

Facultad de Biología

## **TRABAJO DE FIN DE GRADO**

GRADO EN BIOLOGÍA

Curso 2021-2022

# **CAMBIO GLOBAL Y POLINIZACIÓN**

**Esperanza Morales Menacho**

Tutor: Juan Jáuregui Arana

Departamento de Biología Vegetal y Ecología

Facultad de Biología

Universidad de Sevilla

JUNIO 2022

## ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
3. METODOLOGÍA.....	3
4. EL CAMBIO GLOBAL Y CLIMÁTICO.....	4
5. LA POLINIZACIÓN.....	7
5.1. Tipos de polinizadores.....	8
5.2. Polinizador estrella.....	12
6. ECONOMÍA Y AGRICULTURA.....	15
7. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA POLINIZACIÓN.....	18
7.1. Cambios en la fenología de la floración y actividad de los polinizadores.....	19
7.2. Desplazamiento en las áreas de distribución de las especies.....	19
7.3. El uso de plaguicidas.....	20
8. RESULTADOS DE LA ENCUESTA: El conocimiento por parte de la población.....	20
9. SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS.....	23
9.1. En la actualidad, ¿qué pautas debemos tener en cuenta?.....	24
9.2. Además de lo anterior... ¿Qué podemos hacer?.....	24
10. CONCLUSIÓN.....	26
11. BIBLIOGRAFÍAS.....	27
12. AGRADECIMIENTOS.....	30

## **1. RESUMEN**

El cambio global supone una grave amenaza para la conservación de los individuos polinizadores. El calentamiento global, la destrucción y fragmentación de hábitats, y la disminución de la biodiversidad, son solo algunas de las consecuencias que ya estamos experimentando. Además, economía y agricultura también se están viendo afectadas por el cambio. Es por ello, que se habla de “la crisis global de la polinización”, un fenómeno que se encuentra en auge en la actualidad, y que está mermando los servicios ecosistémicos que nos brindan los animales polinizadores. Observamos como el desconocimiento de la población en cuanto al ámbito ecológico, concretamente cambio global y polinización, es una barrera, por lo cual es importante concienciar y sensibilizar a la sociedad del verdadero problema y del futuro que nos espera.

## **2. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

El cambio global es una realidad que hoy día está teniendo un efecto cada vez más evidente en nuestro planeta. En las últimas décadas, ha incrementado el interés por llegar a conocer cómo el uso que realizan los humanos de la naturaleza influye en el equilibrio y funcionamiento de los ecosistemas, afectando además al bienestar de las personas (Nates-Parra, 2016). El calentamiento global ocasionado por los cambios de temperatura y precipitaciones, entre otros, son consecuencia del actual desajuste existente en la naturaleza. Además, los gases de efecto invernadero son generados debido a diversos factores como son la industrialización, la deforestación de bosques, los cambios en el uso y sobreexplotación del suelo, la contaminación de las aguas y el uso indiscriminado de los recursos (Jáuregui, 2015).

Los diferentes ecosistemas presentes en el mundo, ya están experimentando las graves consecuencias del cambio global, como son el calentamiento climático, y la destrucción y fragmentación de hábitats naturales (Rosado, 2002). Es importante mencionar, que la salud de los seres humanos y la vida silvestre, no son las únicas influenciadas por este fenómeno, ya que afectan a la biodiversidad y las interacciones ecológicas que forman el equilibrio del medio ambiente, erosionando los procesos ecológicos (Montoya, 2019).

Podemos observar una tendencia creciente en cuanto a la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos en los últimos cincuenta años, como son las altas temperaturas, olas de calor y variaciones en cuanto a las precipitaciones, suponiendo un desastre para la humanidad (IPCC, 2013). En la actualidad, los modelos de cambio climático nos muestran un panorama alentador para las próximas décadas, principalmente en el mediterráneo y en el sur peninsular, ya que se prevé un acusado aumento de la temperatura,

desajustes estacionales y disminución de las precipitaciones (López i Gelats et al., 2016). Podemos afirmar que el cambio climático tiene efectos ambientales, socioeconómicos y territoriales de primer orden (Olcina, 2020), suponiendo nuevos desafíos para la biología de la conservación, la adaptación e incorporación de respuestas (Arribas et al., 2012).

En los últimos años, se ha oído hablar cada vez más de la crisis de los polinizadores, vemos como están mermando los servicios de los ecosistemas aportados por estos individuos, por ello, se han formado campañas para proteger a las abejas. Nuestro país, a pesar de poseer una alta diversidad de polinizadores, muestra gran desinformación para el público general, no solo en cuanto a la taxonomía, sino también en cuanto al conocimiento sobre la biología de las diversas especies presentes y amenazadas en el territorio (Bartomeus & Bosch, 2018).

La polinización es un servicio ecosistémico que forma una importante interacción ecológica, y que hoy en día se encuentra amenazada por los impactos derivados del cambio global (Bartomeus & Bosch, 2018). En consecuencia, existe un riesgo en el ámbito de la producción de cultivos, los beneficios obtenidos por los polinizadores y la biodiversidad de estos individuos (Moreno-Villamil et al., 2018). Otras causas de gran interés en las que debemos hacer hincapié son la intensificación agrícola y las invasiones biológicas, ya que pueden desplazar a los individuos propios de la zona (Montero-Castaño et al., 2018). Como vemos, el cambio climático puede afectar de manera individual a los diferentes organismos, y así mismo, afectar en las relaciones entre organismos, donde debemos destacar la asociación planta-polinizador (Moreno-Villamil et al., 2018). En el mundo, se ha calculado que una tercera parte de los cultivos agrícolas destinados a la alimentación, son dependientes del proceso de polinización. Por lo que se fundamenta que la polinización es un proceso esencial para los ecosistemas naturales a escala global, donde, teniendo en cuenta la polinización biótica, las abejas son los insectos polinizadores por excelencia (Cabrera & Medina, 2018).

*Apis mellifera*, la abeja doméstica, se encuentra distribuida en todos los continentes excepto en la Antártida (Moreno-Villamil et al., 2018), y ha alcanzado un papel muy importante, en cuanto agricultura, cultivos y la sostenibilidad de la economía (López i Gelats et al., 2016). Los ciclos de los polinizadores, sobre todo de las abejas, están sufriendo alteraciones, siendo más frecuentes síndromes como el “síndrome de desacoplamiento de las colmenas”, y esto no solo afecta al propio insecto, sino que desencadena desestabilidad sobre las plantas, los cultivos y la humanidad (Nates-Parra, 2016).

Actualmente, los estudios sobre este tema están aumentando, y gracias a ello y a la divulgación, la sociedad está comenzando a ser más consciente de este verdadero problema. Son muchas las asociaciones y organizaciones que están estableciendo proyectos de

monitoreo, análisis y conservación, junto con normativas, que son de gran ayuda a la hora de buscar nuevas soluciones o métodos de adaptación (Bartomeus & Bosch, 2018).

Hoy en día, debido a la importancia tan relevante del ámbito del cambio global y la polinización, en el presente Trabajo de Fin de Grado, planteamos los siguientes objetivos:

➤ Hacer una recopilación bibliográfica para obtener datos sobre la relación cambio global y polinización, generando, con el fin de divulgar, conocimiento científico sobre conservación de los ecosistemas y la sostenibilidad de estos.

➤ Analizar cómo el cambio global impacta sobre la polinización y los polinizadores, además de tratar la importancia de estos individuos como servicios ecosistémicos.

➤ Poner de manifiesto el conocimiento de la sociedad sobre la importancia de los polinizadores, no solo como servicios ecosistémicos esenciales en el equilibrio del medio y la biodiversidad, sino abarcando también el sector agricultura y economía.

➤ Avanzar en la propuesta de acciones que contribuyan a revertir o reducir los impactos por los cuales podrían desaparecer los polinizadores, debido principalmente al cambio global.

### **3. METODOLOGÍA**

En primer lugar, debemos tener en cuenta la importancia que tiene establecer una buena fuente de la cual obtener la información. Para la elaboración de nuestra lista bibliográfica investigamos en los buscadores Science Direct, Google Scholar, Scopus y JSTOR Home, donde obtuvimos gran número de artículos relacionados con el tema. En la primera búsqueda, los términos usados fueron “Global change and pollination”, “Pollinators”, “Cambio global impactos” y “Polinizadores y amenazas”. Además, para una mayor precisión en cuanto a la selección de los artículos, di prioridad a aquellos cuya fecha de publicación eran más recientes, acotando en la primera búsqueda “desde 2018 hasta hoy”. Es importante mencionar que tuve presente y consulté las bibliografías citadas en los artículos científicos descargados durante la primera selección.

Por otro lado, elaboré una encuesta sobre nuestro tema “Cambio global y polinización”, la cual fue lanzada de manera online, por las redes sociales Instagram, Twitter y Whatsapp, para tener mayor difusión y así conocer el grado de conocimiento que tiene la sociedad respecto al tema. El enlace que usamos para encuesta fue el siguiente:

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf5RI9IRrSeSic9vihWiFhhLZGie4-d054dH-cnLXVNmQHkag/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf5RI9IRrSeSic9vihWiFhhLZGie4-d054dH-cnLXVNmQHkag/viewform?usp=sf_link)

Era un cuestionario totalmente anónimo y esto les daba total libertad a la hora de responder las preguntas. A través de Google Drive, podemos obtener los datos estadísticos de las respuestas recibidas, siendo posible comparar y ver de forma gráfica el conocimiento de la media poblacional. La encuesta estuvo activa desde el 9 de febrero del 2022, hasta el día 23 de mayo del 2022, obteniendo una participación de 398 personas, y estos datos nos serán de gran ayuda a la hora de elaborar posibles soluciones e incluso la conclusión.

#### **4. EL CAMBIO GLOBAL Y CLIMÁTICO**

En los últimos años, los seres humanos han modificado, y por consiguiente, transformado los ecosistemas y sistemas naturales, induciendo por tanto profundos impactos negativos sobre las comunidades afectadas (Rosado, 2002). El cambio global hace referencia al conjunto de cambios biofísicos y socioeconómicos a nivel mundial, provocados en primer lugar por el ser humano o derivado de ello, que alteran el funcionamiento del ecosistema. Siendo una amenaza para la biodiversidad, las sociedades humanas y la economía mundial (Rodríguez-Echeverría, 2021). Entre los factores más importantes dados a causa del cambio climático, encontramos las modificaciones del uso del suelo, la sobreexplotación de recursos naturales, los efectos de especies invasoras, la pérdida de hábitats y el incremento de la población humana entre otros (Williams, 2015). Cabe destacar, que el actual contexto de cambio climático afecta no únicamente a la fenología y distribución de las especies pertenecientes al ecosistema, sino también a las características de sus ciclos de vida, alterando los procesos biológicos en su conjunto (Obeso & Laiolo, 2021).

