a una plantación de melón temprano que había sufrido un intenso ataque de oídio y, desde un principio, presentó problemas debido a esta enfermedad. Los daños se acentuaron llegando a provocar la pérdida de las hojas que, al no proteger los frutos, quedaron asoleados. En la parcela 4 se produjo una importante invasión por juncia (*Cyperus rotundus*; L.) cuya acción interfirió en el crecimiento y desarrollo de gran parte de las plantas cultivadas en la parcela.



FIGURA 36. ARRIBA: Oídio en parcela 3 (monocultivo). **DEBAJO:** Malas hierbas en parcela 4 (asociado).

En la **TABLA 12** se muestran los kg ha^{-1} , número de melones por planta y peso medio de los mismos como promedio de las parcelas de monocultivo y de cultivo asociado, pudiéndose observar unos valores muy similares.

TABLA 12. Producción, número de melones por planta y peso medio de los melones para cada tratamiento.

	PRODUCCIÓN (kg ha^{-1})	Nº MELONES/PLANTA	PESO MEDIO MELONES
MONOCULTIVO	12.757±5.952	2,6±0,6	3,47±0,40
ASOCIADO	12.519±4.095	2,6±0,8	3,48±0,59

En la producción del melón no se observaron diferencias significativas entre ambos tratamientos ($F=0,01$; $p>0,05$), siendo el que mayor rendimiento obtuvo el sistema de monocultivo con una media de 12.757 kg/ha frente a los 12.519 kg/ha que presentó el cultivo de asociado (**FIG. 37, IZQ.**). En los resultados obtenidos por *Acosta-Avilés et al. (2019)* sí se detectaron diferencias significativas entre ambos tratamientos -siendo mayor en el policultivo- pero, en nuestro caso, no se pudo demostrar debido a la tardía nascencia del caupí que impidió

la atracción de los polinizadores y su consecuente aumento en la producción del cultivo asociado.

No obstante, sí se pudo contemplar el papel que cumplen las leguminosas como fertilizantes biológicos ya que, a pesar de reducir el uso de fertilizantes químicos en un 30%, no hubo diferencias entre la producción obtenida en las parcelas de monocultivo con respecto a la del cultivo asociado.

Entre las diferentes parcelas tampoco hubo diferencias significativas con respecto al rendimiento ($F=1,08$; $p>0,05$), aunque fue la parcela 5 (14.609 ± 8.063) y la parcela 6 (15.613 ± 3.109) las que más kilogramos por hectárea consiguieron. Este mayor rendimiento productivo coincidió con las parcelas situadas en el exterior de la finca (P5 y P6) que, a la vez, fueron las parcelas en las que se recolectó el mayor número de himenópteros, principalmente, pertenecientes a la familia Halictidae y al género *Lasioglossum* y, en menor medida, al género *Apis*.

A pesar de que la parcela 2, monocultivo, fue una de las parcelas que obtuvo, con diferencia, una mayor cantidad de polinizadores totales, esto no se vio reflejado en la producción. Estas abundancias fueron debidas por la gran cantidad de dípteros capturados en dicha parcela, lo que nos ayuda a deducir que los himenópteros cumplen un papel más efectivo y clave en la polinización del melón ya que su abundancia, posiblemente condicionada por el entorno, sí reflejó un aumento en producción de hasta el 30% en P5 y P6, aproximadamente, con respecto a las otras parcelas situadas en el interior de la finca (P1 y P2) (**FIG. 37, DCHA.**)

