



Facultad de Biología  
UNIVERSIDAD DE SEVILLA



# EL DECLIVE DE LOS POLINIZADORES: CAUSAS, CONSECUENCIAS Y PERCEPCIÓN



Helena María Flores Mayal

Convocatoria junio 2021/22

Departamento de Biología Vegetal y Ecología

## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	pág. 2
2. INTRODUCCIÓN .....	pág. 2
2.1 <i>Importancia de los polinizadores</i> .....	pág. 3
2.2 <i>Principales grupos de polinizadores</i> .....	pág. 4
3. CAUSAS DEL DECLIVE DE LOS POLINIZADORES .....	pág. 11
- <i>Pérdida, degradación y fragmentación del paisaje</i> .....	pág. 11
- <i>Agricultura intensiva</i> .....	pág. 12
- <i>Cambio climático</i> .....	pág. 13
4. PRINCIPALES CONSECUENCIAS DEL DECLIVE DE POLINIZADORES .....	pág. 14
- <i>Impacto en la biodiversidad de plantas silvestres</i> .....	pág. 14
- <i>Impacto en el ser humano</i> .....	pág. 15
5. PERCEPCIÓN DEL DECLIVE DE POLINIZADORES .....	pág. 16
5.1 <i>Material y métodos</i> .....	pág. 16
5.2 <i>Resultados</i> .....	pág. 17
6. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE POLINIZADORES .....	pág. 22
7. CONCLUSIONES .....	pág. 24
8. BIBLIOGRAFÍA .....	pág. 25

## 1. RESUMEN

Diversos estudios a lo largo de las últimas décadas han demostrado un incremento en la pérdida de vectores animales de polinización, con especial preocupación en los grupos de insectos que llevan a cabo la polinización, principalmente las abejas. Las causas son mayoritariamente de origen antrópico, y las consecuencias abarcan desde desequilibrios en las comunidades silvestres hasta daños en la calidad de vida del ser humano, especialmente en la economía global. Por ello, se han ido incrementando las posibles medidas para frenar el declive de polinizadores. En este trabajo se realiza una primera parte que abarca una revisión bibliográfica a través de los principales grupos de polinizadores, tanto vertebrados como invertebrados, así como de las causas y consecuencias principales del motivo de su desaparición. En una segunda parte se ha realizado un estudio para conocer la percepción que poseen los alumnos de tercer curso del Grado en Biología impartido en la Universidad de Sevilla sobre diversos aspectos generales de la polinización, así como del declive de los polinizadores, y una pequeña revisión sobre algunas medidas de actuación que se proponen para conservar los vectores animales de polinización.

## 2. INTRODUCCIÓN

La polinización se refiere al proceso mediante el cual se transfiere el polen desde las anteras hacia el estigma de una flor para que, tras su germinación, se produzca la fecundación de los óvulos con el fin de producir frutos y semillas (**Figura 1**). Cuando la polinización es cursada dentro de la misma flor se conoce como autopolinización y posteriormente ocurrirá la fecundación por autogamia. La polinización cruzada hace referencia a la transferencia de dicho polen de una flor a otra, ya sean de distintas plantas (posterior fecundación por xenogamia) o dentro de la misma planta (geitonogamia) (*Rhodes, 2018*).

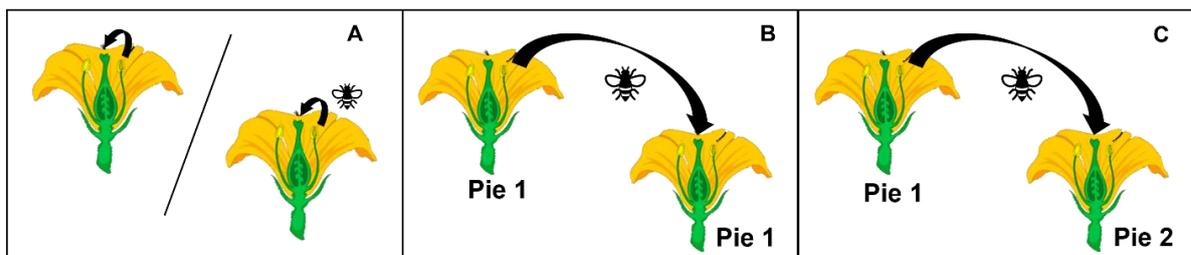


Figura 1. Tipos de polinización. **A:** Autogamia, a la izquierda autopolinización automática, a la derecha autopolinización facilitada. **B:** Geitonogamia, polinización mediante vector entre flores de la misma planta. **C:** Xenogamia, donde pie 1 y 2 hacen referencia a la existencia de dos plantas distintas. Fuente: figura de elaboración propia.

En el caso de la polinización cruzada es obligada la presencia de un vector de polinización, pudiendo ser abiótico (viento y agua generalmente) o biótico. La polinización biótica se refiere a aquella que emplea animales para el transporte del polen, ya sean vertebrados o invertebrados, tales como diversos grupos de insectos, aves y mamíferos (*Abrol, 2012*) que realizan la polinización a causa de la búsqueda activa de alimento (*Bonilla, 2012*).

En este trabajo se expondrán los aspectos más relevantes del proceso de polinización biótica y los vectores principales que la llevan a cabo, para posteriormente realizar un análisis que resalta la percepción de este gran problema, que es el declive de polinizadores, entre los estudiantes actuales con posibilidades de dedicar su futuro profesional a trabajar en ámbitos de este sector.

### *2.1 Importancia de los polinizadores*

La polinización biótica es el mecanismo más utilizado en plantas silvestres ya que se estima que el 87,5% de las plantas con flores del mundo (lo que se traduce en unas 308.000 especies) son polinizadas por insectos y otros animales, por lo que su reproducción depende de ellos (*García et al., 2016*). La polinización biótica es también la de mayor relevancia para el ser humano ya que de este método depende la producción de los principales cultivos que abastecen a los distintos países. Se calcula que más de tres cuartas partes de dichos cultivos obtienen beneficios de distinto tipo de la polinización animal (*Rhodes, 2018*). Además, los productos obtenidos de cultivos polinizados por vectores animales tienen un valor de mercado mayor que aquellos cultivos que no dependen de polinización biótica (**Figura 2**) (*Potts et al., 2016*), como son los cultivos agámicos o los que se polinizan por viento.

Por tanto, los beneficios asociados a la polinización por animales destacan tanto por su importancia en la gran mayoría de ecosistemas terrestres, manteniendo las comunidades de plantas silvestres, como por su relevancia en el mantenimiento de la producción agrícola, a lo que se le añade el uso de abejas en apicultura (**Figura 3**).

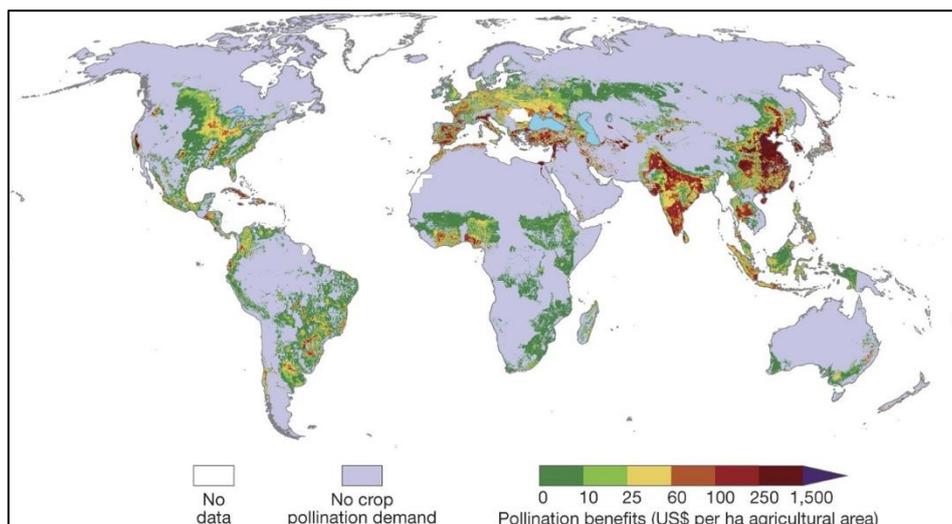


Figura 2. Beneficio (en dólares) aportados por hectárea de agricultura destinada a cultivos directamente relacionados con la polinización biótica para el año 2009. Fuente: Potts et al., 2016.



Figura 3. Prácticas de apicultura utilizando grandes colmenas, principalmente de *Apis mellifera*, para la obtención de miel y cera de abejas. Fuente: <https://www.ecocolmena.org/como-las-abejas-ayudan-a-las-personas/>

## 2.2 Principales grupos de polinizadores

De los grupos más importantes de polinizadores destacan los murciélagos y aves como vertebrados, y cuatro grandes órdenes de insectos (polinización entomófila) en polinización por invertebrados: coleópteros, lepidópteros, dípteros e himenópteros.

