



LIFE 4 POLLINATORS

IMPLICAR A LA GENTE PARA PROTEGER A LAS ABEJAS SILVESTRES Y OTROS
POLINIZADORES EN EL MEDITERRÁNEO



**MANUAL PARA
GESTORES DE PARQUES
NATURALES Y ÁREAS
PROTEGIDAS**



LIFE 4 POLLINATORS
MANUAL PARA GESTORES DE PARQUES NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS



CRÉDITOS

Este manual ha sido elaborado durante la implementación del **LIFE18 GIE/IT/000755** cofinanciado por el Programa LIFE de la Unión Europea.

Autores y colaboradores:

Marta Galloni; Marta Barberis; Giovanna Dante – BiGeA, Alma Mater Studiorum - Universidad de Bolonia

Umberto Mossetti; Chiara Zagni – SMA, Alma Mater Studiorum - Universidad de Bolonia

Fabio Sgolastra; Martina Parrilli – DISTAL, Alma Mater Studiorum - Universidad de Bolonia

Laura Bortolotti; Marino Quaranta – CREA-AA

Theodora Petanidou; Jelle Devalez; Athanasia Chroni – University of the Aegean

Luis Navarro; José Maria Sanchez – Universidad de Vigo

Anna Traveset; Rafel Beltran Mas – Instituto Mediterraneo De Estudios Avanzados, IMEDEA-UIB-CSIC

Dibujos:

Marta Barberis – Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Xavier Canyelles Ferrà – Instituto Mediterraneo De Estudios Avanzados, IMEDEA- CSIC

Gráficos y edición: Elise Maria Keller – BiGeA, Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Traducción: Helen Ampt

Coordinador beneficiario: Alma Mater Studiorum - Universidad de Bolonia

Bolonia, Italia



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA







ÍNDICE

7	.....INTRODUCCIÓN A LA POLINIZACIÓN Y LOS POLINIZADORES
7	.....¿QUÉ ES LA POLINIZACIÓN?
8	.....¿POR QUÉ LOS POLINIZADORES VISITAN FLORES?
9	.....COMPRIENDIENDO LA CONTRIBUCIÓN DE LOS POLINIZADORES
9	.....HÁBITOS DE VIDA
10	.....¿CUÁLES SON LOS PRINCIPALES GRUPOS DE INSECTOS POLINIZADORES?
10	..... HIMENÓPTEROS
14	..... DÍPTEROS
15	..... LEPIDÓPTEROS
16	..... COLEÓPTEROS
17	.....EL MIEDO A LAS PICADURAS
19	.....JARDINERÍA URBANA
19	.....OBJETIVO
19	.....MARCO NORMATIVO
20	.....¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LAS ZONAS VERDES EN EL CONTEXTO URBANO?
20	.....DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN BOLÓNIA (ITÁLIA)
21	.....LOS DIVERSOS TIPOS DE ESPACIOS VERDES URBANOS
21	.....ÁREAS VERDES PRIVADAS
22	.....PARQUES URBANOS
22	.....JARDINES HISTÓRICOS
22	.....ZONAS VERDES AUTOGESTIONADAS POR EL BARRIO
22	.....VIALES CON ZONAS VERDES
22	.....GESTIÓN DE LAS ZONAS VERDES URBANAS
24	.....CARTELES INFORMATIVOS
26	.....HOTEL DE INSECTOS
27	.....INVOLUCRANDO A ESCOLARES EN LA CREACIÓN DE JARDINES DE POLINIZADORES
28	.....UN CASO ESPECIAL: LOS TALUDES DE LAS CARRETERAS
29	.....CONTAMINACIÓN LUMÍNICA
31	.....APICULTURA URBANA
33	.....INDICACIONES PARA LAS AUTORIDADES LOCALES
34	.....REFERENCIAS
35	.....LISTA DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS A EVITAR EN LA PLANIFICACIÓN URBANÍSTICA





INTRODUCCIÓN A LA POLINIZACIÓN Y LOS POLINIZADORES

Las plantas y los animales están relacionados de muchas formas, una de ellas es la polinización.



1. ALOGAMIA

Fertilización cruzada después de la polinización entre plantas genéticamente distintas

2. AUTOGAMIA/GEITONOGAMIA

Autofecundación después de la polinización dentro de una flor hermafrodita o entre flores de la misma planta

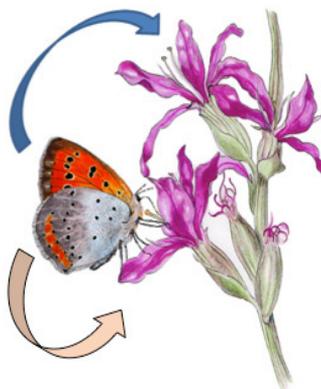


Illustration by Marta Barberis

¿QUÉ ES LA POLINIZACIÓN?

La polinización es fundamental para la reproducción sexual de las plantas con flores (angiospermas). Implica la transferencia de polen (que contiene los gametos masculinos/material genético) de las anteras (parte de la flor masculina) al estigma (parte femenina) de las flores. La transferencia puede ocurrir en la misma flor o entre flores diferentes (tanto de la misma planta como de diferentes plantas). Una vez que el polen llega al estigma puede germinar, iniciando el posterior proceso de fertilización, que finaliza con el desarrollo de semillas y la fructificación.