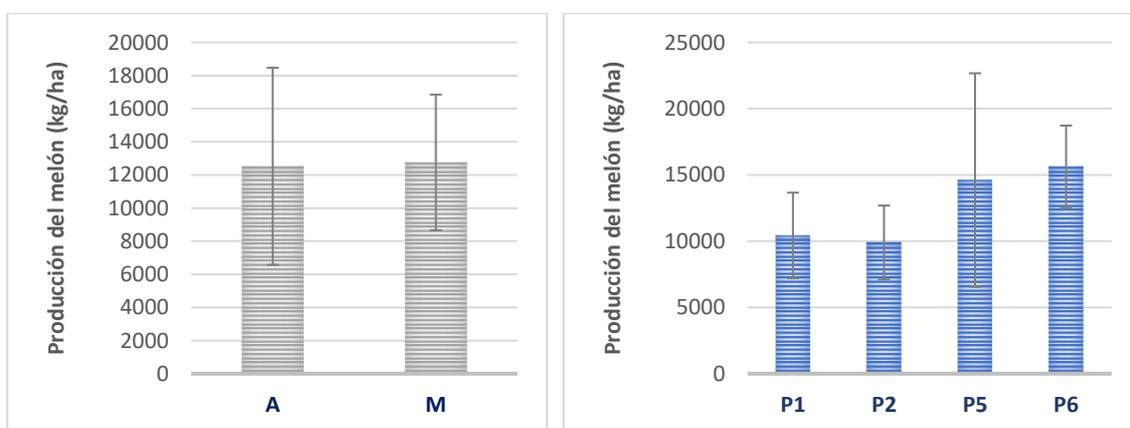


FIGURA 37. IZQ.: Rendimiento de la cosecha del melón en monocultivo y cultivo asociado. **DCHA.:** Rendimiento de la cosecha del melón en las diferentes parcelas. Las barras de error indican desviación estándar.

Tampoco se detectaron diferencias significativas en el número de melones por planta ($F=7,9E-04$; $p>0,05$) entre ambos tratamientos al no poder observar el efecto que tendría la asociación de cultivos en la abundancia de polinizadores, siendo en ambos de 2,6 aproximadamente (**FIG. 38, IZQ.**). A pesar de ello, y sin ser significativo, sí se observó un aumento en el número de melones por planta, siendo de, aproximadamente, 3 unidades en las parcelas

geolocalizadas en el exterior de la finca frente a las 2 unidades que se obtuvieron en las que se encontraban en el interior (**FIG. 38, DCHA.**).

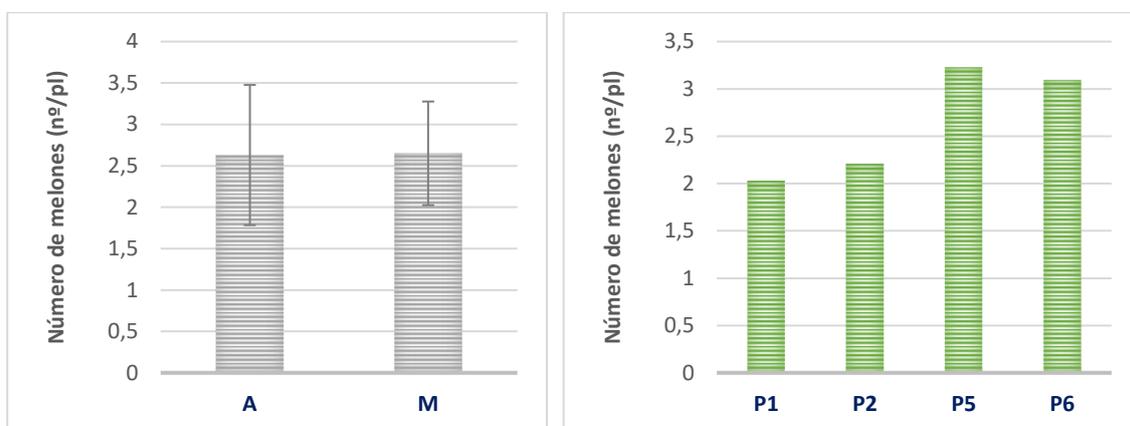


FIGURA 38. IZQ.: Número de melones por planta en monocultivo y cultivo asociado. **DCHA.:** Número de melones por planta en las diferentes parcelas. Las barras de error indican desviación estándar.