### Aves

Aunque la mayoría de angiospermas son polinizadas por insectos, se ha observado visita floral por parte de al menos 50 familias de aves. Las visitas florales por parte de aves son generalmente incentivadas por la búsqueda de néctar o por el avistamiento de insectos en inflorescencias (Cronk y Ojeda, 2008). Destacan

como polinizadores las familias *Meliphagidae*, *Nectariniidae*, *Trochilidae* (los colibríes), y *Psittacidae*, cuya máxima diversidad se da en los trópicos y el hemisferio Sur (**Figura 4**) (Krauss et al., 2017).

Entre las especies cultivadas, la polinización por aves es especialmente relevante en aquellas especies de plantas que ofrecen gran cantidad de néctar, como la piña y el aguacate, que son visitadas por colibríes (Abrol, 2012).

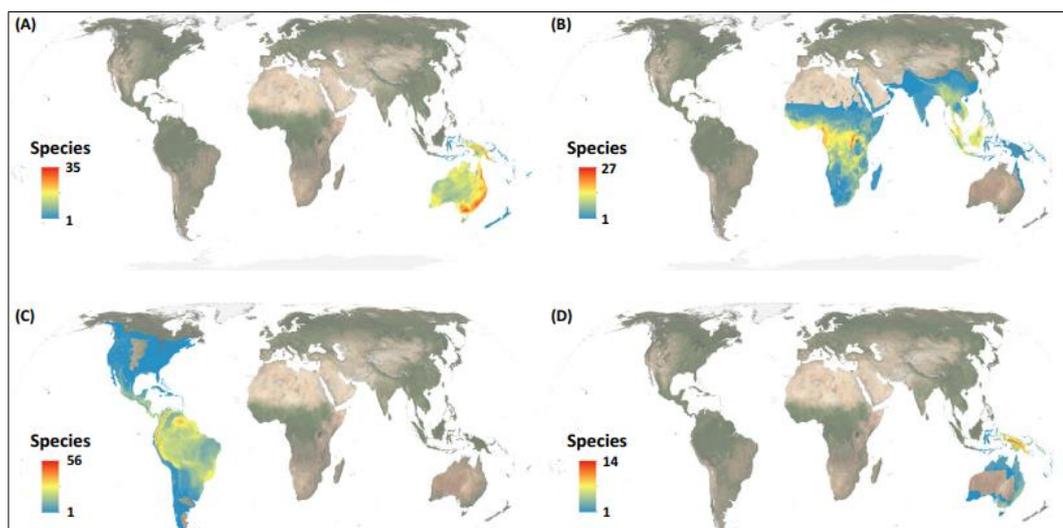


Figura 4. Distribución y diversidad global de los 4 grupos de aves más relevantes en polinización biótica. A) Mieleros (*Meliphagidae*). B) Pájaros sol o suimangas (*Nectariniidae*). C) Colibríes (*Trochilidae*). D) Psitácidos (*Psittacidae*). Fuente: Krauss et al., 2017.

## **Murciélagos**

La polinización por parte de este grupo de mamíferos es menos frecuente que la realizada por aves, y mucho menos que la realizada por insectos. Aun así, aproximadamente 250 géneros de angiospermas son polinizados por 2 de las 18 familias conocidas de murciélagos, *Pteropodidae* y *Phyllostomidae* (Fleming et al., 2009).

Diversos cultivos de gran importancia son polinizados por murciélagos, como el durián (*Malvaceae*) o las habas petai del género *Parkia* (*Fabaceae*), aunque destaca el género *Agave*, concretamente la especie *Agave tequiliana*, polinizada por murciélagos y fuente comercial para la producción de tequila (Kunz et al., 2011).

Este grupo de mamíferos es, al igual que ocurre con las aves, de mayor tamaño que cualquier insecto que visite flores, y por ello la recompensa floral supone mayor coste para la planta. Por tanto, los beneficios asociados a la polinización por parte de grupos como murciélagos o aves residen principalmente en la gran cantidad de polen que pueden transportar, y en las grandes distancias que recorren, salvando así el problema de la reducción de producción de semillas en poblaciones de plantas distanciadas (*Fleming et al., 2009*).

### **Coleópteros**

No son el grupo de insectos más eficiente en cuanto a polinización, pero sí es el grupo de insectos más numeroso con más de 400.000 especies conocidas, de las que se estima que el 20% son visitantes florales (*Wardhaugh, 2015*). Son especialmente relevantes en regiones con climas áridos y tropicales (*Stefanescu et al., 2018*). Buscan en las flores tanto polen como néctar, y poseen ciertas adaptaciones principalmente en el maxilar como cerdas en forma de cepillo (*Krenn et al., 2005*), cuyo ejemplo más característico se encuentra en la especie *Nemognatha chrysomelina* (**Figura 5**).

Los coleópteros, concretamente especies de la familia *Nitidulidae*, destacan por ser los principales polinizadores de plantas del género *Annona* (familia *Annonaceae*), que incluye especies de gran relevancia comercial como la chirimoya (*Peña et al., 2002*).



Figura 5. A: detalle del aparato bucal de *Nemognatha chrysomelina*. B: *Nemognatha chrysomelina* tomando néctar. Fuente: <https://www.biodiversidadvirtual.org>

### **Lepidópteros**

Con aproximadamente 150.000 especies descritas, los lepidópteros son uno de los grupos de insectos más relevantes en polinización (*Stefanescu et al., 2018*) ya que la gran mayoría requieren el néctar floral como única fuente de carbohidratos

(Reddi y Bai, 1984). Aunque su capacidad como polinizadores ha sido muy cuestionada en trabajos como el de Wiklund *et al.* (1982), han ido surgiendo otros donde se demuestra la importancia de la polinización de este grupo, suponiendo en algunos casos la totalidad de la actividad polinizadora para la planta (Epps *et al.*, 2015).

Entre sus características relevantes tenemos la espiritrompa, un órgano hueco succionador de néctar en la parte inferior de la cabeza. Este órgano destaca especialmente en la familia *Sphingidae*, con ejemplos como la especie *Xanthopan morganii praedicta*, la esfinge de Madagascar (**Figura 6**), con una espiritrompa de más de 25 cm de longitud (Nilsson, 1998; Wasserthal, 2011). Otro ejemplo destacable es la polinización de la yuca, planta de gran relevancia comercial polinizada exclusivamente por polillas de la familia *Prodoxidae*, concretamente por los géneros *Tegeticula* y *Parategeticula* (Pellmyr *et al.*, 1996).



Figura 6. Interacción entre *Xanthopan morganii praedicta* y *Angraecum sesquipedale*. A: inserción de la espiritrompa. B: descanso sobre el labelo para tomar el néctar. C: vuelo hacia atrás y hacia arriba llevando la polinia en la base de la espiritrompa. Fuente: Wasserthal, 2011.

## Dípteros

Este grupo es especialmente importante en la polinización a elevadas altitudes y en ambientes moderadamente húmedos como los bosques de niebla. Visitan a las flores para obtener tanto polen como néctar (Courtney *et al.*, 2017). La mayoría poseen trompas de longitud media o corta y se comportan como generalistas, pero algunos grupos adquieren modificaciones como una trompa más larga para obtener el néctar y un cuerpo más piloso.

Destacan familias como *Bombyliidae*, *Tabanidae*, *Acroceridae* y *Syrphidae*, siendo esta última la más estudiada en polinización (Stefanescu *et al.*, 2018) y conocida por ser fácilmente confundida con los himenópteros.

Numerosos cultivos de interés económico son polinizados por dípteros, como zanahoria, manzana, etc., destacando la planta del cacao (**Figura 7**), polinizada exclusivamente por dípteros de la familia *Ceratopogonidae* (Courtney et al., 2017).



Figura 7. A la izquierda, flor del cacao (*Theobroma cacao*) visitada por díptero del género *Forcipomya*, familia *Ceratopogonidae*. A la derecha, la hembra del díptero mencionado. Fuente: <https://extensiones.umd.edu>

### **Himenópteros**

Es el orden de mayor relevancia para la polinización ya que aquí encontramos a las abejas. Existen unas 147.000 especies descritas actualmente, y se distingue entre avispas, hormigas, y abejas (Gayubo y Pujade, 2015).