Muchas plantas requieren un „servicio“ de polinización, es decir, un vector que transfiera el polen de una flor a otra. En algunos casos, el polen es transportado por el viento (anemofilia), y más raramente por el agua (hidrofilia), pero para aproximadamente el 90% de las plantas con flor conocidas, los vectores que transfieren el polen son animales (zoofilia).

La polinización por animales implica una asociación entre plantas y polinizadores, una asociación que determina su coevolución. Es por esto que la rápida diversificación de las angiospermas, desde su aparición en la Tierra hace 135 millones de años y que condujo a su



gran diversidad actual (unas 300.000 especies estimadas), dependió en gran medida de su coevolución con los polinizadores.

En todo el mundo, los polinizadores principales y más eficaces son los insectos: abejas y avispa (himenópteros), moscas (dípteros), escarabajos (coleópteros), mariposas y polillas (lepidópteros), así como ciertos insectos (hemípteros). Las abejas silvestres y los sírfidos (un tipo de moscas) desempeñan un papel especial. Además de los insectos, diferentes especies de vertebrados y otros invertebrados también pueden actuar como polinizadores: aves, mamíferos (incluidos los murciélagos), caracoles e incluso reptiles (lagartijas, gecos o salamandras y esquizos).

¿POR QUÉ LOS POLINIZADORES VISITAN FLORES?

Todos los animales polinizadores se sienten atraídos por las flores, donde a menudo encuentran una „recompensa“ en forma de comida, que puede ser tanto néctar como polen. A medida que el polinizador recolecta la recompensa, el polen se adhiere a su cuerpo e involuntariamente transporta y deposita el polen en otras flores. Se trata de un intercambio de bienes y servicios en toda regla entre dos organismos que, por tanto, son mutuamente dependientes.

Además de ser indispensable para la vida, la polinización también es un servicio ecosistémico de enorme importancia para los seres humanos, ya que la agricultura y la producción de alimentos dependen directamente de este proceso natural. Hasta el 75% de los 111 principales cultivos mundiales dependen de la polinización por insectos. Gallai y colaboradores (2009) estimaron el impacto económico mundial de este servicio de los ecosistemas en el año 2005 en 153 000 millones de euros anuales a escala mundial y 15 000 millones de euros anuales en Europa (iniciativa de los polinizadores de la UE). Cultivos como sandías, calabazas, melones, almendras y cerezas dependen de la polinización de insectos hasta en un 90% de la producción.

Desde finales del siglo XX, ha habido una disminución de las poblaciones de insectos polinizadores en todo el mundo. La pérdida de hábitat, el cambio de uso de la tierra, la agricultura intensiva, el uso de pesticidas y herbicidas, la introducción de especies invasoras y el cambio climático son las principales causas de esta pérdida. La Lista Roja Europea de la UICN revela que las poblaciones del 37% de las especies de abejas y del 31% de las especies de mariposas están disminuyendo, y que el 9% de las abejas silvestres están en peligro de

¹ Potts, S.G., Dauber, J., Hochkirch, A., Oteman, B., Roy, D.B., Ahrné, K., Biesmeijer, K., Breeze, T.D., Carvell, C., Ferreira, C., FitzPatrick, Ú., Isaac, N.J.B., Kuussaari, M., Ljubomirov, T., Maes, J., Ngo, H., Pardo, A., Polce, C., Quaranta, M., Settele, J., Sorg, M., Stefanescu, C., Vujčić, A., Proposal for an EU Pollinator Monitoring Scheme, EUR 30416 EN, Publications Office of the European Union, Ipsra, 2021, ISBN 978-92-76-23859-1, doi:10.2760/881843, JRC122225.



extinción (Propuesta Para un Plan de Seguimiento de Polinizadores de la UE: Potts et al. 2021). Sin embargo, el aspecto más preocupante es que aún se desconoce el estado de conservación de la mayoría de los polinizadores, especialmente en la extremadamente diversa Región del Mediterráneo.

COMPRENDER LA CONTRIBUCIÓN DE LOS POLINIZADORES

Hoy nos enfrentamos a una disminución alarmante de polinizadores y las medidas de conservación son necesarias para contrarrestar esta disminución. Sin embargo, este esfuerzo no se puede realizar a menos que las personas estén debidamente informadas sobre la importancia de los polinizadores y las consecuencias de la pérdida de biodiversidad. Encuestas de opinión recientes muestran que gran parte de los actores del sector agroalimentario desconocen la importancia de los polinizadores silvestres y desconocen las causas de su declive. Aparentemente, no comprenden el gran riesgo que representa la agricultura intensiva y el uso de plaguicidas y subestiman la importancia de administrar los hábitats de una manera amigable para los polinizadores. Por otro lado, los ciudadanos europeos se preocupan cada vez más por la seguridad alimentaria y la sostenibilidad medioambiental. Una creciente conciencia social por la naturaleza y el aprecio por las actividades al aire libre significa que más personas están interactuando con las flores y sus visitantes. ¿Quizás una mejor comprensión del papel que juegan los polinizadores pueda provenir de la experiencia directa?