Por otro lado, tampoco se detectaron diferencias significativas en el peso medio de los melones ($F=2,4E-03$; $p>0,05$) en los diferentes tratamientos, siendo de 3,48 kg en el monocultivo y 3,47 kg en el policultivo (**FIG. 39, IZQ.**). Con respecto a las parcelas, no pudo relacionarse la abundancia de himenópteros con atributos de calidad del fruto en el melón ya que todas las parcelas, tanto las interiores como las exteriores a la finca, presentaron valores muy similares, comprendidos entre los 3 y 4 kg (**FIG. 39, DCHA.**).

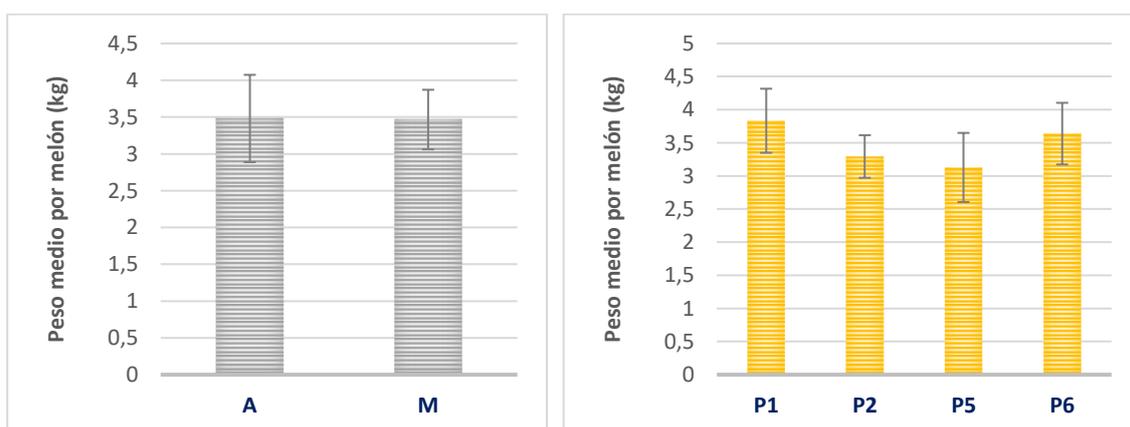


FIGURA 39. IZQ.: Peso medio de los melones en monocultivo y cultivo asociado. **DCHA.:** Peso medio de los melones en las diferentes parcelas. Las barras de error indican desviación estándar.

Finalmente, fueron las parcelas exteriores a la finca y con un mayor número en abundancias medias de himenópteros las que presentaron una maduración más temprana de sus melones ya que, como se muestra en la **FIGURA 40**, tanto en P5 (ASOCIADO) como en P6 (MONOCULTIVO) los mayores rendimientos se dieron en las dos primeras recogidas, llevadas a

cabo el 20 y 27 de julio de 2021. Por el contrario, en las parcelas interiores a la finca, P1 (ASOCIADO) y P2 (MONOCULTIVO), sus mayores rendimientos se observaron en la segunda y última cosecha, realizadas el 27 de julio y el 5 de agosto. Esto puede indicarnos que la abundancia de himenópteros, además de tener un efecto positivo en el rendimiento del agroecosistema, influye en la aceleración del cuaje y en el nivel de maduración de los frutos, reduciéndose de esta manera el tiempo del cultivo.