- Avispas: engloba todos los himenópteros que no son abejas u hormigas, y son alrededor de 115.000 especies del total, la mayoría parasitoides o depredadoras. Aun así, muchos adultos requieren néctar para su desarrollo (Stefanescu et al., 2018), así que se encuentran algunas relaciones especialistas interesantes, como el engaño sexual de algunas especies de orquídeas con individuos de las familias *Tiphiidae* o *Vespidae* (Bohman et al., 2016); la polinización en géneros de la familia *Myrtaceae* por avispas de la familia *Tiphiidae* (Brown y Phillips, 2014); y el ejemplo de las avispas gallícolas de la familia *Agaonidae* en el género *Ficus* (Cook y West, 2005).
- Hormigas: con 12.700 especies aproximadamente, supone uno de los grupos animales más abundantes y dominantes de los ecosistemas terrestres (Stefanescu et al., 2018). No han sido normalmente consideradas como polinizadores en trabajos como el de Beattie et al. (1984) donde se explora el daño al polen a causa de las glándulas metapleurales. Las hormigas también producen en algunas ocasiones daños en las flores (Ashman y King, 2005), pero en los últimos años se ha ido observando que son capaces de establecer

relaciones estrechas con ciertas especies, como el caso de la planta holoparásita *Cytinus hypocistis* (de Vega et al., 2009).

- Abejas: dentro de la polinización biótica, son consideradas los polinizadores más importantes en prácticamente todos los ecosistemas. Dentro del orden *Hymenoptera*, se engloban en el suborden *Apocrita*, superfamilia *Apoidea* (Ortiz-Sánchez et al., 2018). Actualmente se encuentran descritas unas 20.000 especies, de las cuales al menos 1.965 se encuentran en Europa, representadas por las familias *Colletidae*, *Andrenidae*, *Halictidae*, *Melittidae* y *Apidae* (Nieto, 2014).

Presentan un aparato bucal masticador-lamedor, destacando la glosa para extraer el néctar (Ortiz-Sánchez et al., 2018) y un cuerpo recubierto de pelos plumosos ramificados. Un fenómeno interesante es la complementación de cargas entre los campos eléctrico negativo y positivo de las flores y las abejas, respectivamente. Debido a esta diferencia de cargas, los pelos de las abejas se mueven, contribuyendo a que se adhieran de forma muy efectiva los granos de polen (Rhodes, 2018). Utilizan tanto el néctar como el polen para consumo propio (el polen en pequeñas cantidades) y para alimentar a las larvas, siendo el polen importantísimo ya que supondrá la única fuente de proteínas en el estado larvario (Cane, 2016). Por ello poseen un órgano especializado para el almacenamiento de polen denominado escopa en las patas traseras (algunas en el abdomen). Las abejas de la miel (*Apis mellifera*) y los abejorros no poseen escopa, pero encontramos en su lugar la corbícula (**Figura 8**), una estructura semejante (Rhodes, 2018).



Figura 8. Ejemplar de *Apis mellifera* en vuelo tras una visita floral. Se observan las corbículas cargadas de polen. Fuente: <https://inaturalist.mma.gob.cl>

En las abejas podemos encontrar clasificaciones según el grado de especialización: monolectia (solo un género de plantas), oligolectia (se amplía hasta una familia de plantas) y poliolectia (varias familias) (Cane y Sipe, 2006); o según el nivel de complejidad social: abejas solitarias, la mayoría, y abejas sociales en distinto grado que forman colonias con división de tareas y cuidado cooperativo de las crías, siendo el ejemplo de sociedad más avanzada el del género *Apis*, que incluye a las abejas de la miel (Ortiz-Sánchez et al., 2018).

*Apis mellifera* es conocida por ser la especie más utilizada en agricultura, principalmente por formar colonias de cientos de individuos que realizan al día 12 o más viajes desde la colmena visitando una gran variedad de flores, y por supuesto debido a las características generales que ya he comentado. Las colmenas de esta especie proveen cera y miel a la vez que realizan la polinización, por lo cual se han ganado su buena reputación (Abrol, 2012).

Otro género destacable es *Bombus*, conocidos popularmente como abejorros. Tienen una gran capacidad para adaptarse a diferentes climas y hábitats, y son especialmente importantes en la polinización por zumbido, o *buzz-pollination* (Khalifa et al., 2021). La polinización por zumbido es un tipo de polinización donde las abejas utilizan vibración para liberar el polen de aquellas angiospermas que poseen anteras con poro (**Figura 9**), y aunque solo se da en aproximadamente el 6% de plantas con flores (Vallejo-Marín, 2019), este porcentaje engloba cultivos tan importantes como el tomate o el arándano (Khalifa et al., 2021).



Figura 9. Ejemplar de *Bombus terrestris* liberando el polen de las anteras de *Solanum citrullifolium* mediante polinización por zumbido. Fuente: Vallejo-Marín, 2019

### 3. CAUSAS DEL DECLIVE DE LOS POLINIZADORES

La pérdida actual en términos de biodiversidad global comprende aproximadamente entre un 1 y 10% de especies conocidas por década (*Kluser y Peduzzi, 2007*). En este contexto de extinción, se encuentran numerosas pruebas que indican el declive de los polinizadores, una de las mayores y más mediáticas ocurrió hace unos años en Norteamérica entre 2006 y 2007, cuando desaparecieron cerca de un tercio de las abejas melíferas comercializadas. A este acontecimiento se le denominó Trastorno de Colapso de la Colonia o CCD, y ocasionó pérdidas económicas importantísimas por valor de millones de dólares (*Kluser y Peduzzi, 2007*). También se han observado importantes descensos en las poblaciones de otros grupos de polinizadores. Se ha reportado un descenso de hasta el 18% de la riqueza de especies de abejorros en Países Bajos, y un 30% en poblaciones locales de lepidópteros en Bélgica (*Bartomeus et al., 2019*). Estos fenómenos son solo algunas de las evidencias que hacen obvia la necesidad de detectar y paliar los motivos por los que se dan estos eventos. Aun así, hay que mencionar que la información que se tiene sobre los grupos de polinizadores amenazados resulta deficiente e incluso casi inexistente fuera de Europa y Norteamérica, debido, entre otras causas, a la gran diversidad taxonómica existente de polinizadores y al escaso conocimiento de esa diversidad (*Winfrey et al., 2011*).

Las causas que se consideran hoy en día las principales desencadenantes del declive de polinizadores son la pérdida, fragmentación y degradación del paisaje, las prácticas de agricultura intensiva y el cambio climático.

- Pérdida, fragmentación y degradación del paisaje: los cambios producidos en el suelo por acción antropogénica conllevan una serie de modificaciones importantes como pérdida, degradación y/o fragmentación de dicha área (*Lázaro y Tur, 2018*). Teniendo en cuenta que se espera que el uso del suelo aumente progresivamente a lo largo de las siguientes décadas por parte del ser humano tanto en extensión como en intensidad (*Winfrey et al., 2011*), y que este uso afecta a distintas escalas dentro de un mismo ecosistema (*Lázaro y Tur, 2018*), esta es la que se considera la causa principal de desaparición de los polinizadores, concretamente la pérdida de hábitat (*Sala et al., 2000*) por suponer una reducción directa de los recursos disponibles a causa de la disminución de la población vegetal (*Cane et al., 2006*).

Paralelamente a la pérdida de hábitat, los cambios en el suelo producen fragmentación, por lo que a menudo los efectos de ambos procesos son difíciles de separar (*Hadley y Betts, 2012*). Entre las acciones humanas que causan estos dos procesos, destaca la urbanización, que reduce las zonas verdes disponibles para los insectos por aumento de zonas pavimentadas, ocasiona una pérdida de zonas para el correcto anidamiento de las abejas, produce una contaminación excesiva e incluso aumenta la mortalidad por colisión con vehículos móviles. Todo en conjunto promueve la desaparición de numerosos polinizadores como polillas, sírfidos y por supuesto, abejas (*Lázaro y Tur, 2018*). Estas últimas son las más perjudicadas, principalmente debido a que la nidificación de aproximadamente la mitad de las especies de abejas se produce en el suelo (*Ortiz-Sánchez et al., 2018*).

La degradación del hábitat se refiere a todo cambio que reduzca su calidad o modifique sus condiciones, siendo el mayor ejemplo el uso del suelo para la agricultura intensiva debido a que implica la utilización de diversos pesticidas con efectos adversos para los polinizadores (*Potts et al., 2010*). Además, la agricultura intensiva también provoca pérdida y fragmentación del hábitat, por lo que es la acción antrópica que más daños causa a corto plazo y por ello se detalla individualmente.

- Agricultura intensiva: las tierras destinadas a prácticas agrícolas en 2021 fueron aproximadamente 4.750 millones de hectáreas (*FAO, 2021*), lo que supone un 30% de la superficie terrestre total. Muchas de esas prácticas agrarias son para la obtención de un mismo recurso de forma repetida, siempre del mismo suelo, sin dejar descanso de la tierra, y con el uso de grandes cantidades de pesticidas.