A continuación, se presenta una breve guía de los insectos polinizadores mediterráneos que uno puede encontrar en un paseo por el campo, un jardín o un parque. Se presentan con una descripción general basada en el orden taxonómico o la familia (ver el siguiente cuadro sobre categorías taxonómicas) y notas sobre la biología de las especies más emblemáticas o carismáticas.

CLASE Insecta									
ORDEN Hymenoptera									
FAMILIA Apidae									
GÉNERO <i>Bombus</i>									
ESPECIE <i>Bombus terrestris</i>									



HÁBITOS DE VIDA

Si nuestro objetivo es proteger a los polinizadores y el servicio de los ecosistemas que prestan, tenemos que entender su ciclo de vida, no sólo su relación con las flores. A pesar de que la visita a las flores es lo que hace efectiva la polinización y condiciona la producción de frutos y semillas, todos los visitantes florales necesitan condiciones particulares para nidificar y para alimentar a su descendencia, de forma que continúen estando presentes en la naturaleza.

Los insectos polinizadores, especialmente las abejas, se pueden distinguir en función de su organización social. Las abejas sociales, como las abejas de la miel, los abejorros y algunas abejas silvestres, forman colonias con muchos individuos y crían muchas larvas al mismo tiempo. Estos insectos tienen que coleccionar recursos de forma masiva, como el polen y el néctar, por lo cual la disponibilidad de flores es importante para el crecimiento y la salud de sus colonias. Hoy en día, casi todas las abejas melíferas son domesticadas por los apicultores, que proporcionan condiciones de nidificación con colmenas artificiales, pero también es posible encontrar colonias silvestres de abejas melíferas (al igual que nidos de las avispa comunes) escondidas en agujeros de árboles, entre rendijas de paredes y muros, y a veces dentro de las chimeneas de las casas. Otros insectos como los abejorros, en cambio, pueden reutilizar agujeros en la tierra hechos por pequeños mamíferos para hacer ahí el nido.

Como sus compañeras sociales, las abejas silvestres también dependen del polen y del néctar para su alimentación y la de sus larvas. Especialmente en el Mediterráneo, las abejas silvestres constituyen la mayor parte de la diversidad de las abejas, a pesar de que tienen poblaciones que no son comparables a las de abejas melíferas. Las abejas silvestres son principalmente solitarias, la mayoría de ellas viven en túneles subterráneos excavados en el suelo desnudo, a lo largo de caminos en el campo o en jardines urbanos. Las entradas de los nidos son bastante sencillas, tales como simples agujeros en la tierra. A veces, aunque sean solitarias, muchas hembras se agrupan y nidifican una cerca de la otra. Otras abejas solitarias construyen sus nidos utilizando cavidades existentes en ramas o cañas. Las especies que nidifican en tierra y que hacen los nidos con ramitas y material vegetal dedican buena parte de su tiempo a las actividades de nidificación, limpiando y preparando las celdas para sus larvas. Su actividad consiste tanto a recoger polen para las larvas como construir el nido. Muchas abejas silvestres son especialistas y visitan una o algunas especies vegetales; por lo tanto, la variedad de flores disponibles en una zona es muy importante.

Las moscas, las mariposas y polillas y los escarabajos no construyen hogares específicos para

¹ Ngo, H., Pardo, A., Polce, C., Quaranta, M., Settele, J., Sorg, M., Stefanescu, C., Vujić, A., Proposal for an EU Pollinator Monitoring Scheme, EUR 30416 EN, Publications Office of the European Union, Ispra, 2021, ISBN 978-92-76-23859-1, doi:10.2760/881843, JRC122225.



sus larvas; sin embargo, suelen necesitar determinadas especies de plantas donde depositar sus huevos. Por lo general, los huevos los colocan en el envés de las hojas, eligiendo plantas que serán después el alimento de las orugas recién nacidas

¿CUÁLES SON LOS PRINCIPALES GRUPOS DE INSECTOS POLINIZADORES?

HIMENÓPTEROS

Se trata de un amplio orden que incluye a las conocidas abejas, avispas y hormigas. Estas últimas, aunque a veces visitan las flores en busca de néctar, suelen considerarse polinizadoras poco eficientes, ya que el polen no sobrevive fácilmente en sus cuerpos.

Abejas

Las abejas son el mayor grupo de polinizadores y uno de los más importantes. Todo el alimento que necesitan procede de las flores: el néctar, especialmente rico en azúcares, sustenta la actividad diaria de las hembras mientras que el polen, rico en proteínas, alimenta a las larvas. Por ello, el cuerpo de las abejas, cubierto de pelos, está diseñado para atrapar la mayor cantidad de polen posible. Existen estructuras precisamente evolucionadas para la recolección del polen, y la visita a las flores es la principal actividad de las abejas. Las abejas recogen el polen para criar su progenitura, pero una parte del polen sigue estando disponible para ser compartido entre las flores. La constancia de las abejas en visitar el mismo tipo de flores, descrita por primera vez por Aristóteles, aumenta la posibilidad de éxito en la producción de semillas. Las abejas son constantes durante la búsqueda de alimento en un espacio de tiempo determinado, por lo que casi siempre pueden considerarse buenas polinizadoras. Además, las grandes colonias de abejas sociales producen muchos individuos, multiplicando el número de polinizadores efectivos en una zona. Una misma especie de abeja puede visitar numerosas especies de plantas, pero también hay abejas especialistas, que visitan una o muy pocas plantas. A pesar de sus preferencias de forrajeo, ambas parecen igualmente sensibles a la fragmentación del hábitat y es necesario preservar la importante labor que realizan.