En el horizonte de 2030, las principales tendencias climáticas que se prevén en las regiones de la cuenca mediterránea se encuentran en el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de 2008, elaborado por la Dirección General de la Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Tratan sobre el incremento probable de la temperatura de aproximadamente 1°C, y la disminución de las precipitaciones hasta en un 50% (López i Gelats et al., 2016). Debemos tener en cuenta estas previsiones, ya que son el resultado del efecto invernadero, causado principalmente por el incremento de ciertos gases en la atmósfera, entre los que podemos destacar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

En el peor de los casos, el cambio climático está favoreciendo a la extinción local de especies, cambiando la tasa de invasiones y reduciendo la posibilidad de recuperación y reintroducción de las especies en las comunidades (Maglianesi, 2016; Kolanowska et al., 2021), alterando los puntos calientes de biodiversidad (Minachilis et al., 2021).

Durante el estudio realizado por López i Gelats et al., en 2016, centrándose sobre todo en la región de Andalucía, y los datos recogidos por AEMET, examinaron diferentes parámetros. Analizaron las variaciones en temperaturas máximas en distintas épocas del año y la duración de los días de calor, variaciones en temperaturas mínimas y la duración de los días de helada, y las variaciones en las precipitaciones.

Se prevé una clara tendencia hacia el incremento de la temperatura máxima anual, de entre 2 a 5 °C para el año 2100, y esto se repite en las cuatro estaciones, con especial intensidad en verano y otoño. Por otro lado, se observa un aumento entre el 20 y el 50% en cuanto al número de días cálidos, donde la temperatura máxima superará el percentil 90 en referencia al periodo que estamos comparando. De igual modo ocurre con las olas de calor, ya que aumentarán entre el 10 y el 20%, estableciéndose cinco días consecutivos.

En efecto, las aguas superficiales del mar Mediterráneo, han experimentado un calentamiento en toda la cuenca, donde el sector occidental muestra un aumento de 1,2°C entre 1980 y 2019, *figura 1*, dato publicado por el CEAM en su página web en 2020. Esto nos indica que el calor acumulado en la cuenca marina es superior al experimentado en el aire, y por lo tanto el mar Mediterráneo es más cálido que hace cuatro décadas (Olcina, 2020).

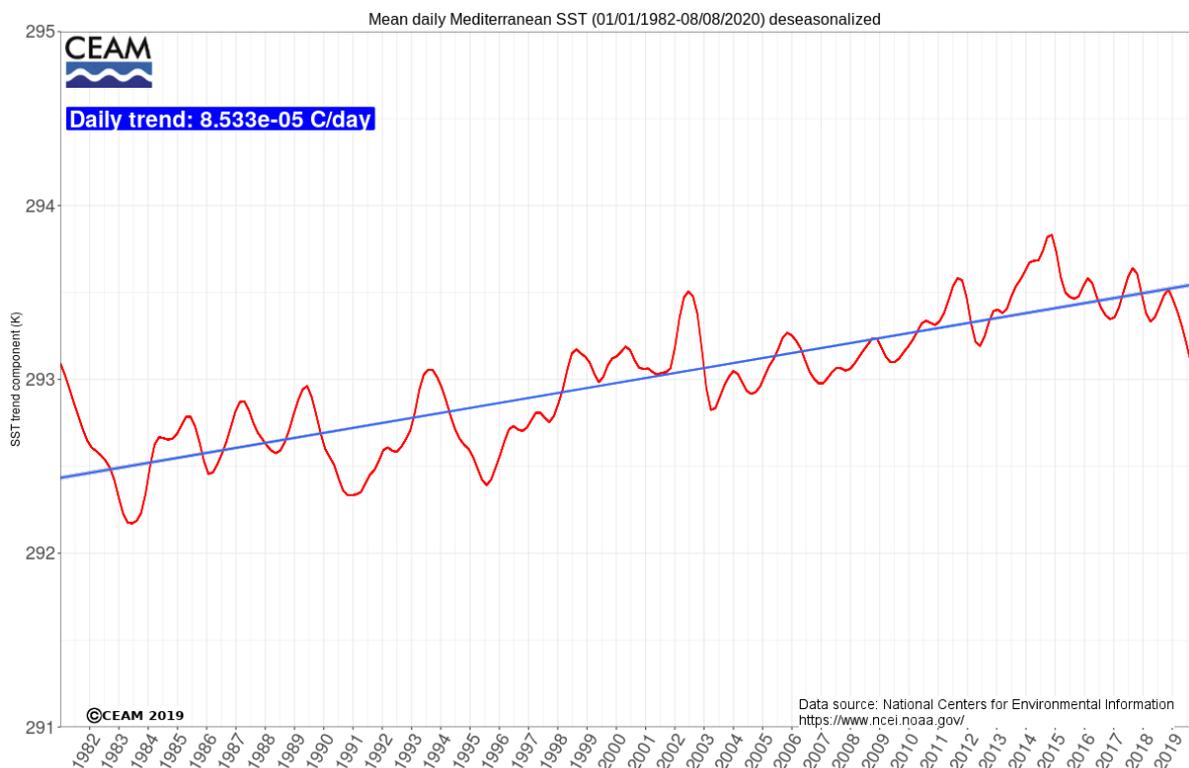


Figura 1. Incremento de la temperatura media del agua del Mediterráneo occidental desde 1982 hasta 2019. Recuperado del CEAM (Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo, [www.ceam.es](http://www.ceam.es)).

En cuanto a las temperaturas mínimas se espera un incremento anual para el 2100, en 2-4°C, siendo de nuevo ligeramente superior en verano y pudiendo llegar a alcanzar un incremento de 5°C. El número de noches cálidas se verá aumentado entre un 20 y un 50%.

También debemos hacer mención a las diferencias en las precipitaciones. En Andalucía se espera un descenso de estas para el 2100, entre un 15 y un 20%, aunque en verano no se esperan alteraciones significativas. Por último, los periodos secos aumentarán en un 5%, por lo cual, los días sin lluvia disminuirán en el mismo porcentaje (López i Gelats et al., 2016).

Las emisiones de gases de efecto invernadero están aumentando cada vez más, y no estamos haciendo nada para detenerlo, y de igual modo ocurre con el descenso de la riqueza de especies (López-Orozco et al., 2021).

Podemos afirmar que la economía también está sufriendo las consecuencias del cambio global, y puede observarse de forma evidente al tener en cuenta las variaciones en la productividad de los alimentos y productos ecosistémicos, los cuales son la base de la cadena agroalimentaria (Medina, 2015). Nos encontramos en un escenario en el cual nos exponemos a la importante pérdida socioeconómica de la actividad agrícola (Olcina, 2009).

En la actualidad, se conocen las invasiones biológicas como un componente esencial del cambio global, ya que en algunas áreas constituye la segunda mayor amenaza para la biodiversidad local y el funcionamiento de los sistemas, por detrás de la fragmentación y pérdida del hábitat (Agüero et al., 2018). Las invasiones biológicas consisten en la introducción de especies que son capaces de establecerse, reproducirse y dispersarse exitosamente, fuera de su área de distribución natural. Esto les hace ser especies invasoras, y es debido a la actividad humana, de forma directa o indirecta por accidente, que se haya agravado en los últimos 200 años este fenómeno (Montero-Castaño et al., 2018). La presencia de estos individuos en las áreas locales pueden afectar al ecosistema y a los servicios ecosistémicos existentes, produciendo impactos como los que mencionó Montero-Castaño en 2018: (a) Cambios en la cantidad o calidad del hábitat, además de los cambios en la disponibilidad de recursos, (b) la depredación o el aumento de esta, (c) transmisión de patógenos e (d) introgresión genética.

Es por ello, que los cambios que se están dando sobre todo en las variables meteorológicas, y que se prevén para el final del siglo XXI, datos recogidos por El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 2013, tomarán la necesidad de proponer herramientas en cuanto a la gestión, que ayuden a la conservación de los diversos ecosistemas (Munar et al., 2021).

## 5. LA POLINIZACIÓN

Desde los antiguos asirios (800 dc), ya se sabía que era necesario que el polen pasara desde los órganos masculinos a los femeninos para que se dé el desarrollo del fruto. La mayoría de las plantas presentan reproducción asexual, generando de este modo clones de si mismas, pero cabe destacar, que el intercambio genético adquirido por medio de la polinización cruzada resulta vital tanto para la salud, como para la evolución de la especie a largo plazo (Rosado, 2002).

La polinización es el mecanismo por el cual el polen es transportado desde las anteras, parte masculina de la flor, hasta el estigma, parte femenina, de esa misma flor (si se trata de autopolinización) o de otra flor de esa misma especie (si se trata de polinización cruzada) (González-Martínez, 2017; Peña et.al., 2020). La autopolinización o autofecundación no es interesante desde el punto de vista evolutivo, por lo cual, las plantas presentan diferentes estrategias para evitarla (Pantoja et al., 2014). Existen casos de autoincompatibilidad donde la superficie del estigma no reconoce las señales químicas del polen perteneciente al mismo individuo, por lo que va a impedir la formación del tubo polínico (Rosado, 2002).

Los vectores encargados de transportar el polen de las diferentes flores pueden ser tanto abióticos como bióticos. En primer lugar, en cuanto a los vectores abióticos, encontramos el agua y el viento (Pantoja et al., 2014). La polinización por el viento se da en plantas denominadas como anemófilas, como las ortigas, robles o abedules (Nates-Parra, 2016). Los granos de polen se producen en grandes cantidades en estos tipos de plantas, y suelen ser pequeños y secos para que sea más fácil su dispersión por el viento. Existen adaptaciones a estos tipos de mecanismos, donde las plantas han desarrollado estigmas plumosos que les permiten atrapar el polen transportado por el aire (Restrepo et. al., 2020). La polinización por el agua es menos frecuente, aunque se encuentra bien desarrollada en plantas dulceacuícolas como las lentejas de agua, y en plantas de aguas salobres como las del género *Zostera*. Los granos de polen son liberados y transportados pasivamente en masa.

En segundo lugar, reconocemos como vectores bióticos a los animales y lo denominamos polinización biótica (Pantoja et al., 2014). Los animales juegan un papel muy importante en la reproducción de las plantas, sobre todo los insectos, el grupo más numeroso, ya que ayudan en el proceso de polinización de muchas especies vegetales diferentes (Nates-Parra, 2016). Por otro lado, encontramos algunos reptiles, aves e incluso mamíferos, que también llevan a cabo esta función (Restrepo et. al., 2020). Los polinizadores y las plantas establecen una relación de mutualismo, una red de conexiones muy heterogénea, y llevan millones de años evolucionando de manera conjunta en la naturaleza (Nates-Parra,

2016). Ambas especies que establecen tal relación obtienen beneficio de ella, es decir, los polinizadores obtienen de las plantas una recompensa normalmente en forma de alimento, y las plantas aseguran su descendencia gracias a los polinizadores (Maglianesi & Jones, 2016). Se ha estimado que en angiospermas el 87,5%, es decir, unas 308.000 especies, dependen de los animales en mayor o menor medida para su polinización (Simón-Porcar et al. 2018; Blanco, 2020).