Como mencioné anteriormente, la agricultura intensiva es la principal acción humana que engloba las causas más graves del declive de polinizadores: pérdida, fragmentación y degradación del hábitat. Dentro de esta última destaca el uso de plaguicidas en la agricultura, práctica que supone un gran peligro para los polinizadores, especialmente para los insectos. El término plaguicida incluye insecticidas, fungicidas, etc., que llegan a los polinizadores por distintas vías: contacto directo con partículas del aire; por ingesta de polen, néctar y agua contaminada; o por inhalación de compuestos volátiles plaguicidas (*Botías y*

*Sánchez-Bayo, 2018*). Sus efectos están estudiados sobre todo en abejas por su gran importancia en polinización, y entre ellos se encuentran una grave afectación al sistema nervioso por distintas vías, y un efecto inmunosupresor que deja a las abejas más expuestas a la infección por diversos patógenos (*Pettis et al., 2013*).

- Cambio climático: el cambio climático acelerado por efecto antrópico es actualmente una gran amenaza reconocida a escala global (*Obeso y Herrera, 2018*), y, por tanto, sus efectos sobre las relaciones mutualistas entre plantas e insectos son de obligado estudio.

En el contexto de polinización, se tiene en cuenta sobre todo el aumento de la temperatura conocido como calentamiento global, al que se le atribuyen en su mayoría los efectos que provoca el cambio climático en el declive de polinizadores (*Obeso y Herrera, 2018*). Destaca también la relevancia de los cambios en las precipitaciones, ya que *Donoso et al. (2016)* proponen que, en el mediterráneo, el efecto es provocado realmente por la aridez más que por la propia temperatura.

Podemos distinguir dos vías claras en las que está contribuyendo el cambio climático al declive de los polinizadores: desplazando las áreas de distribución de las distintas especies, y provocando cambios en la fenología de las plantas asincrónicos a los cambios en la actividad de los polinizadores (*Obeso y Herrera, 2018*). Respecto al primer punto, las áreas de distribución de los organismos, sobre todo ectotermos, se establecen según rangos climáticos. Por tanto, al aumentar la temperatura se ha observado en varios estudios una extinción en las zonas de menor latitud y altitud, en paralelo a un desplazamiento hacia zonas de mayor latitud y altitud (*Sunday et al., 2012*). Un ejemplo también destacable, en este caso respecto a la pérdida de área de distribución, es el observado en el límite latitudinal Sur para comunidades de abejorros tanto en América como en Europa (**Figura 10**), donde se han llegado a perder hasta 300 km del límite histórico para este grupo de polinizadores (*Kerr et al., 2015*).

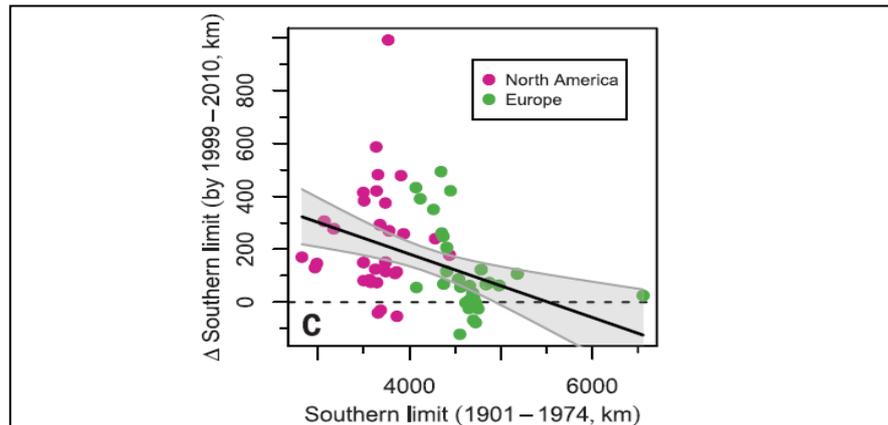


Figura 10. Respuesta de 67 especies de abejorros ante el cambio climático en el límite latitudinal Sur en Europa y América del Norte entre los años 1999 y 2010, respecto a valores basales entre 1901 y 1974. La línea discontinua muestra el umbral para ningún cambio. Fuente: Kerr et al., 2015

La segunda vía se refiere a las modificaciones en los ciclos de floración de las plantas por cambios de temperatura a la vez que cambios en el ciclo de vida de los insectos, sobre todo las abejas, que pueden ser nefastos para la polinización si no son sincrónicos. Normalmente se observa un adelanto tanto en floración como en actividad de insectos, pero no en el mismo grado y por tanto sucede que disminuye el periodo de superposición entre ambos procesos (*Obeso y Herrera, 2018*), suponiendo un gran peligro para la correcta finalización de la interacción planta-polinizador.

#### 4. PRINCIPALES CONSECUENCIAS DEL DECLIVE DE POLINIZADORES

La polinización ofrece para los ecosistemas naturales un servicio igual de importante que para el ser humano, por lo que las consecuencias se pueden englobar en dos aspectos fundamentales: la calidad de vida del ser humano y el correcto mantenimiento de la biodiversidad.

- Impacto sobre la biodiversidad de plantas silvestres: la polinización biótica es un proceso fundamental que sostiene la biodiversidad global ya que es esencial para las plantas (*Potts et al., 2010*), influyendo en su éxito reproductivo y manteniendo una correcta dinámica de poblaciones (*Thomann et al., 2013*). El declive de los distintos grupos de polinizadores es particularmente preocupante para las especies vegetales especialistas, ya que se ha observado que dichas especies desaparecen en paralelo a la desaparición de sus polinizadores (*Abrol, 2012*).

Además, resultan destacables las consecuencias a largo plazo, ya que se ha estimado que entre el 1% y el 20% de las angiospermas parecen estar desarrollando caracteres que promueven la autogamia debido al auge de la pérdida de polinizadores (*Simón-Porcar et al., 2018*). Este proceso promueve la depresión por endogamia y la pérdida de variabilidad genética, suponiendo un alto riesgo para la supervivencia de las especies a largo plazo (*Igic y Busch, 2013*).

- Impacto en el ser humano: los polinizadores nos proveen numerosos e importantes servicios ecosistémicos, el más destacable es el mantenimiento de numerosos cultivos de gran relevancia comercial y la obtención de miel y otros productos apícolas (*Potts et al., 2016*). Como comenté al inicio del trabajo, la polinización entomófila es necesaria para una gran parte de la producción de los cultivos de los que depende directamente el ser humano, siendo más específicos estaríamos hablando de aproximadamente el 75% de dichos cultivos (*Miñarro et al., 2018*), y si el declive de los polinizadores continúa, se estima que se perdería entre el 5-8% de la producción global (**Figura 11**), lo que implicaría no solo grandes pérdidas económicas, sino también cambios importantes en la dieta y en el uso del terreno (*Potts et al., 2016*).

Además, estos cultivos procedentes de polinización por insectos son ricos en micronutrientes fundamentales como vitaminas, antioxidantes o minerales, suponiendo por ejemplo el 98% de la vitamina C y el 100% de algunos carotenoides de la dieta humana global (*Miñarro et al., 2018*), por lo que su pérdida incrementaría la aparición de enfermedades asociadas a deficiencias en estos micronutrientes, como la isquemia cardíaca (*Potts et al., 2016*).

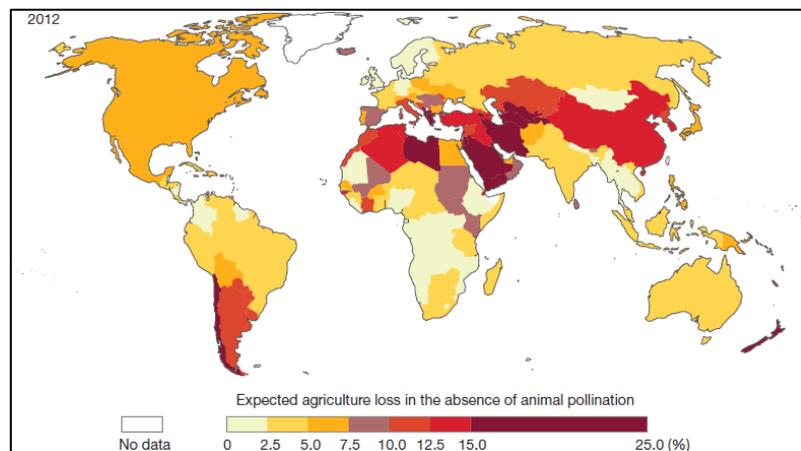


Figura 11. Porcentaje esperado de pérdida de cultivos en ausencia de polinización biótica según datos de la FAO del año 2012. Fuente: Potts et al., 2016

## 5. PERCEPCIÓN DEL DECLIVE DE POLINIZADORES

Tras haber analizado las principales causas y consecuencias de la pérdida de polinizadores, resulta indiscutible que el proceso del declive está en curso y es un fenómeno que debe detenerse con urgencia. Los actuales estudiantes de grados relacionados con un futuro profesional que pueda verse directamente relacionado con tareas de conservación, investigación o asesoramiento a la hora de trabajar con polinizadores deberían tener los adecuados conocimientos para realizar dichas tareas, y por ello resulta interesante analizar brevemente la percepción que poseen tanto de los polinizadores como del declive de estos. En este apartado se analizarán diversos conocimientos sobre este tema mediante la realización de una encuesta a estudiantes del grado de Biología de la Universidad de Sevilla.