Las especies de abejas europeas pueden dividirse en dos grupos principales y en seis familias: abejas de lengua larga, de las familias Apidae y Megachilidae, y abejas de lengua corta, de las familias Andrenidae, Colletidae, Halictidae y Melittidae. Las abejas están presentes en todos los hábitats terrestres de Europa, con la mayor variedad de especies en el sur de Europa, concretamente en la región de clima mediterráneo.



Mientras que en todo el mundo hay unas 20.000 especies de abejas, en Europa los estudios más recientes hablan de unas 2.051 especies, la mayoría de ellas en la región mediterránea. En la familia Apidae se puede encontrar una gran variedad de tamaños, formas y colores. Hay unos 30 géneros y más de 550 especies en Europa. Es la familia de abejas más diversa, que incluye a la abeja melífera (*Apis mellifera*) y a los abejorros (*Bombus*). Son especies sociales muy conocidas, utilizadas y criadas para la polinización de los cultivos. Algunos se parecen a los abejorros, por ejemplo, especies de los géneros *Anthophora*, *Amegilla*, *Habropoda* y *Eucera*, casi todos generalistas. Otro grupo de especies sociales y solitarias que nidifican son los géneros *Ceratina* y *Xylocopa*. Estas abejas carpinteras nidifican en cavidades naturales en los troncos y otros materiales vegetales. Esta familia también incluye muchas abejas cleptoparásitas (por ejemplo, *Nomada*, *Melecta*, *Thyreus*, *Epeolus*, *Pasites*), comúnmente llamadas „abejas cuco“, que, como el pájaro cuco, ponen sus huevos en los nidos de otras abejas.

Las especies de la familia Halictidae son, en primavera, las más comunes en muchas flores y margaritas de los campos, y muchas de ellas, del género *Lasioglossum*, se asemejan a las hormigas en forma y tamaño, negras y casi sin pelo. Halictus es otro género de esta familia. Son más grandes y tienen bandas anchas en el abdomen y, junto con las abejas melíferas, los abejorros y las abejas carpinteras, forman colonias sociales de nidificación. Las hembras de los géneros *Halictus* y *Lasioglossum* muestran un surco en la punta del abdomen, que es fácil de ver con un buen objetivo y a contra luz mientras hunden la cabeza en la flor para succionar el néctar. Otros géneros, menos comunes, pero de igual importancia, están constituidos por especies solitarias que carecen del surco en la punta del abdomen. Estas especies van desde las abejas mayoritariamente amarillas y metálicas, de pocos milímetros de los géneros *Ceylalictus* y *Nomioides* hasta las del tamaño de una abeja melífera del género *Pseudapis*. Algunas son cleptoparásitas y otras están muy especializadas en sus preferencias de polen. El género *Sphecodes* está representado por las características abejas cuco negras y rojas. Otros géneros, como *Dufourea*, *Rophites* y *Systropha*, constan de pocas especies especializadas y que son poco frecuentes.

La gran familia Andrenidae incluye abejas de una gran variedad de tamaños, desde muy pequeñas hasta medianas y grandes, la mayoría pertenecientes al género *Andrena*. Las hembras anidan en túneles profundos en el suelo, solas o en grupos comunales. Esto les otorga el nombre de “abejas mineras”. En la región mediterránea, los andrenidos se encuentran entre las abejas solitarias más frecuentes en primavera y principios de verano. Muchas especies tienen un período corto de actividad y, por lo tanto, se especializan en las flores de una familia o género de plantas. Además de *Andrena*, la familia incluye los géneros *Melitturga*, con ojos grandes, un rasgo que los hace parecer moscas, y *Panurgus*, pequeñas



abejas negras sin pelo que se encuentran casi exclusivamente en flores amarillas parecidas a las margaritas.

La familia *Melittidae* incluye abejas muy especializadas. Anidan en el suelo y se encuentran en un número limitado de hábitats. Los individuos del género *Dasypoda* pueden verse en hábitats arenosos secos, transportando grandes masas de polen adheridas a sus peludas patas traseras. El polen se recolecta de flores parecidas a margaritas. Las abejas de los géneros *Melitta* y *Macropis* se encuentran típicamente en hábitats de marismas o a lo largo de arroyos donde se especializan en la recolección de polen de flores. Los individuos de *Macropis* visitan las flores de *Lysimachia* para recolectar aceites vegetales.