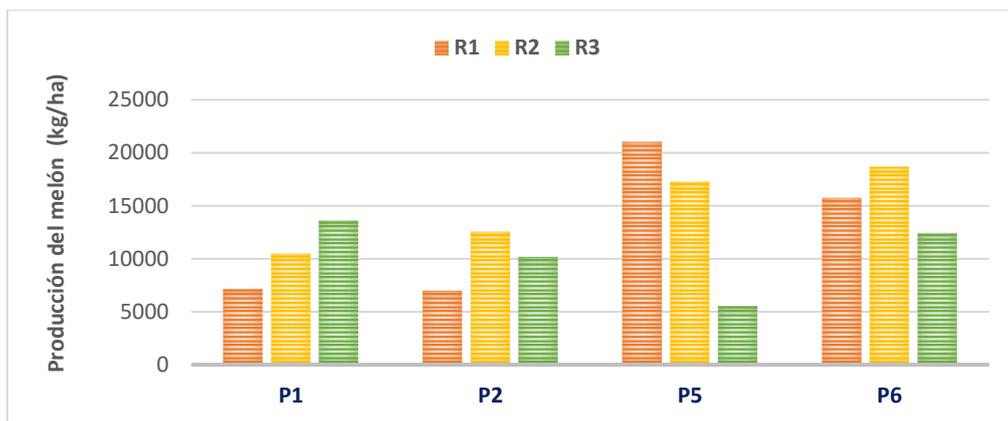


FIGURA 40. Rendimiento de cada parcela durante cada recolección de los melones.

V. CONCLUSIÓN

La tardía nascencia del caupí no permitió detectar diferencias en cuanto al número de flores en los sistemas agronómicos implantados, dándose la floración de las plantas leguminosas a mediados de julio, momento en el que ya habían cuajado la mayor parte de los frutos. Es por ello que no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos en cuanto a abundancia de polinizadores y, por tanto, no pudo verse el efecto de la asociación de cultivos sobre la biodiversidad al actuar como atrayentes para los polinizadores.

A pesar de ello, se capturó un mayor número de **polinizadores totales** en las parcelas de cultivo asociado (6.584) frente a las parcelas de monocultivo (6.298). A su vez, se identificaron visualmente en campo 928 polinizadores en las parcelas de cultivo asociado frente a los 578 ejemplares que se identificaron en las parcelas de monocultivo, posiblemente debido a que las leguminosas brindaron una mayor disponibilidad de recursos tróficos y de nidificación para los polinizadores.

En total, se capturaron 12.882 ejemplares y se identificaron 1.506 en campo, comprendiendo insectos importantes en la polinización de las plantas pertenecientes al orden Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera y Diptera.

En este caso, fueron los **dípteros** el grupo de insectos más abundantes en nuestras parcelas ya que supusieron el 79,70% del total de polinizadores capturados y el 66,14% del total de polinizadores identificados. Esto los convierte en polinizadores secundarios muy abundantes y con un papel ecológico fundamental en la polinización del melón, además de tolerar un mayor grado de presión antrópica, en relación con los himenópteros, al no limitar su presencia a entornos completamente naturales.

Los **himenópteros** fueron el segundo orden de insectos más abundante en nuestras parcelas de estudio, dentro de los cuales se encuentran las abejas. Del total de polinizadores, se capturó un total de 1.505 abejas entre ambos tratamientos, donde el 82,72% pertenecían a la familia Halictidae y solo el 11,83% a la familia Apidae, comprendiendo esta última a la abeja doméstica *Apis mellifera*. Porcentajes similares se obtuvieron en los transectos visuales, ya que el 79,94% de las abejas fueron halíctidos y el 19,76% eran ápidos, abundancias que ponen de manifiesto que son las abejas silvestres las que tienen un mayor peso en la polinización de las flores del melón frente a las abejas domésticas.

A nivel de género, fue *Lassioglossum* (Halictidae, Halictini) el que más porcentaje obtuvo, tanto en las capturas por trampas Moericke (75,95%) como en la identificación visual (73,25%), seguido por el género *Apis* (Apidae, Apini) que comprendió el 10,83% del total de abejas capturadas y el 13,37% de las abejas identificadas *in situ*. Asimismo, el tercer género capturado más abundante fue *Halictus* (Halictidae, Halictini) (5,51%), lo que refleja la gran importancia que tiene esta familia de abejas silvestres en el cultivo del melón, constituyendo una reserva importante con gran capacidad polinizadora para su aplicación en producción agrícola.