### 5.1 Material y métodos

Se ha realizado una encuesta a 99 alumnos del tercer año del grado en Biología de la Universidad de Sevilla. Los alumnos contestaron a una plantilla compuesta por 9 preguntas (**Figura 12**) analizadas en este trabajo. Las encuestas se realizaron presencialmente y fueron pasadas a formato digital para el recuento de respuestas y su correspondiente análisis.

<b>¿Sabes qué es la polinización?</b> 1) La apertura de la flor. 2) dispersión de la semilla. 3) transferencia del polen al estigma. 4) La germinación de la semilla	1	2	3	4
<b>¿Qué importancia crees que tiene la polinización para el bienestar humano?</b> 1) Poca. 2) Mucha. 3) No lo sé	1	2	3	
<b>La mayoría de las plantas con flores son polinizadas por</b> 1) El viento. 2) El agua. 3) Los animales. 4) El hombre	1	2	3	4
<b>En general, los polinizadores mas eficientes son</b> 1) Colibríes. 2) murciélagos. 3) abejas. 4) mariposas	1	2	3	4
<b>¿Cuántas especies de abejas conoces?</b> 1) Solo una. 2) Entre 2-5. 3) Entre 6-10. 4) más de10	1	2	3	4
<b>¿Todas las abejas producen miel?</b> 1) Si. 2) No. 3) No lo sé	1	2	3	
<b>El polen de las plantas es utilizado por las abejas para:</b> 1) construir nidos. 2) producir miel. 3) alimentar a las larvas. 4) no lo sé	1	2	3	4
<b>¿Cuál de los siguientes elementos estará en peligro con la desaparición de las abejas?</b> 1) el oxígeno. 2) las algas. 3) el humus. 4) un tercio de los animales y humanos	1	2	3	4
<b>En el cuadro de la derecha enumera en orden de importancia las principales razones de la desaparición de los polinizadores siendo 1-la razón más importante ... y 4 -la menos importante</b> 1) la agricultura moderna. 2) los cambios climáticos. 3) la urbanización. 4) las enfermedades				

Figura 12. Plantilla de la encuesta utilizada para el estudio.

Los datos se recopilaron en una hoja de Excel y se procedió a la elaboración de gráficos circulares para cada pregunta de forma individual, que muestran el porcentaje referido al total respondido para cada opción (se han excluido aquellas opciones que no fueron elegidas ninguna vez). Para mayor facilidad, se han agrupado las preguntas teniendo en cuenta tres ámbitos: conocimiento general sobre polinización, conocimiento sobre abejas por ser el grupo más relevante en polinización entomófila, y percepción tanto de la importancia de la polinización como de las consecuencias de su declive en la calidad de vida humana.

## 5.2 Resultados

Respecto a las preguntas generales sobre polinización, se observa un buen conocimiento básico sobre el concepto en sí, ya que aproximadamente un 90% de los alumnos comprenden de forma correcta qué es la polinización (**Figura 13**).

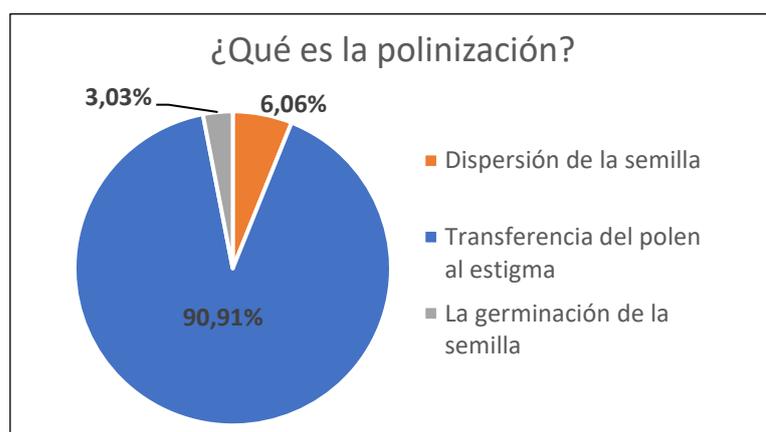


Figura 13. Resultados en porcentaje del total general para la pregunta: ¿Qué es la polinización?

Complementario a este conocimiento se puede observar que un gran porcentaje de los alumnos (72,73%) conocen que los animales son los principales polinizadores de angiospermas, y que de ellos las abejas son las más eficientes en dicha tarea (**Figura 14**).

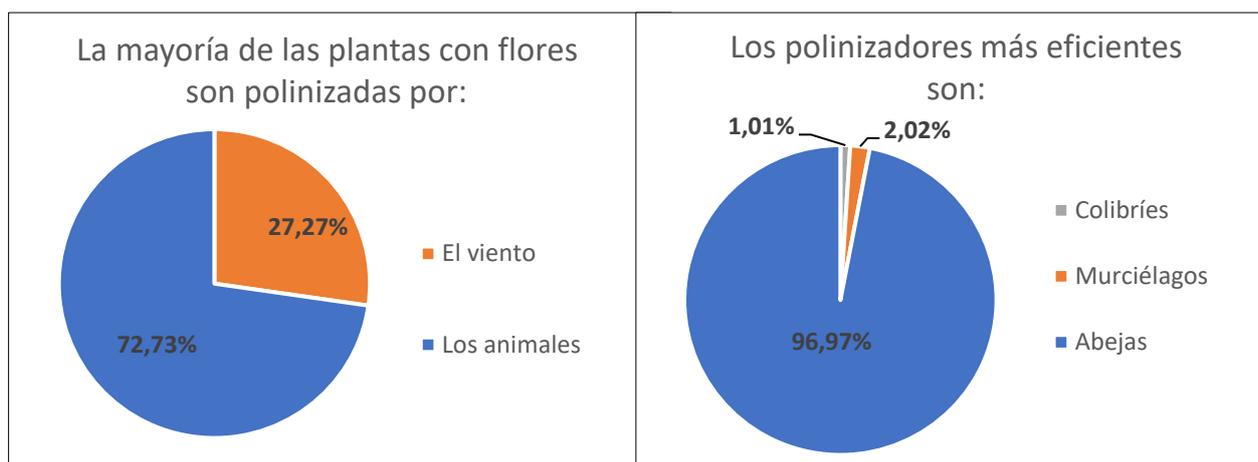


Figura 14. A la izquierda: resultados en porcentaje del total general para la pregunta sobre qué forma de polinización es la mayoritaria en angiospermas. A la derecha: resultados en mismo formato para la pregunta sobre el grupo más eficiente a la hora de polinizar. Fuente: figura de elaboración propia.

De las preguntas realizadas sobre abejas, la más destacable ha sido aquella en la que se preguntaba por las especies conocidas de este importante grupo, ya que las respuestas mayoritarias han dado a conocer que solo tenían conocimiento de 2 a 5 especies, y en segundo lugar con un porcentaje también alto del 42,42%, solo 1 especie (**Figura 15**). Este desconocimiento específico sobre especies de abejas es bastante común en la población general ya que a menudo se atribuye la importancia económica y ecológica en exclusiva a la abeja de la miel, *Apis mellifera*. Sin embargo, resulta notorio encontrar lo mismo en alumnos del grado de Biología que ya han debido cursar asignaturas de zoología, por lo que podría ser interesante realizar más estudios a futuro y tenerlo en cuenta a la hora de impartir conocimientos sobre este tema.