El papel de los polinizadores es clave en cuanto a la evolución floral a escala global, y podemos decir que la relación establecida entre polinizadores y plantas, es uno de los principales motores de la biodiversidad en el planeta (Sosenski & Domínguez, 2018). Las plantas con flor proporcionaron nuevos nichos ecológicos a los insectos, y estos se diversificaron, facilitando la diversificación de las plantas. Los individuos polinizadores y su bienestar, son imprescindibles para un óptimo funcionamiento en los ecosistemas terrestres e influyen directamente en la variabilidad genética de las diferentes especies (López i Gelats et al., 2016). Además, el resultado de una reproducción sexual en plantas es la semilla y el fruto, y supone alimento de muchos animales, incluidos los humanos (Nates-Parra, 2016).

Los servicios de los ecosistemas son aquellos recursos o procesos de los sistemas naturales que benefician a los seres humanos, por tanto, podemos afirmar que la función de los polinizadores supone un importante servicio del ecosistema de tipo regulador, que evidentemente influye de manera positiva en sistemas agroforestales y en hábitats naturales (González-Martínez, 2017). Estos beneficios pueden ser tanto directos, aporte de materiales, agua y alimento por ejemplo, como indirectos, formación y almacenamiento de materia orgánica, por ejemplo. *“Visto desde una perspectiva humana, los servicios ecosistémicos son un subconjunto de la diversidad biológica y la función del ecosistema”*, Woodley S., 2019. Es por ello, que la reducción de polinizadores ha provocado graves consecuencias, afectando negativamente a ecosistemas naturales y también a la productividad de los cultivos, fenómeno que ha adquirido el nombre de “la crisis global de la polinización” (Chacoff & Morales, 2007).

### **5.1. Tipos de polinizadores.**

El grupo de los polinizadores es un conjunto muy heterogéneo de animales, la inmensa mayoría silvestres, con una gran importancia a nivel ambiental y económico (Blanco, 2020). Popularmente se cree que la polinización es llevada a cabo por las abejas, en concreto la abeja de la miel, y olvidamos los otros grupos taxonómicos, como insectos,

reptiles, aves o mamíferos, que también participan (Nates-Parra, 2016). Vamos a revisar los diferentes grupos de polinizadores más representativos.

## VERTEBRADOS:

### ➤ **Aves**

Ciertos grupos de aves se alimentan de néctar, y los más conocidos son los colibríes, familia *Trochilidae*, que se localizan en América del Norte y del Sur, aunque se han encontrado fósiles similares en Europa. Encontramos unas 355 especies visitantes habituales de flores pertenecientes a esta familia. Los colibríes necesitan una elevada cantidad de néctar para su supervivencia ya que deben compensar el alto gasto metabólico que supone volar (Peña et.al., 2020). Por otro lado, encontramos las familias *Nectariniidae*, “pájaros del sol”, *Psittacidae*, “loritos”, y *Meliphagidae*, “comedores de miel”, que se localizan fundamentalmente en bosques tropicales de Asia, África y Australia (Meléndez et al., 2020). En cuanto a la polinización ornitófila en España, en las Islas Canarias, existen especies vegetales con caracteres florales muy llamativos y con una elevada producción de néctar con concentración baja en azúcar. Se dan aves no especializadas en libar néctar que se aprovechan de este recurso, y encontramos las currucas, mosquiteros y herrerillos (Rosado, 2002).

### ➤ **Reptiles**

En España tenemos la “lagartija balear”, *Podarcis lilfordi*, la cual es una especie endémica de Mallorca y Menorca, que en la actualidad no se encuentra en ambas islas ya que ha desaparecido, y únicamente la encontramos en los pequeños islotes cercanos. Estos reptiles incluyen en su dieta polen y flores de umbelíferas, lentisco y romero, y en algunas ocasiones néctar de la malva, romero, lechetrezna e hinojo (Blanco, 2020). Aunque tienen una contribución anecdótica en nuestro entorno, estos individuos se introducen en las flores, el polen queda en su cuerpo y de este modo es transportado a otra flor (Rosado, 2002).

### ➤ **Mamíferos voladores**

Destacamos en este punto a los murciélagos, ya que son animales nocturnos muy evolucionados, cuya dieta principal es insectívora, aunque cerca del 25% de este grupo incluye los recursos florales en su alimentación (Nates-Parra, 2016). Algunos de estos individuos han evolucionado como comedores de frutos, mientras que otros se alimentan casi exclusivamente de néctar y polen (Meléndez et al., 2020). Los murciélagos no distinguen los colores, pero tienen muy desarrollado el sentido del olfato, y mediante su sistema de

ecolocalización pueden localizar a los insectos (Rosado, 2002). Este grupo de individuos habita principalmente en los trópicos, donde encuentran variedades florales de interés durante todo el año (Nates-Parra, 2016).

#### ➤ **Mamíferos no voladores**

Encontramos a primates, roedores, cusumbos y ardillas, los cuales visitan al menos a 85 especies vegetales en todo el planeta, teniendo mayor ocurrencia en los trópicos (Nates-Parra, 2016). Estos individuos van a transportar el polen gracias a sus hábitos alimenticios, y aunque algunos no muestran ningún tipo de adaptación como polinizadores, otros se encuentran aparentemente muy adaptados para realizar su función, como es el caso del ratón mielero de Australia. Estos roedores tienen un hocico muy alargado, con dientes reducidos y una lengua muy larga tipo pincel, y así pueden alimentarse del néctar de las flores estrechas y alargadas (Rosado, 2002).

### INVERTEBRADOS:

#### ➤ **No insectos**

Mencionar a los caracoles entre los invertebrados no insectos, los cuales se arrastran a través de las flores transfiriendo de este modo el polen desde una flor a otra. Tenemos como ejemplo la planta *Aspidistra sp.*, localizada en el este asiático, y las cuales están emparentadas con los “lirios de los valles”, *Convallaria majalis*, planta común en el centro de Europa. No existen demasiados estudios respecto a otras especies polinizadas por caracoles (Rosado, 2002). También debemos hacer mención a la función de los arácnidos, grupo conocido por ser peligrosos y venenosos, aunque no en su totalidad. Este conjunto de individuos tiene aportaciones que favorecen la polinización de frutos, ya que en sus intentos de depredación ayudan al movimiento del polen (Fernández et al., 2014).

#### ➤ **Insectos**

##### - Coleópteros

Dentro del orden *Coleoptera* encontramos a los escarabajos que son considerados un grupo muy antiguo, donde su registro fósil se remonta a 100 millones de años antes de la aparición floral. Se pueden encontrar coleópteros en la mayoría de los hábitats existentes y consta de más de 360.000 especies descritas, y solamente en la Península Ibérica encontramos más de 10.000 especies (Rosado, 2002). Individualmente son especialistas, aunque son un grupo generalista cuya alimentación es muy variada, y por ello tienden a

polinizar de casualidad, realizando en ocasiones visitas florales destructivas. Son capaces de dispersar más de 10 metros el polen entre cada visita floral (Lázaro et al., 2019). Concretamente en nuestra península, cerca de 750 especies visitan flores para alimentarse de su polen, néctar o tejidos, de forma activa (Stefanescu et al., 2018; Blanco, 2020). Los coleopteros son individuos que se ven atraídos por las flores de color blanco o verde, solitarias o en racimo, con gran cantidad de polen y muy olorosas (Blanco, 2020).

- Lepidópteros

Dentro del orden *Lepidoptera* encontramos a las mariposas y a las polillas, un grupo muy diverso con unas 300.000 especies, de las cuales 5.000 se encuentran en la Península Ibérica (Blanco, 2020). En cuanto a la alimentación, muchas especies son nectarívoras, y normalmente no consumen polen, consumen el jugo de algunos frutos, o no se alimentan cuando son adultos. En algunas ocasiones, ciertas especies son capaces de libar el néctar sin posarse en las flores, actuando como ladrones de néctar (Stefanescu et al., 2018). Las familias más importantes de polillas son *Sphingidae*, *Noctuidae* y *Geometridae*, y de mariposas *Hesperiidae* y *Papilionidae*. Las familias nectarívoras se encuentran distribuidas por casi todo el mundo, son los insectos que más lejos transportan el polen, pero su mayor diversidad se encuentra en los trópicos (Rosado, 2002).

Este orden tiene preferencia por las flores tubulares, alargadas y grandes, y lo que caracteriza a este grupo taxonómico es su aparato bucal tipo chupador, con largas trompas (espiritrompas) que se enrollan en espiral. Las mariposas muestran mayor interés por las flores de colores rojizos, rosados o malvas, y las polillas tienden a las de colores blanquecinos, amarillos y más olorosas (Blanco, 2020).

- Dípteros

Dentro del orden *Diptera* encontramos a las moscas, las cuales son los segundos visitantes más frecuentes de las flores e incluso, a temperaturas bajas y ambientes húmedos (Lázaro et al., 2019), pueden llegar a superar en número a las abejas. Son un grupo taxonómico muy diverso que alcanza 150.000 especies, y unas 7.000 son encontradas en la Península Ibérica (Blanco, 2020). Destacan tres familias, que son, *Syrphidae*, es la más destacada y los adultos consumen néctar, *Bombyliidae* y *Tachinidae* (Stefanescu et al., 2018). Este orden se ve atraído por flores pequeñas de color púrpura y verdoso, que posean néctar libre, inodoras o con olor a putrefacto (Rosado, 2002).

- Tisanópteros

Dentro del orden *Thysanoptera* encontramos a los pequeños trips, que normalmente pasan desapercibidos. Estos individuos tienen hábitos alimenticios muy variados, algunos se alimentan de tejidos florales y otros de polen, y se encuentran en gran abundancia dentro de las flores. Han sido un grupo de polinizadores muy subestimado, ya que hay autores que no reconocen su función como transportadores de polen. Podemos mencionar la especie vegetal *Arctostaphylos uvaursi*, la cual, su polinización depende un 20% de los trips (Blanco, 2020).

- Himenópteros

Dentro del orden *Hymenoptera* encontramos a las abejas, abejorros, hormigas y avispas. Este grupo se encuentra distribuido por casi todo el planeta, alcanzando las 200.000 especies descritas, y unas 9.500 presentes en la Península Ibérica (Blanco, 2020).