No pudo determinarse que la abundancia de estos géneros estuviera ligada al tipo de tratamiento implantado, pero sí es cierto que, como a nivel de familia, sus densidades poblacionales siguieron un patrón basado en la ubicación de las parcelas. Por consiguiente, fue en las parcelas situadas en el exterior de la finca -P5(ASOCIADO), P6 (MONOCULTIVO)- en las que

se obtuvo un mayor número en las abundancias de himenópteros totales. Esto fue debido a la heterogeneidad que ofrecían dichas parcelas en cuanto a composición y estructura paisajística, con escasa o nula modificación en el paisaje, que permitiría a los himenópteros un asentamiento óptimo al ofrecer una mayor capacidad de explotación en cuanto a recursos tróficos y de nidificación.

A su vez, estas abundancias fueron más notorias y marcadas tanto el género *Lasioglossum* como en el conjunto de abejas salvajes, ayudando a deducir que las abejas silvestres -generalmente de carácter solitario- son más susceptibles, en comparación con *Apis mellifera*, ante perturbaciones ocasionadas por el hombre tales como destrucción/aislamiento de hábitats y presencia antrópica.

Es también en estas parcelas exteriores con entorno natural donde se observó una dinámica en las abundancias de los himenópteros más lábil y más variable entre muestreos cuando se encontraban en P6, monocultivo, dando a entender que las poblaciones de abejas son más estables y la polinización más uniforme cuando el cultivo se asocia con leguminosas. Además, los himenópteros y, por tanto, las abejas del género *Lasioglossum* y *Apis*, presentaron mayores abundancias en los muestreos con mayor cantidad de flores disponibles, por lo que se cree que una floración óptima del caupí hubiese tenido un efecto positivo en el número de abejas presentes en las parcelas de policultivo.

De igual forma, en las parcelas en las que se implantó la asociación del melón con el caupí (P1, P4 y P5) se capturaron 14 géneros frente a los 10 de las parcelas de monocultivo, por lo que supone un valor ecológico añadido al favorecer una mayor biodiversidad de polinizadores silvestres que podrían beneficiar la producción de los cultivos.

En cuanto a la **producción del melón**, en la que se excluyó P3 y P4 debido a problemas fitosanitarios, no hubo diferencias significativas entre tratamientos debido a que no se pudo observar un aumento significativo en cuanto a abundancias de polinizadores en las parcelas asociadas. A pesar de ello, este rendimiento equitativo refleja las ventajas que supone la asociación melón-caupí en cuanto a la fijación biológica de nitrógeno, permitiendo una reducción de hasta el 30% de insumos externos, es decir, de fertilizantes químicos.

En cambio, se cumple que las parcelas en las que se observó un mayor número de himenópteros (P5 y P6) fueron las que obtuvieron, de forma no significativa, un aumento en la producción de hasta el 30% y en las que se aceleró el nivel de maduración de los frutos. Además, en estas parcelas exteriores a la finca aumentó, sin ser significativo, el número de melones por planta en 1 unidad, obteniendo 3 melones/pl en las parcelas exteriores frente a los 2 melones/pl que se consiguieron en las parcelas situadas dentro de la finca, es decir, las parcelas semi-naturales con cierto grado de presión antrópica (P1 y P2).