La familia *Megachilidae* incluye especies conocidas como constructoras de nidos, principalmente sobre el suelo en cavidades preexistentes y con menos frecuencia bajo tierra. Utilizan diversos materiales (como fibras vegetales, hojas, resinas, arena y barro) para revocar las paredes de sus nidos. Estas actividades les dan nombres como “abeja albañil” (*Osmia*), “abeja cortadora de hojas” (*Megachile*) y “abeja cardadora de lana” (*Anthidium*). ¡Los nidos hechos con pétalos de flores de colores (o incluso bolsas de plástico) no son inusuales! Los miembros de esta familia también son conocidos por anidar en huecos en objetos que van desde conchas de caracoles hasta los orificios de las puertas. Las hembras son fácilmente detectadas por el polen que llevan en su escopa, una capa gruesa de pelos en la parte ventral del abdomen. Visitan muchas especies de plantas, pero algunas pueden ser especialistas. Las especies de *Osmia* y *Megachile* se utilizan cada vez más para polinizar cultivos frutales específicos, como manzanas y trébol o cultivos forrajeros, como alfalfa. Por el contrario, los géneros *Coelioxys* y *Dioxys* incluyen especies de abejas cuco que atacan los nidos de *Anthophora* y otros megachilidos.

Cuando hablamos de “abejas silvestres” nos referimos a todas aquellas especies que no han sido domesticadas por los humanos. A menudo, debido al desconocimiento, cuando se habla de abejas se piensa sobre todo en la conocida abeja de la miel, pasando desapercibida toda la gran diversidad de abejas que viven de manera silvestre. La región mediterránea es muy diversa en abejas silvestres.



Avispas

Las avispas son un grupo diverso de insectos con diferentes formas de vida. Algunas son eusociales y viven en colonias, pero la mayoría son especies solitarias. También hay avispas parásitas que ponen sus huevos en otros insectos (huéspedes) causándoles la muerte, y avispas cleptoparásitas que ponen sus huevos en el nido de otras avispas o abejas y utilizan los recursos almacenados por el huésped para alimentar a sus larvas. Existen muchas familias y subgrupos de avispas en todo el mundo. En la región mediterránea, las más importantes son las avispas cuco (*Chrysididae*), las avispas araña (*Pompilidae*), *Scoliidae*, *Sphecidae*, los icneumonídeos (*Ichneumonidae*) y los véspidos (*Vespidae*).

Muchas avispas se alimentan de polen y néctar durante su etapa adulta, por lo que también son visitantes frecuentes de las flores. A diferencia de las abejas, las avispas no están cubiertas de pelo y no tienen estructuras especializadas para el transporte de polen. Por lo tanto, es menos probable que el polen se adhiera a su cuerpo cuando visitan las flores, y generalmente son polinizadores menos eficientes que las abejas. Sin embargo, hay excepciones, como las avispas de la higuera, que son polinizadores extremadamente especializados. Están presentes en casi todos los hábitats de la región mediterránea y suelen preferir los lugares soleados. Nidifican en pequeños agujeros de árboles, muros, ruinas o montículos de vegetación. Algunas especies también nidifican en el suelo, en el barro o en la arena.

Cuando se ven amenazadas las avispas sociales emiten feromonas que inducen a la colmena a defenderse. Sólo las avispas hembras tienen agujones y, a diferencia de las abejas, las avispas pueden picar varias veces. Las avispas tienen una gran capacidad para controlar las plagas agrícolas o forestales debido a su papel de depredadoras. Por ello, en algunos sectores agrícolas se utilizan como insecticidas ecológicos.

El cambio climático, el comercio internacional y la movilidad global han provocado el desplazamiento de muchas especies autóctonas. Algunas de estas especies, cuando llegan a un nuevo territorio, pueden tener un comportamiento invasor, compitiendo y desplazando a las especies autóctonas locales. Un caso que está afectando a la región mediterránea en los últimos años es el de la avispa asiática (*Vespa velutina*), una especie que ataca las colmenas de la abeja doméstica y otras poblaciones de himenópteros solitarios.

Dípteros

Los dípteros (comúnmente llamados moscas) son un grupo de gran importancia para la polinización después de las abejas. Sin embargo, el grupo es muy heterogéneo en cuanto a la dependencia de las especies de las flores y la eficacia de la polinización. Las moscas visitan



una gran variedad de especies florales y algunas de ellas son importantes polinizadores de varios cultivos, especialmente de las familias de la zanahoria, la mostaza y la rosa.

La familia más relevante es la de los sírfidos (*Syrphidae*), también conocidos como moscas de las flores. En el Mediterráneo, la familia abarca más de 500 especies que varían en cuanto a su dependencia de las flores y su eficacia de polinización. Solo los adultos visitan las flores para obtener néctar y polen, lo cual implica que ninguna de estas especies depende exclusivamente de las flores, ya que las larvas pueden ser fitófagas, saprófitas o depredadoras. Se encuentran en todos los continentes, siendo su presencia bastante constante en las zonas más húmedas (en comparación con las zonas secas del Mediterráneo). Suelen visitar flores más bien blancas o amarillas, principalmente abiertas o en forma de cuenco en las que el néctar y el polen son fácilmente accesibles. Muchos de ellos son imitadores de las avispas y tienen un exoesqueleto muy ligero. Una especie digna de mención es la mosca zángano común (*Eristalis tenax*), una especie cosmopolita y migrante con un gran potencial para la polinización de cultivos, por lo que se cría en varias partes del mundo. También cabe destacar el género *Merodon*, que engloba especies que dependen doblemente de las plantas bulbosas mediterráneas: las larvas se alimentan de los bulbos y los adultos visitan las flores para obtener néctar y polen.