Este orden está íntimamente relacionado con las plantas sobre todo desde el punto de vista evolutivo. La mayoría de ecólogos están de acuerdo en que las abejas son los polinizadores más importantes (Lázaro et al., 2019), son los individuos visitantes más frecuentes en las flores, y aproximadamente 20.000 especies de estos polinizadores son florícolas obligadas, tanto larvas como adultos.

La abeja de la miel muestra unas cestas para polen en las patas traseras donde almacenan el polen y así los transportan al nido. Algunas especies son capaces de producir miel, estableciendo sociedades muy complejas. Las avispas y las hormigas se encuentran menos especializadas (Stefanescu et al., 2018) en cuanto a las visitas florales, aunque son capaces de buscar ciertas plantas en concreto o cazar otros pequeños insectos (Blanco, 2020). Los himenópteros se ven atraídos por flores amarillas, violetas o azules, con olores suaves, grandes cantidades de polen y néctar y presencia de señales ultravioletas (Rosado, 2002).

## **5.2. Polinizador estrella.**

### ABEJAS SOLITARIAS

Se conoce que el 85% de las especies globales de abejas son solitarias, y en España suponen el 90% (Lendínez, 2018). También son denominadas abejas del polen, ya que depositan sus huevos sobre una masa de polen, y son un grupo muy abundante y diverso pero difícilmente observable. Las abejas de este grupo no tienen ningún tipo de contacto con sus crías, ya que la hembra hace el nido con suficiente cantidad de polen y néctar para el desarrollo de sus larvas. Aunque existen ciertas especies de abejas que no son estrictamente solitarias, ya que son capaces de mantener vínculos madre e hija.

Actualmente, se está teniendo en cuenta la importancia de las abejas especializadas, normalmente solitarias, por su función óptima en cuanto a la polinización de cultivos agrícolas, ya que en algunos casos son más eficientes que las abejas generalistas como la abeja melífera. Destacamos las familias *Halictidae*, *Megachilidae* y *Apidae*, por su importante papel como polinizadoras (Nates-Parra, 2016).

### APIS MELLIFERA

La abeja melífera o abeja común, es ampliamente utilizada por el ser humano a nivel global, y es el polinizador principal para los cultivos polinizados por animales (Hung et al., 2018). Esta es una especie nativa de Europa, Asia Occidental y África, y es un polinizador generalista bien integrado en las redes de polinización (Blanco, 2020). Además, la alta capacidad de competencia viene dada por la compleja organización social de estos insectos (Agüero et al. 2018).

En torno al 3.000 ac, en el antiguo Egipto, se dieron los primeros registros de su domesticación, surgiendo la apicultura, y este servicio se ha ido mejorando desde entonces a través de las diferentes civilizaciones (Nates-Parra, 2016). La apicultura es por tanto una actividad que acompaña a la especie humana desde hace milenios (López i Gelats et al., 2016), y hoy en día, la mayoría de los apicultores son conscientes del problema del cambio climático, y de estos, un 95% aseguran que será un grave problema en el futuro si no intentamos paliar los efectos (Rosado, 2002). Además, las abejas se encuentran distribuidas casi por todo el mundo, debido a que los humanos las han llevado consigo por las diferentes regiones. El uso de *Apis mellifera* se encuentra principalmente destinado a la producción de miel y otros productos como el polen, propóleo, jalea real o cera (Nates-Parra, 2016).

Estos individuos pueden ser utilizados como indicadores precisos y sensibles a los cambios climáticos, adquiriendo una importante función como bioindicadores. Debido a la crisis de los polinizadores, la supervivencia de las abejas se está viendo gravemente afectada, mermando los rendimientos por unidad productiva, siendo una prioridad la subsistencia de las abejas en el ecosistema (Medina, 2015).

Una de las grandes y principales amenazas de *Apis mellifera* es el ácaro parásito *Varroa*, destacamos a *Varroa destructor*, el cual se alimenta del cuerpo graso de las abejas, mermando de este modo la respuesta inmune del himenóptero parasitado (Lester et al., 2022). Este ácaro es un ectoparásito obligado, que genera la destrucción de las colonias de abejas (Ceccotti et al., 2022), causando enormes pérdidas económicas. Por ello, es importante que los apicultores traten estos parásitos de forma periódica (Martínez et al., 2022).

### ➤ **Agentes perjudiciales, ¿cómo afectan las especies introducidas?**

Las abejas, y los polinizadores en general, están expuestos a numerosos agentes perjudiciales. En primer lugar, encontramos las especies invasoras, ya que pueden modificar el área de distribución de las especies autóctonas, y que además desencadenan otros problemas como los que son la depredación o la transmisión de patógenos por ejemplo (Agüero et al., 2018).

La depredación por animales invasores es uno de los principales problemas, ya que puede afectar a los polinizadores, de forma directa, depredándolos, o de forma indirecta, depredando a otros animales que interactúan con los polinizadores en la red ecosistémica (Meléndez et al., 2020). Los polinizadores han coevolucionado junto con los depredadores autóctonos, por lo cual son capaces de defenderse de forma eficaz, pero ante depredadores invasores no poseen mecanismos tan óptimos. *Vespa velutina*, la avispa asiática, es uno de los depredadores generalistas que ha invadido el área de distribución de la abeja, y que además el 70% de sus presas es la especie *Apis mellifera* (Montero-Castaño et al., 2018).

Los animales invasores, cuando se establecen en un nuevo lugar, pueden llevar consigo patógenos que pueden infectar nuevos huéspedes. Los polinizadores propios de la zona no tienen los mecanismos defensivos apropiados y son más susceptibles al daño (Montero-Castaño et al., 2018). En algunas ocasiones puede darse la introducción de variantes o de nuevas enfermedades, lo cual supone una problemática muy grave, no solo para el ecosistema, sino para la sociedad (Sosenski & Domínguez, 2018).

### ➤ **Síndrome de Despoblamiento de las Colmenas.**

El síndrome de despoblamiento o desaparición de las colmenas consiste en la desaparición de las abejas, inicialmente inexplicable, en un periodo corto en el tiempo, normalmente en colmenas pertenecientes al hemisferio norte. Este fenómeno se da en primavera, tras el descanso invernal y se va a dar la ausencia de gran parte de la población obrera de abejas, aunque presenten cantidades normales de alimento, crías, reservas de miel y de polen. Además, se observa la ausencia de abejas muertas dentro de la colmena y en sus alrededores, quedando finalmente la reina con pocas obreras jóvenes o crías (Rosado, 2002). Varios de estos sucesos hoy en día siguen sin tener una explicación coherente de las causas que lo desencadenan. Fue en 2004 cuando se dió por primera vez el síndrome de despoblamiento de las colmenas en Europa, en 2005 se dió en Estados Unidos, pero fue en

2007 cuando se observó una mortalidad de más del 30% de las colmenas que hizo que este fenómeno tomará mayor importancia (Nates-Parra, 2016).

Aún no está clara cuál es la mejor estrategia para hacer frente a este síndrome, ya que no se conoce la causa específica de este, pero son múltiples los agentes que lo agravan, y encontramos por ejemplo los insecticidas, los patógenos, virus, intoxicaciones, déficit en la nutrición o fragmentación del hábitat (López i Gelats et al., 2016).

## 6. ECONOMÍA Y AGRICULTURA

Los insectos desempeñan un papel indispensable tanto en los agroecosistemas como polinizadores, como en la producción global de alimentos (Miñarro et al., 2018), siendo el polinizador por excelencia la abeja, ya que posee total importancia económica y ecológica en los sistemas (Medina, 2015). La economía mundial se está viendo afectada por el cambio global, ya que una elevada parte de los alimentos que se consumen y comercializan hoy en día, dependen de forma directa e indirecta de la polinización por abejas (Maglianesi, 2016). Además, los organismos polinizadores sustentan el 10% de la producción económica global de alimentos (Lázaro et al., 2019). El 75% de las variedades de productos agrícolas para el consumo humano, depende de los animales polinizadores (Miñarro et al., 2018), adquiriendo un rol muy importante sobre todo en los ecosistemas tropicales (Sosenski & Domínguez, 2018). La mayoría de las frutas y semillas, cuya riqueza nutricional es mayor, son dependientes de estos animales (Medina, 2015), y motivados por un cambio en el mercado, estos productos tienen mayor proporción en la producción de alimentos de origen vegetal (Ocampo, 2019), siendo indispensables en nuestra alimentación (Lázaro et al., 2019). Alimentos como la manzana, el melón, la sandía, las almendras o el cacao (Miñarro et al., 2018), además de la alta riqueza nutricional de estos productos, poseen antioxidantes, minerales y vitaminas. El 98% de la vitamina C, 71% de la A, e incluso el 58% del calcio de nuestra dieta es obtenido por cultivos polinizados por animales (Miñarro et al., 2018).

En cuanto al comercio podemos destacar que los principales países exportadores de miel natural a nivel global son China y Argentina (Magaña et al., 2017). En nuestro país existen unas 1,5 millones de colmenas, donde el 80% son de tipo *Layens*, es decir, colmenas para la trashumancia que se mueven según la floración de la vegetación (Moreno-Saugar, 2018). En España, desde 2007 hasta 2019, se importaron 22,3 toneladas de miel, de media anualmente. Por lo cual, se obtuvo un balance de autoabastecimiento del 95,3% (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020; Pérez, 2021). Debemos recalcar el papel tan importante que tiene España dentro de la Unión Europea, siendo sin duda el país con más

colmenas y que más miel produce, sin olvidar la posición que ocupa en el ranking, *figura 2*, como exportador clave a nivel mundial (Campos et al., 2018).