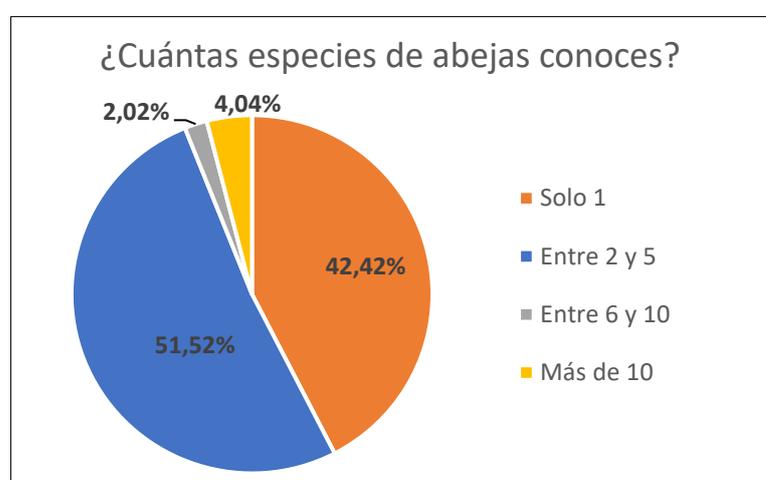


Figura 15. Resultados en porcentaje del total general para la pregunta ¿Cuántas especies de abejas conoces?

También se preguntó acerca de la capacidad de elaborar miel por parte de las abejas, lo que ha resultado en un porcentaje superior al 50% de personas conocedoras de la existencia de abejas que no elaboran miel (**Figura 16**), es decir abejas no sociales o solitarias. Este resultado es llamativo teniendo en cuenta que conocen muy pocas especies de abejas. Respecto a qué hacen las abejas con el polen que recogen, los resultados han sido de los más variados, y aun siendo correcta la respuesta más elegida con un 50,51%, creo conveniente destacar que hay un 29,29% que afirma que el polen es utilizado para hacer miel (**Figura 17**). La miel es un producto que ha cobrado gran importancia desde su introducción en la dieta mediterránea por sus características nutricionales y su perfil antioxidante (*Battino et al., 2019*), y por tanto es de gran relevancia para nuestra economía, con lo que quizá debería conocerse algo más el proceso de su elaboración. Destaca además el porcentaje conjunto de las respuestas incorrectas, siendo un 49,49% de los encuestados, prácticamente la mitad, desconocedores del uso que las abejas hacen el polen, lo que expone el desconocimiento en esta área.

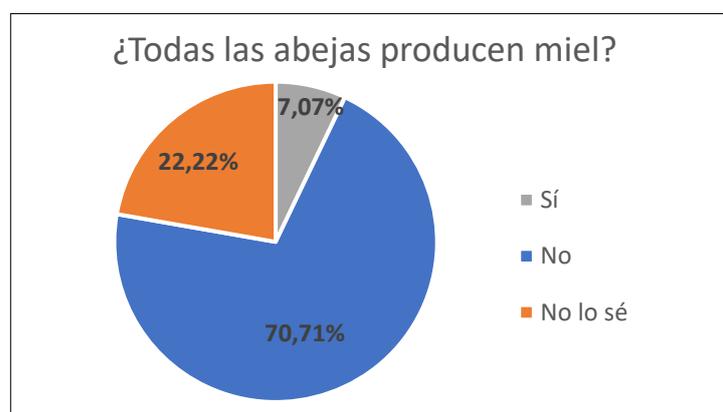


Figura 16. Resultado en porcentaje del total general para la pregunta sobre producción de miel por parte de abejas.

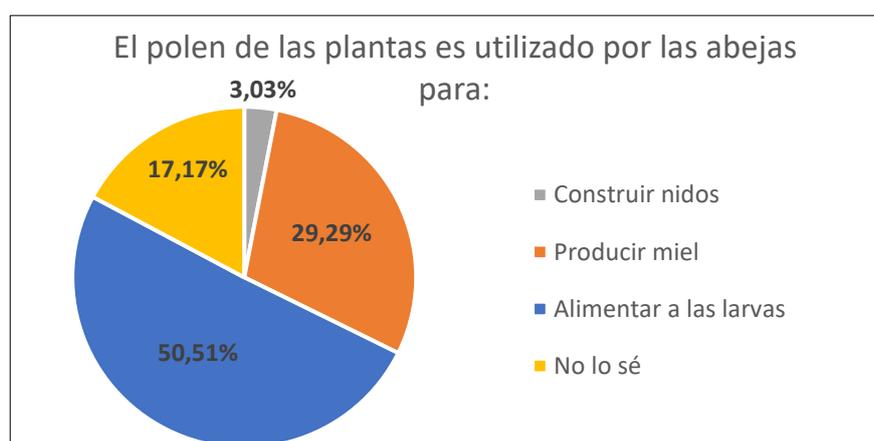


Figura 17. Resultado en porcentaje del total general para la pregunta acerca del uso del polen por parte de las abejas.

El último grupo de preguntas es el que resulta más relevante por tratar directamente sobre el declive de polinizadores. Se ha observado en general una buena concienciación sobre la gran importancia del servicio de polinización para el ser humano, con un 98,99% de respuestas que conocen la gran relevancia de la polinización para el mantenimiento de nuestra actual calidad de vida (**Figura 18**). Se observa además una correcta aproximación a la consecuencia más a largo plazo conocida si llegara a extinguirse el grupo de polinizadores más eficientes: la pérdida de 1/3 de animales y humanos (**Figura 19**).



Figura 18. Resultados en porcentaje del total general sobre la importancia de la polinización en el bienestar humano.

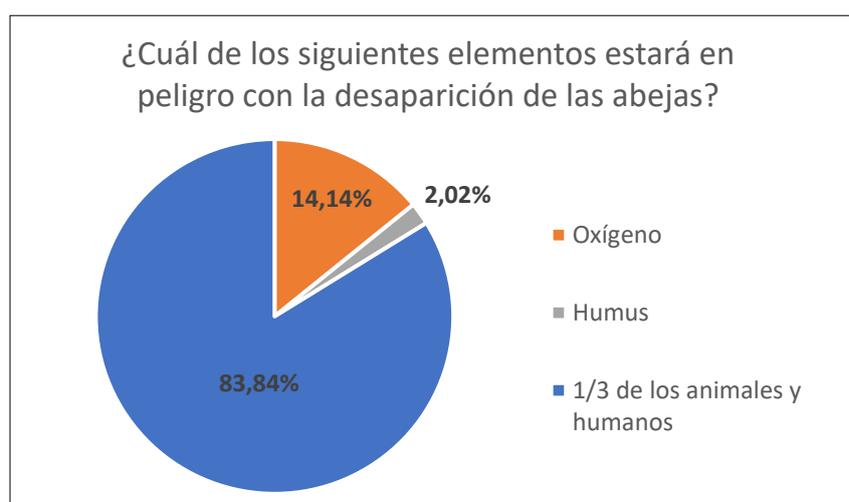
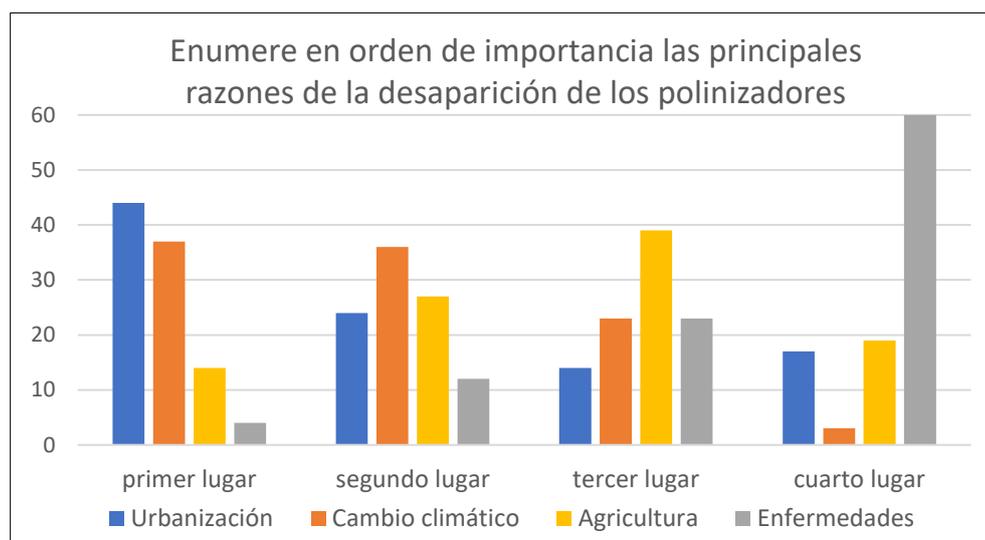


Figura 19. Resultados en porcentaje del total general sobre los elementos que están en peligro si llegaran a desaparecer las abejas.