Las moscas abeja (*Bombyliidae*) son menos numerosas que los sírfidos, pero son muy aficionadas a las flores y algunas de ellas son importantes polinizadores. Su nombre revela su aspecto: debido a su cuerpo peludo se parecen a las abejas, de hecho, algunas de ellas son imitadoras de las abejas. La mayoría de las especies son parásitos de otros insectos, lo que sugiere que sus larvas no dependen de las flores. Sin embargo, los adultos de muchas especies sí lo hacen: sus piezas bucales modificadas para chupar el néctar de las flores profundas pueden ser tan largas como cuatro veces la longitud de la cabeza del insecto. En consecuencia, la probóscide constituye la característica más destacable del insecto, que, junto con la discreta coloración de las venas de las alas y su zumbido al volar, hacen que la mosca abeja sea fácil de ver y reconocer.

Otra familia es *Nemestrinidae* que se compone por pocas especies, pero se puede encontrar por todo el mundo. Se parecen mucho a las moscas abeja en cuanto a su larguísima probóscide y a las venas de sus alas, aunque son mucho menos peludas. Las larvas son parásitas de otros grupos de insectos, por lo que solo los adultos visitan las flores para obtener néctar. Algunas especies son consideradas importantes controles biológicos para las plagas agrícolas de saltamontes.



Calliphoridae (moscardones) es otra familia de dípteros digna de mención en el contexto de la polinización. Sus especies se caracterizan por tener una coloración metálica brillante. Aunque no sean grandes polinizadores, destacan por estar presentes en muchos hábitats alimentándose de diversas fuentes de alimento, entre ellas el néctar, actuando así como polinizadores ocasionales. Como frecuentan zonas degradadas, o carentes de abejas y otros polinizadores más especializados, pueden ser de las pocas especies que realicen el trabajo de polinización. Estos insectos pueden criarse en cautividad, por lo que pueden aplicarse en gran número como polinizadores de cultivos en invernaderos (por ejemplo, en las explotaciones de cebollas).

Lepidópteros

Las mariposas y las polillas constituyen el grupo de los lepidópteros. Casi todas las especies de lepidópteros tienen una lengua o probóscide especialmente adaptada para la succión de néctar. Tanto las mariposas como las polillas se caracterizan por tener lenguas muy largas, pero la principal diferencia entre ellas se basa en su actividad: diurna para las primeras y nocturna para las segundas. Normalmente, los lepidópteros son guiados hacia las flores por una combinación de color y olor. Las mariposas visitan una amplia gama de flores, prefiriendo las de colores vivos (rojo, amarillo, naranja), y suelen volar cuando hace calor. Las mariposas pueden reconocer los colores, ya que perciben más longitudes de onda que nosotros y, a diferencia de las abejas, pueden ver el color rojo. Se posan en las flores para alimentarse, por lo que éstas deben ofrecerles una plataforma de aterrizaje. Las mariposas son menos eficaces que otros polinizadores, como las abejas, a la hora de transportar el polen entre las plantas. Las patas y la lengua de la mariposa son más largas y están más alejadas del polen de la flor, por lo que queda menos polen atrapado en sus partes del cuerpo que en las abejas. Sin embargo, las mariposas tienen la tendencia a visitar unas pocas flores de una planta y luego volar a otra: esto las convierte en buenos vectores de polen, ya que pueden transportar el polen a largas distancias. Esto facilita la polinización cruzada (la polinización entre diferentes individuos de la misma especie vegetal) y garantiza una buena mezcla genética. Las plantas se benefician de este aumento de la diversidad genética. Además, se ha demostrado que el polen, adherido a su larga lengua, se mantiene fresco durante mucho tiempo y garantiza la valiosa polinización a larga distancia.

Las mariposas viven en muchos hábitats mediterráneos, como bosques, prados, campos cultivados e incluso parques y jardines de las grandes ciudades. Son muy sensibles a las



variaciones de temperatura y se sabe que algunas son especies migratorias. Por este motivo (y especialmente en las últimas décadas), el seguimiento de las poblaciones de mariposas suele incluirse en los estudios sobre el cambio climático. Según la última evaluación de la UICN, en la región mediterránea hay hasta 462 especies de mariposas, de las cuales 19 (5%) están en riesgo de extinción y 15 son endémicas.

Las polillas visitan plantas con flores pálidas o blancas; éstas suelen difundir abundante fragancia y ofrecer néctar diluido. Las polillas no siempre se posan en las flores: a veces chupan el néctar mientras revolotean sobre ellas. El cuerpo de las polillas es peludo y el polen queda atrapado en el pelaje y en la lengua cuando se alimentan. Un estudio realizado en las zonas agrícolas demostró que las polillas tienden a visitar el mismo tipo de plantas que son visitadas durante el día por los polinizadores diurnos, contribuyendo también a la transferencia de polen.