Países/ Años	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
China	107.35	77.28	87.47	86.21	93.56	82.68	65.62	89.63	78.53	103.30	101.46
Argentina	73.03	79.99	70.50	62.54	107.67	104.00	79.86	69.23	57.97	57.32	72.36
India	3.21	6.65	6.96	10.35	16.77	8.14	12.23	15.59	13.31	22.65	28.94
Vietnam	7.60	15.88	10.55	15.56	16.21	14.65	16.73	19.81	18.18	22.54	28.03
México	22.92	34.46	25.02	23.37	19.03	25.47	30.91	29.65	26.98	26.51	26.89
Brasil	2.49	12.64	19.27	21.03	14.44	14.60	12.91	18.27	25.99	18.63	22.40
Alemania	20.27	22.22	21.16	22.37	23.31	20.96	23.77	27.60	22.02	20.53	18.95
España	7.97	14.83	11.63	9.91	9.60	11.06	13.88	16.34	16.27	21.76	18.77
Bélgica	6.02	3.73	2.50	3.40	5.10	4.93	4.21	10.18	13.30	18.30	16.83
Uruguay	9.65	9.47	9.18	13.36	8.88	12.08	14.21	8.98	6.13	7.95	15.24
Hungría	12.72	15.02	15.81	14.96	18.81	19.44	23.87	24.18	14.24	13.90	12.42
Rumania	6.87	5.79	9.64	8.76	6.63	9.61	6.25	7.09	10.65	11.02	9.90
Ucrania	1.41	3.37	3.19	4.64	3.81	6.56	3.52	3.26	7.36	5.38	9.87
Canadá	12.86	22.92	15.04	14.02	12.38	13.59	16.76	22.64	12.16	15.14	9.57
Tailandia	4.36	4.44	2.52	2.55	4.33	3.81	7.70	3.20	5.86	6.85	8.77
Chile	6.51	6.23	12.81	5.39	7.16	7.48	7.32	10.27	9.85	8.62	7.53
Bulgaria	3.38	4.07	6.45	5.62	3.63	4.68	3.81	3.36	6.12	8.54	6.85
Estados Unidos	3.41	3.55	5.03	4.07	3.91	3.18	4.00	5.73	4.77	11.00	6.44
Italia	3.71	3.80	2.54	2.69	4.00	3.59	3.88	3.95	3.40	6.96	6.44
Nueva Zelandia	3.41	2.55	3.19	2.77	3.63	4.13	4.87	5.79	8.21	7.31	5.47
Mundo	360.95	405.58	403.39	384.46	423.90	424.70	410.08	45.358	42.614	47.939	492.71

Figura 2. Campos et al. (2018). Principales países exportadores de miel, en miles de toneladas.

*Apis mellifera* destaca sobre todo en el sector de la ganadería, concretamente en la apicultura, donde obtenemos productos como miel, jalea real, cera, polen, propóleo e incluso veneno (Blanco, 2020). Cabe mencionar que la abeja doméstica no es la única que produce miel, ya que también lo hacen las abejas sin aguijón, la *Tribu Meliponini*, las cuales habitan en áreas tropicales y subtropicales de Latinoamérica, Australia y África (Nates Parra, 2016). La práctica tradicional de tratar con esta tribu de abejas, en concreto, se denomina meliponicultura, y la realizaban mayas e incas hace miles de años, con el fin de usar las mieles obtenidas como productos medicinales o endulzantes (González-Acereto, 2012; Blanco, 2020). También existen grupos de avispas eusociales capaces de producir miel, las cuales se encuentran ampliamente distribuidas por el planeta, y cuya técnica de explotación y crianza se conoce con el nombre de vespicultura (Blanco, 2020).

Hoy en día los abejorros son utilizados para polinizar de manera comercial, debido a su eficacia y adaptabilidad a gran variedad de cultivos, tanto al aire libre como en invernaderos. Los abejorros soportan temperaturas más bajas que las abejas, y pueden recolectar más polen al ser más grandes y pilosos, aunque el inconveniente de estos individuos es que al ser generalistas, pueden desplazar a especies nativas al competir por los

recursos. Dentro de las especies comerciales de abejorros destacamos: *Bombus terrestris*, *Bombus impatiens*, *Bombus ignitus*, *Bombus occidentalis* y *Bombus lucorum* (Blanco, 2020).

Refiriéndonos a la agricultura, definimos agricultura intensiva como extensos campos de cultivo de una o pocas variedades de plantas, donde se da la simplificación del agroecosistema mediante el empleo de maquinaria y alto insumo para el aumento de la productividad, además de eliminar la competencia y la predación (Reyes-Palomino & Cano, 2022). Debido a ello, como consecuencia se dan impactos perjudiciales para los individuos polinizadores (Arizmendi, 2009). En estos sistemas se disminuye la biodiversidad ya que se reduce y fragmenta el hábitat, se eliminan fuentes de alimento y además existe un alto consumo de agroquímicos (Miñarro et al., 2018). Es por eso que la ausencia de diversidad en la agricultura intensiva proporciona a los insectos una dieta deficiente, volviéndose más vulnerables a parásitos y plaguicidas (Ocampo, 2019).

Por otro lado, la agricultura ecológica produce alimentos en ausencia de pesticidas y fertilizantes sintéticos, mediante la conservación de la biodiversidad y la fertilización orgánica del suelo, reduciendo los efectos perjudiciales asociados a la producción agrícola intensiva (Miñarro et al., 2018). Esta práctica trae consigo un aumento de la heterogeneidad espacial y temporal, favoreciendo la diversidad de los recursos, contrarrestando la pérdida y fragmentación de hábitats (Miñarro et al., 2018).

Se ha llegado a estimar el papel de los polinizadores en la producción agrícola como 190.000 millones de dólares anuales en todo el mundo (Maglianesi, 2016). En 2011 se alcanzaron unos beneficios económicos de 2.400 millones de euros en España, gracias a los servicios aportados por los polinizadores (Lázaro et al., 2019). Por tanto, según estos datos, por cada euro que nos proporciona un cultivo de manzana, 92 céntimos proceden de los servicios de polinización por insectos. En el cultivo de arándanos, entre 80 y 98,9 céntimos, en kiwis 78,5 céntimos, incluso en fresas 49,6 céntimos (Miñarro et al., 2018). La intervención de los individuos en la polinización de cultivos supone el 35% de la producción agrícola global (Medina, 2015; Cabrera & Medina, 2018).

El término bioeconomía consiste en que la industria agrícola produzca, procese o use los recursos biológicos del sistema, ya sean plantas, animales o microorganismos (Medina, 2015). Dentro de este ámbito encontramos industrias como la agricultura, pesca, apicultura, textil y farmacéutica, entre otras (Rosado, 2002), permitiendo un uso más óptimo y eficiente de los recursos biológicos disponibles en base a los avances científicos (Miñarro et al., 2018). Debemos hacer hincapié en la transición hacia un aprovechamiento sostenible y renovable de los recursos, generando el menor impacto posible al medio ambiente (Medina, 2015).

Las abejas pueden considerarse como indicadores bioeconómicos, ya que podemos considerar la variabilidad en la producción de miel de un año a otro, debido a los cambios en las condiciones ambientales y climáticas (Medina, 2015). Gracias a los modelos bioeconómicos se puede estimar la producción de la colmena, además de deducir las consecuencias económicas y agrícolas esperadas (Medina, 2015; Miñarro et al., 2018). En cuanto a la producción de miel, se encuentra muy relacionada con la temperatura, precipitaciones, trabajo aplicado y el uso de las tierras para la proliferación de la fuente de néctar (Obeso & Herrera, 2018), lo cual nos indica la alta sensibilidad de estos individuos a los efectos del cambio climático (Medina, 2015).

España es un país con gran diversidad de polinizadores silvestres, aunque la conservación de estos depende del futuro de nuestros cultivos, y en definitiva, de nuestra alimentación (Lázaro et al., 2019).

## **7. IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA POLINIZACIÓN**

Hablamos cada vez más de la crisis de los polinizadores y existen ya numerosas campañas para salvar a las abejas, aunque estas manifestaciones no han estado siempre respaldadas por investigaciones científicas. Hemos evolucionado en cuanto a este ámbito, ya que ha habido un importante incremento en cuanto a los experimentos relacionados con el cambio global y la polinización (Bartomeus & Bosch, 2018). En base a las evidencias, el número de polinizadores, sobre todo insectos, está disminuyendo, y por consiguiente la riqueza de especies también (López i Gelats et al., 2016). Las interacciones planta-polinizador garantizan la reproducción de las plantas (Minachilis et al., 2021), y ayudan al mantenimiento de la biodiversidad, factor que se está viendo amenazado debido a los cambios ambientales que estamos sufriendo (Chacoff & Morales, 2007).

Hoy en día, el cambio global y climático suponen una amenaza para la biodiversidad, la sociedad y la economía global del planeta, y estas modificaciones de forma directa o indirecta son debidas a la acción humana (Maglianesi, 2016). Es preocupante la disminución de los individuos polinizadores (Obeso & Herrera, 2018), ya que se estarían perdiendo todos los servicios ecosistémicos que aportan al sistema (Minachilis et al., 2021). Estos cambios podrían influir directamente sobre la disponibilidad de alimentos, así como en la distribución de las diferentes especies y en las interacciones con otros individuos del ecosistema (Gonzalez et al., 2021), además de afectar a la duración de los ciclos de vida (Sosenski & Domínguez, 2018).

Los principales impactos que pueden afectar a los polinizadores son (Obeso & Herrera, 2018):

- Los cambios en la fenología de la floración y actividad de los polinizadores.
- El desplazamiento en las áreas de distribución de las especies.
- El uso de plaguicidas.

### **7.1. Cambios en la fenología de la floración y actividad de los polinizadores.**

Las relaciones mutualistas planta-polinizador son muy vulnerables ante los cambios ambientales. Si no se da una respuesta similar de los diferentes individuos ante los cambios, se daría el desacople de actividades (Medina, 2015). El desacople fenológico es el adelanto en la actividad de los individuos que interactúan, haciendo que estas especies ya no co-ocurrán temporalmente (Kolanowska, 2021). Algunas especies de insectos emergen de forma anticipada a como lo hacían hace años, debido a que las plantas florecen en épocas diferentes por las alteraciones en la fenología de floración (Keeler et al., 2021). Existen especies de abejas las cuales su periodo de actividad ha avanzado unas dos semanas en comparación con hace 50 años (Bartomeus & Bosch, 2018).

El aumento en la temperatura también está afectando a la distribución geográfica de los individuos, Himenópteros, Coleópteros e incluso Lepidópteros, sobre todo en los ecosistemas montañosos (Maglianesi, 2016). Algunos polinizadores se están desplazando a altitudes mayores, y en este caso se da un desacople espacial debido a que las plantas y los polinizadores ya no co-ocurren en la misma zona. Esta serie de fenómenos puede afectar a la supervivencia de las diferentes especies (Kolanowska et al., 2021), ya que observamos la reducción en las poblaciones de plantas y animales (Maglianesi, 2016).

### **7.2. Desplazamiento en las áreas de distribución de las especies.**

Podemos distinguir diferentes especies por sus rangos climáticos, ya que un aumento o disminución de temperatura podría provocar tanto extinciones como colonizaciones. Ante un desajuste climático, donde se dan nuevas condiciones ambientales, las especies generalistas responden más rápido a estos cambios. Por lo cual, se pueden observar desplazamientos hacia zonas de mayor o menor altitud dependiendo de la variación ambiental dada. Cuando se da lugar un aumento de temperatura por ejemplo, observamos una disminución de individuos en las menores latitudes, y un aumento de individuos en las mayores latitudes (Obeso & Herrera, 2018).