Cerrando este apartado está la pregunta más elaborada e interesante de las analizadas, aquella en la que se ha obtenido un diagrama que expresa el orden de importancia general obtenido respecto a las causas principales del declive de polinizadores, siendo los resultados: 1º- urbanización, 2º- cambio climático, seguido de 3º- agricultura moderna, y 4º- enfermedades por haber sido la elegida con más frecuencia en último lugar (*Figura 20*).



*Figura 20. Resultados obtenidos sobre el orden de importancia de las cuatro causas principales del declive de polinizadores.*

Como se ha tratado anteriormente, es cierto que las tres primeras son las que más preocupan actualmente, por ello han sido foco de gran parte de este trabajo. Sin embargo, y aunque es cierto que la urbanización y la agricultura causan ambas fragmentación y destrucción del hábitat, la agricultura intensiva tiene como añadido una gran degradación del paisaje por uso de cantidades elevadas de pesticidas, por lo que está considerada la causa más preocupante a corto plazo. Lo más destacable entonces es quizás el segundo puesto otorgado al cambio climático, que si bien es de gran preocupación y probablemente lo sea aún más a futuro por el ritmo al que avanza, se ha considerado más relevante que las actuales prácticas agrícolas. Esto es quizás debido al despliegue mediático que origina desde hace bastante tiempo el calentamiento global, y por tanto a la preocupación generalizada que cada vez se instala más en la población.

## 6. MEDIDAS DE CONSERVACIÓN Y RECUPERACIÓN DE POLINIZADORES

Desde hace varios años se han ido incrementando los recursos económicos y políticos para frenar tanto la desaparición de los polinizadores como los efectos que está provocando este hecho, principalmente por los daños que provoca sobre la calidad de vida humana y por el continuo aumento de recursos polinizadores que requiere actualmente la sociedad (*Dicks et al., 2021*). El plan de acción más destacable es la Coalición Internacional para la Conservación y Uso Sostenible de Polinizadores, adoptado durante la 13ª conferencia de la Convención de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas en 2016 (*CBD, 2016*). En España se aprobó una estrategia nacional para la conservación de polinizadores en 2020 en consonancia con lo acordado en la Convención de Diversidad Biológica y en el marco de la Iniciativa de la Unión Europea sobre polinizadores (*MITECO, 2020*).

En paralelo a las actuaciones gubernamentales, se debe llevar a cabo un adecuado trabajo de divulgación a la sociedad y una correcta formación de futuros profesionales. Como ha quedado reflejado en el estudio realizado en este trabajo, hay una falta de conocimiento específico de polinización entre los alumnos que se debe subsanar. Además de la divulgación, algunas acciones recomendadas para la conservación de polinizadores son:

- Promover hábitats favorables para los polinizadores: para paliar los efectos de las principales causas del declive de polinizadores (pérdida y fragmentación del hábitat), la Política Agrícola Común recoge varias iniciativas para la conservación del hábitat (*MITECO, 2020*). Destaca el uso de un amplio rango de plantas, especialmente en los cultivos, que florezcan en distintas etapas para asegurar el abastecimiento de néctar y polen a lo largo de las estaciones (*Dar et al., 2017*).
- Reducir el riesgo por uso de productos fitosanitarios: evitando y disminuyendo el uso de pesticidas perjudiciales para polinizadores, tanto domésticos como silvestres. La agricultura ecológica resulta una herramienta muy útil para llevar a cabo esta acción, así como una correcta monitorización periódica del terreno y cultivos para evitar contaminación (*MITECO, 2020*).

- Apoyar la investigación: se debe siempre promover cualquier avance en conocimiento acerca de polinizadores para un correcto manejo y conservación de estos. Se aconseja además continuar con la investigación acerca de las causas del declive de polinizadores (MITECO, 2020).
- Implementar la construcción de “hoteles para abejas”: proveer un sitio de anidación para abejas solitarias es una gran estrategia para su conservación. Se debe utilizar un material adecuado que recree las condiciones naturales, como madera o bambú. Además, debe construirse de manera que el sol y la lluvia no causen daños a los individuos. Mediante la construcción de un bloque con hendiduras circulares (**Figura 21**) con solo una vía de entrada se provee un lugar seguro que reduce la exposición a patógenos e incrementa la supervivencia de las poblaciones de abejas silvestres (Dar et al., 2017).

Mediante estas y otras medidas se espera, al menos, disminuir el avance del declive de los polinizadores. Los polinizadores resultan vitales para el mantenimiento de la biodiversidad global, y esenciales para la vida humana. Además de su contribución a la agricultura, las plantas polinizadas por animales contribuyen a la producción de medicinas, materiales de construcción, fibras, etc. (Potts et al., 2016). Por tanto, el declive de los polinizadores debe ser tomado con seriedad de manera global para poder elaborar estrategias coordinadas de conservación.



Figura 21. Hotel o refugio para abejas construido en Almería (España). Foto realizada por Montserrat Arista Palmero.

## 7. CONCLUSIONES

La polinización biótica es un proceso realmente complejo entre plantas y vectores animales, y no resulta gratuito para ninguna de las partes implicadas en el proceso ya que es una interacción mutualista que requiere un gasto de energía elevado. Esta interacción, destinada a satisfacer principalmente las necesidades reproductivas y alimenticias de plantas y animales respectivamente, tiene un efecto muy relevante en nuestra vida cotidiana. Por ello es igualmente importante recordar la importancia de mantener el equilibrio entre el uso de la polinización como un servicio ecosistémico y el correcto mantenimiento de las comunidades de polinizadores. Desde hace varios años se ha dejado de considerar la polinización como un recurso gratuito e ilimitado precisamente a causa de las diversas pruebas encontradas en varias investigaciones que han puesto de manifiesto tanto el declive de los polinizadores como sus causas y consecuencia. Aun así, el declive continúa a un gran ritmo y se debe tener muy en cuenta la gran importancia que tiene su mitigación (*Kluser y Peduzzi, 2007*).

Las principales causas del declive de polinizadores son de origen antrópico, por lo que es nuestra responsabilidad determinar de manera precisa los grupos de polinizadores que se encuentran bajo mayor amenaza, así como aumentar los conocimientos sobre ellos para el correcto manejo de estos. En este trabajo se ha puesto de manifiesto la necesidad de incrementar los conocimientos impartidos sobre polinizadores en el ámbito educativo, concretamente en aquel relacionado directamente con un futuro profesional ligado al uso de polinizadores. Los profesionales formados como biólogos, y cualquier otro ámbito relacionado, tienen el deber de divulgar información acerca de esta delicada situación, así como de adquirir el compromiso para tomar acciones, ya que poseen el conocimiento y la habilidad para ello.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Abrol, D. P. (2012). *Pollination biology: biodiversity conservation and agricultural production* (p. 792). Springer.
- Ashman, T. L., y King, E. A. (2005). *Are flower-visiting ants mutualists or antagonists? A study in a gynodioecious wild strawberry*. American Journal of Botany, 92(5), 891-895.
- Bartomeus, I., Stavert, J. R., Ward, D., y Aguado, O. (2019). *Historical collections as a tool for assessing the global pollination crisis*. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 374(1763), 20170389.
- Battino, M., Forbes-Hernández, T. Y., Gasparri, M., Afrin, S., Cianciosi, D., Zhang, J., ... y Giampieri, F. (2019). *Relevance of functional foods in the Mediterranean diet: The role of olive oil, berries and honey in the prevention of cancer and cardiovascular diseases*. Critical reviews in food science and nutrition, 59(6), 893-920.
- Beattie, A. J., Turnbull, C., Knox, R. B., y Williams, E. G. (1984). *Ant inhibition of pollen function: a possible reason why ant pollination is rare*. American journal of Botany, 71(3), 421-426.
- Bohman, B., Flematti, G. R., Barrow, R. A., Pichersky, E., y Peakall, R. (2016). *Pollination by sexual deception—it takes chemistry to work*. Current Opinion in Plant Biology, 32, 37-46.
- Bonilla, M. A. (2012). *El servicio ecosistémico de polinización prestado por las abejas*. En Nates, P. G. (Ed.), Iniciativa Colombiana de Polinizadores-Abejas-ICPA, (p. 41-58). Universidad Nacional de Colombia.
- Botías, C., y Sánchez-Bayo, F. (2018). *Papel de los plaguicidas en la pérdida de polinizadores*. Ecosistemas, 27(2), 34-41.
- Brown, G. R., y Phillips, R. D. (2014). *A review of the diet of flower wasps (Hymenoptera: Thynnidae: Thynninae)*. Northern Territory Naturalist, 25, 50-63.