Coleópteros

Los escarabajos son considerados como polinizadores primitivos y esto tiene un doble sentido. En primer lugar, entre los principales grupos de polinizadores, los escarabajos han sido los primeros en la Tierra que visitan sistemáticamente las flores y transportar el polen, por lo que son los que mantienen una relación mutualista más larga con las plantas con flores. En segundo lugar, y como consecuencia del hecho de que sus caracteres primigenios relacionados con las flores han cambiado poco desde entonces, se reconocen por su anatomía corporal y su comportamiento de visita a las flores. En cuanto a la anatomía del cuerpo (pesado y poco peludo), las piezas bucales de los escarabajos están adaptadas principalmente para masticar más que para absorber, y sus alas (élitros) están adaptadas para protegerse de los enemigos más que para favorecer el vuelo. Del mismo modo, su comportamiento no sugiere una alta eficiencia de polinización, ya que estos animales son bastante sedentarios, pasan mucho tiempo en una flor, hacen movimientos poco frecuentes entre las flores y las plantas, y la mayoría de ellos son consumidores de polen, actuando a veces como excavadores en una flor, como lo hacen los roedores de rosas (*Cetonia aurata*).

Sin embargo, los escarabajos han sido importantes en la historia evolutiva de la polinización y siguen siéndolo por diversos motivos. En primer lugar, por su diversidad (son el grupo de insectos con mayor diversidad de todo el mundo), por sus grandes poblaciones y porque están presentes en casi todos los hábitats. En la región mediterránea están presentes sobre todo en los meses secos; su presencia masiva en las flores indica el inicio de la



sequía estival. El grupo engloba especies generalmente polífagas, esto es, especies que no dependen exclusivamente de las flores. Visitan las flores del „síndrome primitivo“ que son relativamente fáciles de manejar (flores abiertas o en forma de cuenco, más bien dispuestas en inflorescencias que permiten a los insectos sentarse en ellas durante mucho tiempo, con néctar y polen fácilmente accesibles) y son reconocibles por su gran tamaño y en su mayoría de color blanco, cremoso o amarillo, con unos olores florales que van desde los dulces hasta los más fermentados. Este es el caso de varias especies de *Arum* mediterráneas conocidas por atraer a las moscas y escarabajos saprófitos mediante el engaño olfativo: la mayoría de las especies de *Arum* emiten un olor parecido al del estiércol o la orina, que estos insectos encuentran irresistible cuando buscan un lugar para ovopositar.

Los escarabajos antófilos constituyen un grupo heterogéneo que incluye especies que van desde las grandes consumidoras de polen como *Mylabris quadripunctata* hasta polinizadores más ocasionales como las del género *Pygopleurus* del Mediterráneo oriental. Las especies de *Pygopleurus* son muy selectivas y visitan las flores rojas en forma de cuenco del grupo de las anémonas, de las que son polinizadores muy eficaces. Entre las especies mediterráneas antófilas con un considerable potencial polinizador (debido a su gran tamaño corporal y a su incesante actividad) se encuentra *Tropinota hirta* y las especies del género *Oxythyrea*, que visitan una gran variedad de flores a finales de primavera y verano. Algunos escarabajos más pequeños, como los pertenecientes a los géneros *Podonta* y *Variimorda*, son también visitantes notorios de las flores, y su presencia masiva suele manchar de negro las flores blancas de las asteráceas.

EL MIEDO A LAS PICADURAS

Muchas personas de todas las edades tienen miedo de los insectos y, entre ellos, los polinizadores. Algunas personas sienten fobia y les aterrorizan, otros conocen su importancia y entienden su contribución fundamental y apuestan por su conservación, pero casi todas prefieren estar a una distancia segura.

¿Por qué ocurre esto? ¿De qué tiene miedo la gente?

Tienen miedo a ser picados.

Al preguntar de dónde viene esta fobia, muchos recuerdan sucesos relacionados con la infancia: algunos tocaron un nido con sus manos, otros comiendo un bocadillo se tragaron



una abeja, otros corriendo por el campo se vieron envueltos en una nube de insectos que picaban. Lo que estos testimonios tienen muy a menudo en común es que presumiblemente todos estos insectos mencionados fueran avispas, y no abejas. Y en casi todos los casos, ya fueran avispas o abejas, tuvieron que defender el nido o a sí mismos de un ataque fortuito.

Es importante aclarar que sólo las hembras tienen aguijón. El aguijón de la abeja es similar a una punta dentada: una vez que entra en contacto con la piel se aferra a ella y todo lo que está conectado a ella queda adherido, desde el saco de veneno, hasta el estómago de la abeja. Esta es una buena razón por la que no atacan por diversión, ya que el resultado para ellas es la muerte.

Las abejas silvestres son aún menos propensas a picar: al igual que sus parientes domésticas, sólo utilizan el aguijón si se sienten amenazadas (en general, prefieren alejarse antes que atacar). Las abejas melíferas sólo pican cuando defienden su nido de un ataque, ya sea una colmena o en la naturaleza.