Esto hace pensar que, posiblemente, una asociación óptima con leguminosas conduciría a un mayor diversidad y abundancia de abejas y, por tanto, una mejora en la producción del cultivo del melón. Sería necesario realizar estudios más detallados para comprobarlo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Aviles, J. A., Martínez-Martínez, S., Sánchez-Navarro, V., Zornoza, R., y Ozbolat, O. (2019). *El cultivo asociado de melón-caupí puede mejorar la producción del melón, la productividad del terreno y reducir el uso de fertilizantes*. X Congreso Ibérico de Agroingeniería. Huesca, España. DOI: [10.26754/c_agroing.2019.com.3436](https://doi.org/10.26754/c_agroing.2019.com.3436)
- Aguado, L. O., Ferreres, A., y Viñuelas, E. (2015). *Guía de los polinizadores de España*. Mundi Prensa.
- Agüero, J. I., Rollin, O., Torretta, J. P., Aizen, M. A., Requier, F., y Garibaldi, L. A. (2018). Impactos de la abeja melífera sobre plantas y abejas silvestres en hábitats naturales. *Ecosistemas*, **27**(2): 60-69.
- Altieri, M. (2009). *La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable*. Universidad de California, Berkeley, USA. <http://213.0.56.171/fileadmin/areas/medioambiente/ae/IOAgriculturaModerna.pdf>
- Arenas, A. F. J., Hervalejo, G. A., y De Luna, A. E. (2015). *Guía de cubiertas vegetales en cítricos*. Folleto s/n. Sevilla 2015. (Ed.). Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía, Andalucía, España.
- Arquero, O., Serrano, N., Lovera, M., y Romero, A. (2015). *Guía de cubiertas vegetales en almendro*. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Andalucía, España.
- Barroso, L. M., Felipo, F. J. P., y Martín, L. Ó. A. (2020). *Operación Polinizador como medida para mejorar la Biodiversidad en Entornos Agrarios*. Centro Universitario Santa Ana (Eds.). Almedralejo, España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7617883>
- Beltrán, R., y Traveset, A. (2018). Redes de interacción entre flores e himenópteros en dos comunidades costeras. Efectos de la pérdida de hábitat. *Ecosistemas*, **27**(2): 102-114.
- Casas, N. G. (2015). La nueva política agraria común (PAC) de la Unión Europea. *Derecho y Cambio Social*, **12**(42): 1-12.
- Chacoff, N. P., Garibaldi, L. A., Morales, C. L., Ashworth, L., y Aizen, M. A. (2012). Los polinizadores en la agricultura. *Ciencia Hoy*, **21**: 35-43.
- Córdova, V. A. L., Ninavanda, J. R. G., Espinoza, A. E. E., y Guanoluiza, E. R. C. (2020). Impacto de las Abejas (*Apis mellifera* L.) Como Agentes Polinizadores en el Rendimiento del cultivo de Arveja (*Pisum sativum* L.), Var. Televisión en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. *Dominio de las Ciencias*, **6**(2): 836-860.
- CREM (2021). Evolución de la superficie y producción según grupo de cultivo en la Región de Murcia. https://econet.carm.es/inicio/-/crem/sicrem/PU_CartagenaCifrasNEW/P8004/sec4.html
- Crisci, J. V. (2006). Espejos de nuestra época: biodiversidad, sistemática y educación. *Gayana Botánica*, **63**(1): 106-114.
- De Gatta-Sánchez, D. F. (2020). El ambicioso Pacto Verde Europeo. *Recopilación mensual*, **101**: 78-109.
- Diniz, M. D. A. (1962). Claves para la identificación de los géneros de Ápidos de la Península Ibérica. *Graellsia*, **19**: 113-135.
- Garantonakis, N., Varikou, K., Birouraki, A., Edwards, M., Kalliakaki, V., y Andrinopoulos, F. (2016). Comparing the pollination services of honey bees and wild bees in a watermelon field. *Scientia horticultrae*, **204**: 138-144.
- García, N., y Cuttelod, A. (2013). Pérdida de biodiversidad en el Mediterráneo: causas y propuestas de conservación. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **10**: 41-54.
- Gayubo, S. F., y Pujade, J. (2015). Orden Hymenoptera. *Revista IDE@*, **59**: 1-36.
- Gilsanz, J. C. (2013). *Recomendaciones de manejo y conservación de suelos en sistemas intensivos: abonos verdes y mínimo laboreo*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay, EEUU.