### 7.3. El uso de plaguicidas.

Los plaguicidas o pesticidas son sustancias usadas con el fin de prevenir y controlar las plagas presentes en los cultivos vegetales, por lo cual son usados por los agricultores a pequeña o a gran escala (Jáuregui, 2015). A pesar de ser una herramienta más o menos eficaz para combatir las plagas, su falta de especificidad y el uso excesivo de estos agentes, ocasionan efectos perjudiciales sobre el ecosistema y sobre los individuos que habitan en él. Aunque no sean los organismos diana, la toxicidad de estos químicos afecta notoriamente a los insectos polinizadores (Miñarro et al., 2018). En Europa, en torno al 70% del polen que es recolectado por las abejas está contaminado por sustancias tóxicas, como las que son fungicidas, herbicidas, acaricidas e insecticidas, alterando la supervivencia de estos polinizadores (Jáuregui, 2015). Del mismo modo que su supervivencia se ve mermada, aumenta el riesgo a padecer infecciones por parte de patógenos, como la Varroa (Lázaro et al., 2019). Afirmamos que el uso de plaguicidas está directamente relacionado con la pérdida de diversidad y abundancia de los polinizadores (Lázaro et al., 2019). Mencionar que el uso de plaguicidas no es un efecto del cambio climático, pero se confirma que agrava los demás efectos, multiplicando sus consecuencias negativas.

## 8. RESULTADOS DE LA ENCUESTA: El conocimiento por parte de la población

El formulario de Google tuvo la participación de 398 personas, de las cuales el 56,8% eran mujeres, frente a un 43,2% hombres. Sabemos que el 63,8% comprende una edad entre 18 y 25 años, y está seguido del 12,1% con edad entre 45 y 55 años, siendo los grupos más numerosos. A partir de las siguientes preguntas veremos los conocimientos que tiene la población respecto al ámbito que nos interesa. Podemos ver en la *figura 3*, como casi un 50% de los entrevistados, tienen un conocimiento neutro respecto al cambio global y climático.

¿Cómo describiría su conocimiento sobre El cambio Global y Climático?

398 respuestas

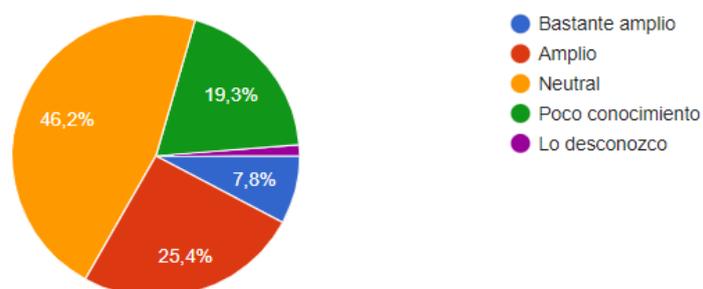


Figura 3. Representación gráfica de la pregunta 4 de la encuesta, donde se muestra cómo los usuarios describirían su conocimiento respecto al cambio global y climático.

Por otro lado, un 53,5% piensa que el cambio climático únicamente tiene efectos sobre el clima, seguido de un 27,4% que piensa que afecta a la biodiversidad, y siendo del 2%, el porcentaje más bajo, que piensa que afecta a la economía. En la pregunta 6, “Hacia 2030, en la cuenca mediterránea, se espera el:” encontramos gran variedad de respuestas, obteniendo un 32,2% la opción “Aumento de las temperaturas en 2°C y disminución de las precipitaciones en un 30%”. Respecto a la pregunta 7, un 15,4% de los usuarios respondieron que no están de acuerdo con esta afirmación, tal y como podemos observar en la *figura 4*.

Indique su opinión respecto a la siguiente oración, “El cambio climático es la amenaza PRINCIPAL de la biodiversidad, sociedad humana y economía”

398 respuestas

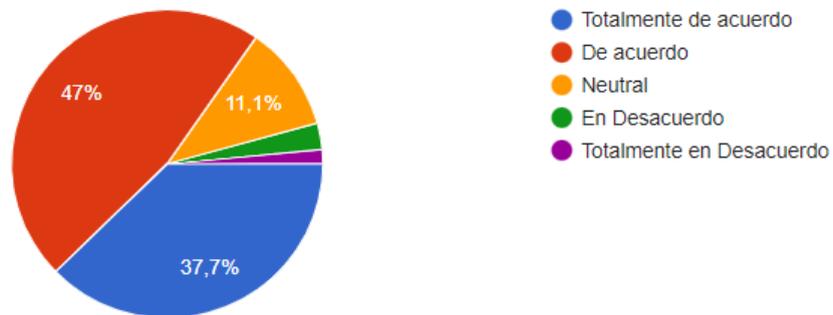


Figura 4. Representación gráfica de la pregunta 7 de la encuesta, donde observamos la opinión de la población respecto a la afirmación expuesta.

Cabe mencionar que 359 personas, el 90,2%, reconocen a la abeja *Apis mellifera* como el polinizador por excelencia en España. Sin embargo, de la *figura 5*, únicamente el 10,8% reconocen que todos los individuos son polinizadores.

De la siguiente foto, ¿Cuántos individuos son polinizadores?

398 respuestas

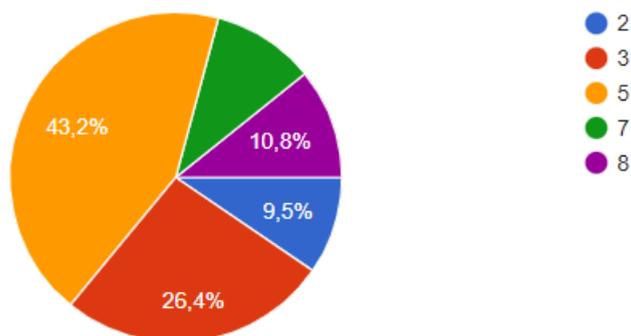
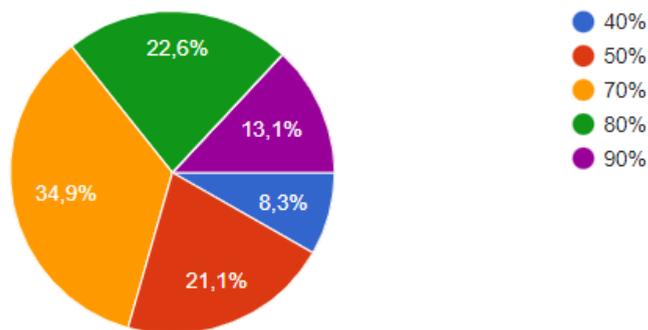


Figura 5. Imagen ilustrativa y representación gráfica de la pregunta 9 de la encuesta, donde observamos la opinión de la población respecto a la pregunta.

Por último, refiriéndonos a los cultivos, tenemos la pregunta 10 y 11, donde en la *figura 6* obtuvimos gran variedad de respuestas, lo que nos indica que la sociedad no es consciente de la relación polinización-cultivo. Esto se confirma en la *figura 7*, donde el 50,3% piensa que la ausencia de los polinizadores reduciría la producción de los cultivos únicamente en un 50%.

En su opinión, ¿Qué porcentaje de los cultivos dependen de los polinizadores?

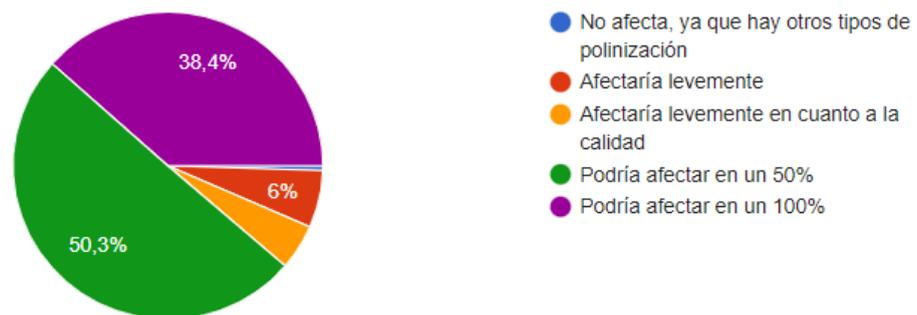
398 respuestas



*Figura 6. Representación gráfica de la pregunta 10 de la encuesta, donde observamos la opinión de la población respecto al cultivo.*

En su opinión, ¿la ausencia de polinizadores puede reducir la producción de los cultivos?

398 respuestas



*Figura 7. Representación gráfica de la pregunta 11 de la encuesta, donde observamos la opinión de la población respecto al cultivo.*

En base a los resultados obtenidos, nos hace pensar que el conocimiento de la población no es lo suficientemente bueno, por lo que sería bastante conveniente concienciar a la humanidad respecto a la problemática que supone el cambio climático y global hoy en día. Este problema no solo afecta a la polinización en concreto, sino que tanto la sociedad humana como la economía se están viendo afectadas por ello. Este dato coincide con el de Armesto A.

en 2021, donde menciona que la sociedad no es consciente de que el cambio climático es un fenómeno complejo, además de no estar informados bajo fundamentos científicos. La población cree todo aquello que proviene de los medios de comunicación o se guían por aquello que menciona su partido político sin corroborar lo que realmente está pasando en el ecosistema (Armesto, 2021).

Los temas ambientales tienen poca importancia dentro de la sociedad española, ya que debido a la desinformación, no se encuentran entre nuestras prioridades (Baigorri & Caballero, 2018). Somos nosotros mismos los responsables de formarnos para poder entender las graves consecuencias y los efectos del cambio global, que podrían darse debido a la falta de concienciación ciudadana (Moreno-Cano et al., 2015).

Gracias a los datos obtenidos podremos desarrollar las posibles soluciones a la problemática, además de fundamentar la conclusión del trabajo.

## **9. SOLUCIONES Y ALTERNATIVAS**

Es de gran importancia el desarrollo y la aplicación de marcos legales para la protección de la fauna y flora autóctona más sensible (Lázaro et al., 2019), además de para regular la comercialización de las especies polinizadoras (Montero-Castaño et al., 2018). En el año 2000, se estableció la Iniciativa Europea de Polinizadores (Moreno-Villamil et al., 2018), en la cual se proponen una serie de pautas a seguir en el ámbito ecológico de la polinización que son la evaluación, el manejo adaptativo, construcción de alianzas e incorporación a planes nacionales de conservación (Moreno-Villamil et al., 2018).

A pesar de ello, sigue siendo necesario fortalecer las redes de investigación y divulgación científica (Iriso et al., 2017), sobre todo los estudios enfocados a la abundancia y diversidad de los polinizadores nativos, para conocer tanto la fenología estacional de estos individuos, como la fenología floral de la comunidad vegetal (Sosenski & Domínguez, 2018).

El análisis de los estudios publicados anteriormente, nos hace entender el deterioro ambiental, la baja disponibilidad de recursos florales y las alteraciones en la sincronización planta-polinizador debido al cambio global (Sosenski & Domínguez, 2018). El cambio climático podría alterar la fisiología de gran variedad de especies, por lo que sería necesario la búsqueda de nuevas técnicas agronómicas (Munar et al., 2021), que mencionaremos a continuación.