- Cane, J. H. (2016). *Adult pollen diet essential for egg maturation by a solitary Osmia bee*. *Journal of insect physiology*, 95, 105-109.
- Cane, J. H., y Sipes, S. (2006). *Characterizing floral specialization by bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty*. En Waser, N. M., y Ollerton, J. (Eds.), *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*, (p. 99-122). University of Chicago Press.
- Cane, J. H., Minckley, R. L., Kervin, L. J., Roulston, T. A. H., y Williams, N. M. (2006). *Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation*. *Ecological applications*, 16(2), 632-644.
- CBD. (2016). *REPORT OF THE CONFERENCE OF THE PARTIES TO THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY ON ITS THIRTEENTH MEETING*. México. En: <https://www.cbd.int/conferences/2016/cop-13/documents>
- Cook, J. M., y West, S. A. (2005). *Figs and fig wasps*. *Current Biology*, 15(24), R978-R980.
- Courtney, G. W., Pape, T., Skevington, J. H., y Sinclair, B. J. (2017). *Biodiversity of Diptera*. *Insect biodiversity: science and society*, 1, 229-278.
- Cronk, Q., y Ojeda, I. (2008). *Bird-pollinated flowers in an evolutionary and molecular context*. *Journal of experimental botany*, 59(4), 715-727.
- Dar, S. A., Lone, G. M., Parey, S. H., Hassan, G. I., y Rather, B. A. (2017). *Insect pollinators and their conservation*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1121-1131.
- de Vega, C., Arista, M., Ortiz, P. L., Herrera, C. M., y Talavera, S. (2009). *The ant-pollination system of Cytinus hypocistis (Cytinaceae), a Mediterranean root holoparasite*. *Annals of Botany*, 103(7), 1065-1075.

- Dicks, L. V., Breeze, T. D., Ngo, H. T., Senapathi, D., An, J., Aizen, M. A., ... y Potts, S. G. (2021). *A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline*. *Nature Ecology & Evolution*, 5(10), 1453-1461.
- Donoso, I., Stefanescu, C., Martínez-Abraín, A., y Traveset, A. (2016). *Phenological asynchrony in plant–butterfly interactions associated with climate: a community-wide perspective*. *Oikos*, 125(10), 1434-1444.
- Epps, M. J., Allison, S. E., y Wolfe, L. M. (2015). *Reproduction in flame azalea (*Rhododendron calendulaceum*, *Ericaceae*): a rare case of insect wing pollination*. *The American Naturalist*, 186(2), 294-301.
- FAO. (2021). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura - Sistemas al límite*. Informe de síntesis 2021. Roma. En: <https://doi.org/10.4060/cb7654es>
- Fleming, T. H., Geiselman, C., y Kress, W. J. (2009). *The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective*. *Annals of botany*, 104(6), 1017-1043.
- García, G. M., Ríos, O. L. A., y Álvarez, C. J. (2016). *La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura*. *Idesia (Arica)*, 34(3), 53-68.
- Gayubo, S. F., y Pujade, J. (2015). *Orden Hymenoptera*. *Revista IDE@*, 59, 1-36.
- Hadley, A. S., y Betts, M. G. (2012). *The effects of landscape fragmentation on pollination dynamics: absence of evidence not evidence of absence*. *Biological Reviews*, 87(3), 526-544.
- Igic, B., y Busch, J. W. (2013). *Is self-fertilization an evolutionary dead end?*. *New Phytologist*, 198(2), 386-397.
- Kerr, J. T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S. G., Roberts, S. M., ... y Pantoja, A. (2015). *Climate change impacts on bumblebees converge across continents*. *Science*, 349(6244), 177-180.

- Khalifa, S. A., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., El-Wahed, A. A. A., Algethami, A. F., Musharraf, S. G., ... y El-Seedi, H. R. (2021). *Overview of bee pollination and its economic value for crop production*. *Insects*, 12(8), 688.
- Kluser, S., y Peduzzi, P. (2007). *Global pollinator decline: a literature review*. En: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:32258>
- Krauss, S. L., Phillips, R. D., Karron, J. D., Johnson, S. D., Roberts, D. G., y Hopper, S. D. (2017). *Novel consequences of bird pollination for plant mating*. *Trends in Plant Science*, 22(5), 395-410.
- Krenn, H. W., Plant, J. D., y Szucsich, N. U. (2005). *Mouthparts of flower-visiting insects*. *Arthropod Structure & Development*, 34(1), 1-40.
- Kunz, T. H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T., y Fleming, T. H. (2011). *Ecosystem services provided by bats*. *Annals of the New York academy of sciences*, 1223(1), 1-38.
- Lázaro, A., y Tur, C. (2018). *Los cambios de uso del suelo como responsables del declive de polinizadores*. *Ecosistemas*, 27(2), 23-33.
- 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.
- MITECO. (2020). *Estrategia Nacional para la Conservación de los Polinizadores*. España. En: [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/fauna\\_flora\\_estrategias\\_polinizadores.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/fauna_flora_estrategias_polinizadores.aspx)
- Nieto, A. (2014). *European Red List of bees*. International Union for Conservation of Nature. Consultado en: <https://policycommons.net/artifacts/1374072/european-red-list-of-bees/1988308/> el 05 de mayo de 2022.
- Nilsson, L. A. (1998). *Deep flowers for long tongues: reply from LA Nilsson*. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(12), 509.
- Obeso, J. R., y Herrera, J. M. (2018). *Polinizadores y cambio climático*. *Ecosistemas*, 27(2), 52-59.

- Ortiz-Sánchez, F. J., 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.
- Pellmyr, O., Thompson, J. N., Brown, J. M., y Harrison, R. G. (1996). *Evolution of pollination and mutualism in the yucca moth lineage*. *The American Naturalist*, 148(5), 827-847.
- Peña, J. E., Nadel, H., Barbosa-Pereira, M., y Smith, D. (2002). *Pollinators and pests of Annona species*. En Peña, J. E., Sharp, J. L. y Wysoki, M. (Eds.), *Tropical fruit pests and pollinators: biology, economic importance, natural enemies and control*, (p. 199-221). CAB International.
- Pettis, J. S., Lichtenberg, E. M., Andree, M., Stitzinger, J., y Rose, R. (2013). *Crop pollination exposes honey bees to pesticides which alters their susceptibility to the gut pathogen Nosema ceranae*. *PloS one*, 8(7), e70182.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., y Kunin, W. E. (2010). *Global pollinator declines: trends, impacts and drivers*. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., ... y Vanbergen, A. J. (2016). *Safeguarding pollinators and their values to human well-being*. *Nature*, 540(7632), 220-229.
- Reddi, C. S., y Bai, G. M. (1984). *Butterflies and pollination biology*. *Proceedings: Animal Sciences*, 93(4), 391-396.
- Rhodes, C. J. (2018). *Pollinator decline—an ecological calamity in the making?*. *Science Progress*, 101(2), 121-160.
- Sala, O. E., Stuart, F. C., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., ... y Wall, D. H. (2000). *Global biodiversity scenarios for the year 2100*. *Science*, 287(5459), 1770-1774.

- Simón-Porcar, V. I., Abdelaziz, M., y Arroyo, J. (2018). *El papel de los polinizadores en la evolución floral: una perspectiva mediterránea*. *Ecosistemas*, 27(2), 70-80.
- Stefanescu, C., Asís, J. D., Baños-Picón, L., Cerdà, X., García, M. A. M., Micó, E., ... y Tormos, J. (2018). *Diversidad de insectos polinizadores en la península ibérica*. *Ecosistemas*, 27(2), 9-22.
- Sunday, J. M., Bates, A. E., y Dulvy, N. K. (2012). *Thermal tolerance and the global redistribution of animals*. *Nature Climate Change*, 2(9), 686-690.
- Thomann, M., Imbert, E., Devaux, C., y Cheptou, P. O. (2013). *Flowering plants under global pollinator decline*. *Trends in plant science*, 18(7), 353-359.
- Vallejo-Marín, M. (2019). *Buzz pollination: studying bee vibrations on flowers*. *New Phytologist*, 224(3), 1068-1074.
- Wardhaugh, C. W. (2015). *How many species of arthropods visit flowers?*. *Arthropod-Plant Interactions*, 9(6), 547-565.
- Wasserthal, L. T. (2011). *Evolution of long-tongued hawkmoths and pollination of long-spurred Angraecum orchids*. En *Proceedings 20th World Orchid Conference*, Singapur (pp. 280-284).
- Wiklund, C., Eriksson, T., y Lundberg, H. (1982). *On the Pollination Efficiency of Butterflies: A Reply to Courtney et al.* *Oikos*, 38(2), 263–263.
- Winfree, R., Bartomeus, I., y Cariveau, D. P. (2011). *Native pollinators in anthropogenic habitats*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 1-22.