- Gordón, M. A. R., Atlántico, J. B., y Ornos, C. (2002). *Polinizadores y biodiversidad*. Observatorio de Agentes Polinizadores, Gijón (Asturias), España. http://apolo.entomologica.es/cont/materiales/informe_tecnico.pdf
- Haller, L., De Porras-Acuna, M. A., Willer, H., y Trávníček, J. (2021). Producción ecológica y cómo alcanzar los objetivos de "De la Granja a la Mesa". *BIOECO Actual*, 87: 22-24.
- Heiblum, R. A. (2019). Abejas: insectos polinizadores. *INCyTU*, 31: 1-6.
- Henne, C. S., Rodríguez, E., y Adamczyk, J. J. (2012). A survey of bee species found pollinating watermelons in the lower Rio Grande valley of Texas. *Psyche*, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/357250>
- Landeros-Sánchez, C., Moreno-Seceña, J. C., Nikolskii, L., y Bakhlaeva, O. (2011). Impacto de la agricultura sobre la biodiversidad. *Ecología austral*, 18: 337-346.
- Medina, F., Iglesias, A., y Mateos, C. (2008). *Mitigación del cambio climático mediante técnicas de la agricultura ecológica en España*. En Actas del VIII Congreso de SEAE: Cambio climático, biodiversidad desarrollo rural sostenible, IV Congreso Iberoamericano de Agroecología y II Encuentro Internacional de Estudiantes de Agroecología y Afines. Bullas, Murcia, España. <https://orprints.org/id/eprint/29721/1/actas-bullas-vd.pdf#page=136>
- Miñarro, M., García, D., y Martínez-Sastre, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*, 27(2): 81-90.
- Moreno-Grau, S., Elvira-Rendueles, B., Angosto, J. M., Bayo, J., Moreno, J., y Morenoclavel, J. (1998). *Aerobiología en Murcia: estación de Cartagena (1995-1996)*. *Rea*, 3: 89-92.
- Moreno-Villamil, R., Vélez-Velandia, D., Gómez-Hoyos, A. J., Higuera-Díaz, D., Carvajal-González, J., López-Vargas, C. M., y Melo, D. (eds.). (2018). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Colombia, EEUU. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Iniciativa-Colombiana-de-Polinizadores.pdf>
- Nates-Parra, G. (2005). Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 75: 7-20.
- Nates-Parra, G. (Ed.). (2016). *Iniciativa Colombiana de Polinizadores - Abejas - ICPA*. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia. http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/8800/1/ABEJAS_POLINIZADORAS_ebook_140217.pdf
- Nicholls, C. I., y Altieri, M. A. (2012). Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. *Agroecología*, 6: 28-37.
- Núñez, M. (2000). *Manual de técnicas agroecológicas*. Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, México, EEUU. <http://web.pnuma.org/educamb/documentos/PDF/SM4.pdf>
- Ornos, C., y Ortiz-Sánchez, F. J. (2004). *Hymenoptera, Apoidea I*. En: Fauna Ibérica, vol. 23. Ramos, M.A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. Madrid, España.
- Otero, J. C. (2018). ¿Divorcio entre biodiversidad y agricultura?. En Romero-Rodríguez, M. A., y Pereira-Lorenzo, S. (coords.). *Respuestas a preguntas sobre el pan y el cereal del país* (pp. 65-73). Monografías do Ibader -Serie de Recursos Alimentarios 1.
- Otero, M. R. (1999). La industrialización de la agricultura: riesgos y desafíos frente a la globalización y la apertura. *Comuniica*, 13: 50-57.
- Prager, M., Sanclemente, O. E., y Sánchez de Prager, M. (2012). Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología*, 7: 53-62.
- Ramírez, P., y Lasheras, J. M. (2015). *Guía de cubiertas vegetales en Vid*. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Junta de Andalucía, Andalucía, España.
- Rodrigo-Gómez, S., Ornos, C., Selfa, J., Guara, M., y Polidori, C. (2016). Small sweat bees (Hymenoptera: Halictidae) as potential major pollinators of melon (*Cucumis melo*) in the Mediterranean. *Entomological Science*, 19(1): 55-66.