### **9.1. En la actualidad, ¿qué pautas debemos tener en cuenta?**

Debemos tener en cuenta que las principales estrategias frente al cambio climático son la mitigación y la adaptación (Vázquez, 2020). En primer lugar, mencionaremos un grupo de soluciones que buscan aumentar y consolidar las poblaciones de insectos polinizadores.

Existen diversas técnicas como serían, invertir en la creación de hábitats destinados para los insectos, ya sea por medio de la siembra de plantas alternativas que les aporte forrajeo, o mediante el establecimiento de recursos de nidificación (Maglianesi, 2016). En los campos de cultivo es necesario acabar con la homogeneidad, y por tanto con los monocultivos con bordes no cultivados (Lázaro et al., 2019), implementando bandas florales con mezclas de semillas, que aumentan la disponibilidad de flores y la biodiversidad de los organismos. Otro método en relación, son los setos en lindes, los cuales se disponen rodeando el cultivo, poniendo a disposición de los insectos, recursos florales (Miñarro et al., 2018).

Por otro lado, es clave conocer la relación entre los factores que actúan como señales atractivas para los polinizadores, por ejemplo, el aroma o el néctar, y las consecuencias que se podrían dar sobre la fecundidad de la comunidad vegetal (Sosenski & Domínguez, 2018).

En cuanto a la agricultura, deberíamos apostar por la intensificación ecológica de esta, debido a que libera menos emisiones de gases de efecto invernadero (Medina, 2015). Del mismo modo, la reducción del uso de pesticidas y los programas de asesoramiento en cuanto al uso sostenible de estos, son dos puntos de interés a tener en cuenta (Lázaro et al., 2019), ya que muchos de estos compuestos químicos son nocivos, actuando como intensificadores en el declive en la población de polinizadores (Sosenski & Domínguez, 2018).

### **9.2. Además de lo anterior... ¿Qué podemos hacer?**

Como ya hemos mencionado anteriormente, el uso de colmenas como bioindicadores sería una buena estrategia para monitorear y vigilar la contaminación ambiental del sistema (Gutiérrez, 2020), haciendo uso de la fenología de las abejas como indicador del cambio climático (Medina, 2015). Encontramos gran correlación entre el clima y la fenología de las abejas, por ejemplo, en aquellos años que son más cálidos, vemos como el vuelo de las abejas es antes, y esto sería muy útil en posteriores estudios (López i Gelats et al., 2016).

Otra propuesta sería el apadrinamiento de colmenas, un proyecto que ha sido incorporado por la Asociación de Apicultores de Estrasburgo, para incrementar la viabilidad de las explotaciones apícolas, fomentando nuestra participación en la apicultura y en el medio ambiente (Aparicio, 2018).

La apicultura urbana, en huertos urbanos, también es una buena estrategia, ya que son sistemas libres de pesticidas y pueden ser claves para la concienciación de la población (Verde & Villar, 2021). Además, existen medidas como son los hoteles de insectos, más conocidos como “Bee Hotels”, *figura 8*, que son estructuras colonizables artificiales que ayudan a mejorar la productividad de los cultivos (Lázaro et al., 2019).



*Figura 8. Alejos, C. (2021). Hotel de insectos en permacultura. Recuperado de [Hotel de insectos en permacultura - huertos y jardines- Vida en la tierra](#).*

Una idea muy interesante es la creación de las autopistas de abejas. En algunas ciudades como Oslo, se está aplicando esta técnica contra la fragmentación de hábitats, ya que ofrece un corredor seguro para los insectos, además de puntos de alimento y refugio cada 250 metros (López i Gelats et al., 2016). Es necesario promover los ecosistemas que mantienen la biodiversidad, asegurando la conectividad con los medios naturales (Sosenski & Domínguez, 2018).

En la actualidad, ya existen incluso nuevas técnicas de polinización asistida, como sería el uso de VANTs (vehículos aéreos no tripulados, drones) para polinizar, que surgen a causa de la preocupación por la crisis de los polinizadores entomófilos. Modelos como DJI AGRAS T16, tienen precios que rondan los 12.000 €, dato que nos ayuda a intuir las pérdidas del sector de la polinización, que podrían hacer los polinizadores de manera natural, revelando la importancia de apostar por la intensificación ecológica. Esta tecnología aún se encuentra en desarrollo en países como EEUU, Japón e Israel (Montilla-Pacheco et al., 2021).

Por último, recalcar la importancia que tiene la educación ambiental, para hacer llegar a las personas los beneficios que nos aportan los polinizadores en nuestra sociedad. Tenemos un papel vital de cara a sensibilizar a la humanidad sobre la necesidad de conservar la biodiversidad de los insectos polinizadores (Lázaro et al., 2019).

## 10. CONCLUSIÓN

El cambio global es un grave problema cuyos impactos ya estamos sufriendo. Tanto la biodiversidad, las civilizaciones humanas e incluso la economía a nivel global, se están viendo alteradas y debemos ser conscientes de ello. La escasa información que nos aportan los medios de comunicación y nuestra nula implicación en cuanto a documentarnos de este ámbito, hacen que la sociedad esté desinformada.

Conforme a los datos obtenidos en la encuesta, deducimos que el conocimiento general de la población no es lo suficientemente amplio, como ya hemos mencionado. Podemos ver como la mayoría calificaba su conocimiento, respecto al cambio global, neutro, y como un pequeño porcentaje negaba que este problema fuese una amenaza hoy en día. Estos datos coinciden con Baigorri, A, y Caballero, M. en 2018, donde se menciona que los temas ambientales no se tienen en cuenta al no ser una de nuestras preferencias, y además, existe mucho desconocimiento en la sociedad.

Observamos como casi el 30% de la población asocia el concepto de polinizador meramente a himenópteros. Como se puede ver en el estudio de Miñarro et al., de 2018, se recalca que la necesidad de divulgar e informar es urgente, ya que muy pocos conocen que los polinizadores son un grupo muy variado.

Por otro lado, gran parte de la humanidad desconoce la importancia de los polinizadores en los cultivos y los servicios ecosistémicos que aportan, igual que mencionaba Meléndez Ramírez, V. et al., en 2020, por lo que sería totalmente necesario la sensibilización de la población.

Hoy en día se habla de cómo adaptarnos al cambio, puesto que solucionar totalmente este problema ya no es posible. Sin darnos cuenta, nos dirigimos hacia el colapso, ya que tristemente, los problemas ecológicos y ambientales no son una de nuestras prioridades. Así pues, procurar la subsistencia de los individuos polinizadores es totalmente necesario, no solo para la economía de los cultivos, sino para la sociedad y para el equilibrio de nuestro planeta. Para ello, debemos trabajar en favorecer los recursos alimenticios y de alojamiento necesarios que garanticen que sigan existiendo, centrándonos en la mitigación y evitando las amenazas acarreadas por el cambio global.

Como bien mencionó Albert Einstein en 1955 *“Si las abejas desaparecieran de la Tierra, a los humanos nos quedarían cuatro años de vida”*, hace casi 70 años él ya lo supo predecir, una buena reflexión que debería hacernos pensar en nuestro futuro.

## 11. BIBLIOGRAFÍAS

- Agüero, J. I., Rollin, O., Torretta, J. P., Aizen, M. A., Requier, F., & Garibaldi, L. A. (2018). Honey bee impact on plants and wild bees in natural habitats. *Ecosistemas*, 27(2), 60–69.
- Aparicio Corada, T. (2018). Estudio de la comercialización de la miel en la provincia de Palencia: análisis del sector para el desarrollo y evaluación de propuestas de mejora. *Universidad de Valladolid: Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias*.
- Arizmendi, M. C. (2009). La crisis de los polinizadores. *Biodiversitas*, 85, 1-5.
- Armesto, A. (2021). Preocupación por el cambio climático, condiciones económicas individuales y priorización del medioambiente en América Latina. *Opinião Pública*, 27(1), 1–27.
- Arribas, P., Abellán, P., Velasco, J., Bilton, D., Lobo, J., Millán, A., & Sánchez-Fernández, D. (2012). La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas*, 21(3), 79–84.
- Baigorri, A., & Caballero, M. (2018). Negacionismo, políticas demoscópicas y curriculum de fracasos. El caso del cambio climático en España. *Aposta: Revista de Ciencias Sociales*, 77, 8-58.
- Bartomeus, I., & Bosch, J. (2018). Pérdida de polinizadores: evidencias, causas y consecuencias. *Ecosistemas*, 27(2), 1–2.
- Blanco, R. (2020). Los polinizadores, esos grandes desconocidos. *Ambiens Ibericus: Revista de divulgación medioambiental*.
- Cabrera Santoyo, B., & Medina Cuéllar, S. E. (2018). Trascendencia de los polinizadores en la producción de alimentos y el combate a la pobreza. *Jóvenes en la ciencia, Verano de la Investigación Científica*, 4(1), 1294-1298.
- Campos García, M., & Leyva Morales, C. (2018). El Mercado Internacional de la Miel de Abeja y la Competitividad de México. *Revista de Economía, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán*, 35(90), 87–123.
- CEAM. (2020). Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo. <https://www.ceam.es>
- Ceccotti, M., Miotti, C., Pacini, A., Signorini, M., Signorini, M., & Giacobino, A. (2022). Dinámica estacional de Varroa destructor y Nosema sp en colonias de Apis mellifera en clima templado de Argentina. *Revista Veterinaria*, 33(1), 87.
- Chacoff, N. P., & Morales, C. L. (2007). Impacto de las alteraciones antrópicas sobre la polinización y la interacción planta-polinizador. *Ecología austral*, 17(1), 3-5.
- Fernández Rubio, F., Moreno Fernández-Caparros, L., & Soriano Hernando, Ó. (2014). Ministerio de Defensa (España). *Artrópodos en medicina y veterinaria*, 3, 17-20.
- González-Acereto, J. A. (2012). La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrobiencias*, 5(1), 34-41.
- González-Martínez, C. J. (2017). Uso y aprovechamiento de la biodiversidad para mejoramiento de cultivos: la polinización con abejas Apis Mellifera en café como biotecnología. *Prospecta Colombia*.
- Gonzalez, V. H., Cobos, M. E., Jaramillo, J., & Ospina, R. (2021). Climate change will reduce the potential distribution ranges of Colombia's most valuable pollinators. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(2), 195–206.
- Gutiérrez García, M. L. (2020). Revisión sobre la utilización de bioindicadores para analizar la calidad del aire en contextos urbanos. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente (ECAPMA)*.
- Hung, K. L. J., Kingston, J. M., Albrecht, M., Holway, D. A., & Kohn, J. R. (2018). The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1870), 20172140.
- IPCC. (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change. [IPCC publishes full report Climate Change 2013: The Physical Science Basis — IPCC](#)
- Iriso Calle, A., Bueno Marí, R., De Las Heras, E., Lucientes, J., & Molina, R. (2017). Cambio climático en España y su influencia en las enfermedades de transmisión vectorial. *Revista salud ambiental*, 17(1), 70-86

- Jáuregui Pérez, M. J. (2015). Polinizadores: especies clave con un futuro incierto. *Indagare: Revista de divulgación científica de la Universidad de Ibagué*, (3), 54-55.
- Keeler, A. M., Rose-Person, A., & Rafferty, N. E. (2021). From the ground up: Building predictions for how climate change will affect belowground mutualisms, floral traits, and bee behavior. *Climate Change Ecology*, 1, 100013.
- Kolanowska, M. (2021). The future of a montane orchid species and the impact of climate change on the distribution of its pollinators and magnet species. *Global Ecology and Conservation*, 32, e01939.
- Kolanowska, M., Rewicz, A., & Nowak, S. (2021). Significant habitat loss of the black vanilla orchid (*Nigritella nigra* s.l., Orchidaceae) and shifts in its pollinators availability as results of global warming. *Global Ecology and Conservation*, 27, e01560.
- Lázaro, A., Montero-Castaño, A., Traveset, A., Ricarte Sabater, A., Ormosa, O., Stefanescu, C., Botías, C., Tur, C., García, D., Peña, E., Ortiz-Sánchez, F. J., Sánchez-Bayo, F., Bartomeus, U., Bosch, J., Herrera, J. M., Tormos Ferrando, J., Asís Pardo, J. D., Obeso, J. R., Arroyo, J., . . . Cerdá, X. (2019). MEDIDAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD DE LOS POLINIZADORES SILVESTRES EN LA PENÍNSULA IBÉRICA. *Ecosistemas de la Asociación Española de Ecología Terrestre*.
- Lendínez Contreras, S. (2018). Aproximación a la red de polinización de la flora asociada al cultivo del olivar mediante el estudio palinológico de elementos de restauración para insectos polinizadores (" bee-hotels") en olivares. *Universidad de Jaén*.
- Lester, P. J., Felden, A., Baty, J. W., Bulgarella, M., Haywood, J., Mortensen, A. N., Remanente, E. J., & Smeele, Z. E. (2022). Comunidades virales en el parásito *Varroa destructor* y en colonias de su huésped abeja melífera (*Apis mellifera*) en Nueva Zelanda. *Informes científicos*, 12(1), 1-13.
- López I Gelats, F., Vallejo Rojas, V., & Rivera Ferre, M. G. (2016). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la apicultura mediterránea. Informe final Octubre. *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente*.
- López-Orozco, R., García-Mozo, H., Oteros, J., & Galán, C. (2021). Long-term trends in atmospheric *Quercus* pollen related to climate change in southern Spain: A 25-year perspective. *Atmospheric Environment*, 262, 118637.
- Magaña Magaña, M. N., Sanginés García, J. R., Lara Y Lara, P. E., Salazar Barrientos, L. D. L., & Leyva Morales, C. E. (2017). Competitividad y participación de la miel mexicana en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 43.
- Maglianesi Sandoz, M. A. (2016). Efectos del cambio climático sobre la polinización y la producción agrícola en América Tropical. *Ingeniería. Revista de la Universidad de Costa Rica*, 26(1), 11-20.
- Maglianesi Sandoz, M. A., & Jones Román, G. (2016). Efecto del cambio climático sobre las interacciones planta-animal y sus consecuencias sobre los ecosistemas. *Biocenosis*, 30, 1-2.
- Martínez Puc, J. F., Gómez Leyva, J. F., González Cortés, N., Catzím Rojas, F. J., Sánchez Melo, Y., & Payró De La Cruz, E. (2022). Presencia de *Varroa destructor*, *Nosema* spp. y *Acarapis woodi* en colonias de abejas de Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 303–315.
- Medina Cuéllar, S. E. (2015). El efecto del cambio climático en las abejas: consecuencias que amenazan la seguridad alimentaria. *Hacia dónde va la Ciencia en México Ecosistemas, Plagas y Cambio Climático*, 99-107.
- Meléndez Ramírez, V., Chablé Santos, J., & Selém Salas, C. (2020). Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. *Bioagrociencias* 13(2): 109-119.
- Minachilis, K., Kougioumoutzis, K., & Petanidou, T. (2021). Climate change effects on multi-taxa pollinator diversity and distribution along the elevation gradient of Mount Olympus, Greece. *Ecological Indicators*, 132, 108335.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en España. (2020). Memoria anual. [Agricultura, Pesca y Alimentación en España 2020. Memoria anual \(mapa.gob.es\)](https://www.mapa.gob.es)
- Miñarro Prado, M., García García, D., & Martínez Sastre, R. (2018). Impact of insect pollinators in agriculture: importance and management of their biodiversity. *Ecosistemas*, 27(2), 81–90.

- Montero-Castaño, A., Calviño-Cancela, M., Rojas-Nossa, S., de la Rúa, P., Arbetman, M., & Morales, C. L. (2018). Biological invasions and pollinator decline. *Ecosistemas*, 27(2), 42–51.
- Montilla-Pacheco, A. D. J., Pacheco-Gil, H. A., Pastrán-Calles, F. R., & Rodríguez-Pincay, I. R. (2021). Pollination with drones: A successful response to the decline of entomophiles pollinators? *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 509–516.
- Montoya, D. (2019). The restoration of ecological networks: Spatial and temporal scales, stability and global change. *Ecosistemas*, 28(2), 11–19.
- Moreno-Cano, A., Casado del Río, M. Á., & Jiménez Iglesia, E. (2015). Estudio sobre la percepción social del concepto de cambio climático y su divulgación en los medios de comunicación en la región de Santander-Colombia. *Razón y Palabra*, (91).
- Moreno-Saugar, F. (2018). Apicultura en el alto Tiétar (Ávila). *Trasierra*.
- Moreno-Villamil, R., Vélez-Velandia, D., Gómez-Hoyos, A. J., Higuera-Díaz, D., Carvajal-González, J., Lopez-Vargas, C. M., & Melo, C. D. (2018). Iniciativa colombiana de polinizadores. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia*.
- Munar Samboni, A. M., Rodríguez Carlosama, A., & Muñoz España, J. L. (2021). Potenciales áreas cultivables de pasifloras en una región tropical considerando escenarios de cambio climático. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), 109–129.
- Nates-Parra, G. (2016). *Iniciativa colombiana de polinizadores. Universidad Nacional de Colombia*.
- Nates-Parra, G. (2016). Las abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). En *Iniciativa Colombiana de Polinizadores. Biota Colombiana*, 233–248.
- Obeso, J. R., & Herrera, J. M. (2018). Pollinators and climate change. *Ecosistemas*, 27(2), 52–59.
- Obeso, J. R., & Laiolo, P. (2021). Cambio climático y variación de los ciclos vitales con la altitud. *Ecosistemas*, 30(1), 2145.
- Ocampo, M. (2019). Abejas: insectos polinizadores. *Delegación Coyoacán, Ciudad de México*.
- Olcina Cantos, J. (2009). Cambio climático y riesgos climáticos en España. *Investigaciones Geográficas*, 49, 197-220.
- Olcina, J. (2020). Clima, cambio climático y riesgos climáticos en el litoral mediterráneo. Oportunidades para la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 66(1), 159.
- Pantoja, A., Smith-Pardo, A., Garcia, A., Saenz, A., & Rojas, F. (2014). *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO.
- Peña Restrepo, M., & Peña Monroy, A. (2020). Colibríes, una historia natural de belleza y polinización. *Revista Ambiental ÉOLO*, 1(19), 12-12.
- Pérez Espinazo, S. (2021). Cambios en la abundancia de la abeja europea ("Apis mellifera"). *Universidade Da Coruña*.
- Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. (2008). *Por la Dirección General de la Oficina Española de Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y Planes Sectoriales – MMA*
- Restrepo Correa, Z., Duque Serna, L. F., & Muñoz Ciro, É. (2020). Bosques y Polinizadores: ¿Cómo se reproducen los árboles?. *Revista Ambiental ÉOLO*, 1(19), 17-17.
- Reyes-Palomino, S. E., & Cano Ccoa, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 24(1), 53–64.
- Rodríguez-Echeverría, S. (2021). Cambio global y montañas. *Ecosistemas*, 30(1), 2218.
- Rosado Gordón, M. Á. (2002). Polinizadores y biodiversidad. *Asociación Española de Entomología, Jardín Botánico Atlántico y Centro Iberoamericano de la Biodiversidad Eds*.
- Simón-Porcar, V. I., Abdelaziz, M., & Arroyo, J. (2018). The role of pollinators in floral evolution: a Mediterranean perspective. *Ecosistemas*, 27(2), 70–80.

- Sosenski, P., & Domínguez, C. A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3).
- Stefanescu, C., Asís, J. D., Baños-Picón, L., Cerdà, X., Marcos García, M. A., Micó, E., Ricarte, A., & Tormos, J. (2018). Diversity of insect pollinators in the Iberian Peninsula. *Ecosistemas*, 27(2), 9–22.
- Vázquez, B. (2020). El cambio climático en la agenda de seguridad de la Unión Europea. *Relaciones Internacionales*, 29(58), 093.
- Verde Carbajal, V. B., & Villar Albán, E. J. (2021). Turismo rural en base a la apicultura en las provincias de Huaral y Huaura, región Lima. *Universidad César Vallejo: Facultad de ciencias empresariales*.
- Williams, T. (2015). Ecosistemas, plagas y vectores en un mundo más extremo, 31-31.
- Woodley, S., MacKinnon, K., McCanny, S., Pither, R., Prior, K., Salafsky, N., & Lindenmayer, D. (2019). Gestión y manejo de áreas protegidas para la diversidad biológica y las funciones del ecosistema. *Gobernanza y Gestión de Áreas Protegidas*.

## 12. AGRADECIMIENTOS

Deseo transmitir mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que han formado parte de mi etapa universitaria, profesores y compañeros.

En primer lugar y en especial, a mi tutor Juan Jáuregui Arana, por su ayuda, guía e implicación en este Trabajo de Fin de Grado, aconsejándome en todo momento y animándome durante la elaboración de este trabajo.

A mis padres y a mi hermana, por estar siempre a mi lado confiando en mí cuando ni yo lo hacía, dándolo todo para que nunca me faltase nada.

A mis amigos, por aguantarme y animarme en mis peores momentos, haciendo más fácil la rutina del día a día. Por acompañándome durante estos largos cuatro años, y por ser unos pilares fundamentales en mi vida hoy.

Por último, a mi perrita Kitty, se que desde arriba está muy orgullosa de mí, va por ti.

Muchas gracias.