- Rosset, P. (1998). La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico. *Agroecología y Desarrollo*, No. especial (11 y 12) Nov.
- Sánchez, F. J. O., Martín, L. Ó. A., y Gallego, C. O. (2018). Diversidad de abejas en España, tendencia de las poblaciones y medidas para su conservación (Hymenoptera, Apoidea, Anthophila). *Ecosistemas*, **27**(2): 3-8.
- Sánchez-Balibrea, J. M., Sánchez, J. A., Barberá, G. G., Castillo, V, Díaz, S., Perera, L., Pérez-Marcos, M., de Pedro, L., y Reguilón, M. (2020). *Manejo de setos y otras estructuras vegetales lineales para una agricultura sostenible*. Asociación Paisaje y Agricultura Sostenible (Ed.).
- Sánchez-Bayo, F., y Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological conservation*, **232**: 8-27.
- Sánchez-Navarro, V., Zornoza, R., Faz, Á., y Fernández, J. A. (2019). Comparing legumes for use in multiple cropping to enhance soil organic carbon, soil fertility, aggregates stability and vegetables yields under semi-arid conditions. *Scientia Horticulturae*, **246**: 835-841.
- Siqueira, K. M. M. D., Kiill, L. H. P., Silva-Gama, D. R. D., Araújo, D. C. D. S., y Coelho, M. D. S. (2011). Comparação do padrão de floração e de visitação do meloeiro do tipo amarelo em Juazeiro-BA¹. *Revista Brasileira de Fruticultura*, **33**: 473-478.
- Smith-Pardo, A. H., y Vélez, R. I. R. (2008). *Los géneros de abejas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformes) de Antioquia (Colombia): Guía de campo*. Grupo de Investigación en Ecología y Sistemática de Insectos (GIESI). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, EEUU.
- Stefanescu, C., Aguado, L. O., Asís, J. D., Baños-Picón, L., Cerdá, X., Marcos-García, M. Á., Micó, E., Ricarte, A., y Tormos, J. (2018). Diversidad de insectos polinizadores en la península ibérica. *Ecosistemas*, **27**(2): 9-22.
- Syngenta (2016). *Informe final 2016: Operación Polinizador. Informe de la biodiversidad de insectos y polinizadores en la finca de Surinver, ubicada en el Pilar de la Horadada (Alicante)*. Alicante, España. https://www.goideas.es/documentos/operacion_polinizador.pdf
- Weyland, F., Poggio, S. L., y Ghersa., C. M. (2008). Agricultura y Biodiversidad. *Ciencia Hoy*, **106**: 27-35.
- Williams, N. M., Crone, E. E., Roulston, T. H., Minckley, R. L., Packer, L., y Potts, S. G. (2010). Ecological and life history traits predict bee species responses to environmental disturbances. *Biological Conservation*, **143**: 2280-2291.
- Zumbado, M. A., y Azofeifa, D. (Eds.). (2018). *Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología*. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO), Heredia, Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>

» DOCUMENTACIÓN LEGISLATIVA

- COM/2018/395, de 1 de junio de 2018, por la que se aprueba la «Iniciativa de la UE sobre los polinizadores». Comisión Europea. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0395&from=ES>
- COM/2020/380, de 20 de mayo de 2020, por la que se aprueba la «Estrategia de la UE sobre la biodiversidad de aquí a 2030: Reintegrar la naturaleza en nuestras vidas». Parlamento Europeo (2019-2024). https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0277_ES.pdf
- COM/2020/381, de 20 de mayo de 2020, por la que se aprueba la «Estrategia "de la granja a la mesa" para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente». Parlamento Europeo (2019-2024). https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0277_ES.pdf