Teniendo en cuenta que todos los años personas acaban en urgencias debido a las picaduras de insectos, tenemos que decir que, aunque fobia pueda parecer una reacción exagerada, el miedo que provocan los insectos que pican puede ser real, por lo que conviene conocer formas reales de prevenir dichas picaduras:

- Lleva calzado, especialmente en las zonas con hierba.
- Los insectos que pican son atraídos por los dulces; no dejes bebidas o alimentos en zonas accesibles.
- No intentes eliminar un nido por tu cuenta ni agitarte en presencia de insectos que pican; esto puede producir una reacción agresiva y tú recibir picaduras repetidas.
- Mantén las ventanas y las puertas debidamente protegidas.
- Retira rápidamente la basura y restos de comida y guárdala en recipientes cerrados.



¡ASÍ QUE NO TE PREOCUPES!

Podemos vivir en seguridad cerca de las abejas y otros insectos, observarlas, y cultivar plantas que produzcan flores que gusten a los polinizadores. Observando y respetando a los polinizadores podemos encontrar todas las respuestas para entender y reducir nuestro miedo.



MANUAL PARA GESTORES DE PARQUES NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS

OBJETIVOS DE ESTE MANUAL

El principal objetivo de estas directrices es ofrecer sugerencias que favorezcan a los polinizadores silvestres, y reducir las amenazas a esos insectos y sus hábitats. El manual está destinado a gestores de parques naturales y áreas protegidas. El término “área protegida” es utilizado de manera genérica, ya que los diferentes países e incluso regiones tienen diferentes formas de proteger al medio natural.

IMPORTANCIA DE LOS PARQUES NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS PARA LA POLINIZACIÓN

La principal función de las áreas protegidas es la conservación de la naturaleza, y en especial la biodiversidad. Esto es así en la mayoría de los casos, aunque hay diferentes aproximaciones entre regiones, países y categorías de protección: como ejemplo, los Parques Nacionales imponen un nivel de protección más estricto, mientras que otras áreas pueden tener restricciones más laxas (CUADRO 1).

Aunque importante, la conservación de la biodiversidad no es la única función de las áreas protegidas. También deben contribuir a mantener un balance entre la conservación del medio natural y ofrecer algún beneficio a las poblaciones locales, con actividades encaminadas al desarrollo económico como la agricultura y ganadería tradicionales, turismo, educación ambiental, etc. (Buckley & Nabhan 2016).

Desde un punto de vista estrictamente conservacionista, la gestión de las áreas protegidas ha sido tradicionalmente dirigida a la protección de algunas especies concretas. En ese contexto, las prioridades de conservación se definen en función de i) situación de amenaza (especies amenazadas), ii) importancia ecológica (“especies paraguas”, cuya conservación garantiza o contribuye a la conservación de muchas otras, o “especies clave” que son esenciales para el ecosistema independientemente de su abundancia); iii) relevancia simbólica (“especies bandera”, esto es, especies ampliamente conocidas que el público ya asocia con la necesidad de su conservación) (Hunter & Gibbs 2007). Sin embargo, el deterioro y la pérdida de interacciones ecológicas como pueda ser la polinización, puede suceder mucho antes de que las especies mismas desaparezcan, afectando a la funcionalidad de las especies y a los servicios ecosistémicos (Valiente-Banuet et al. 2019). Ya parece por tanto que es hora de avanzar y hacer un esfuerzo adicional para incluir las interacciones biológicas como sujeto



de conservación. En concreto, la “conservación de los mutualismos” e incluso la “restauración de las cadenas alimentarias” (Buckley & Nabhan 2016) deberían ser tenidas en cuenta a la hora de definir las áreas a proteger. La conservación de la polinización está relacionada con muchos de los objetivos que las áreas protegidas deberían alcanzar. Los polinizadores son esenciales al proporcionar beneficios tanto directos como indirectos a un área (servicios ecosistémicos, usos educativos, turismo, etc.).

En concreto:

- La Conservación es algo más complejo que la mera protección de especies, y debería incluir interacciones y procesos. La polinización debería ser un aspecto incluido en “conservación de los mutualismos” y la “restauración de las cadenas alimentarias” (Buckley & Nabhan 2016).
- La inclusión de criterios de gestión coordinados en la planificación de redes de áreas protegidas puede abrir oportunidades para la conservación a gran escala, por ejemplo creando “corredores de néctar” que permitan el movimiento a largas distancias de las poblaciones de polinizadores (Buckley & Nabhan 2016), lo que es especialmente importante en el contexto actual de cambio climático.
- La polinización por insectos es esencial para los ecosistemas pero también para muchas producciones agrícolas: más del 87% de las plantas con flor del mundo, y más del 66% de las especies agrícolas, que producen entre 15-30% de los alimentos a escala global, dependen de los polinizadores (Gutiérrez-Arellano & Mulligan 2020). La diversidad en las áreas protegidas y la proximidad de esas áreas a las tierras agrícolas favorece la polinización silvestre y resulta en grandes beneficios para la producción agrícola. A pesar de la importancia de esos servicios, los polinizadores apenas son tenidos en cuenta por los gestores, y con frecuencia son ignorados los servicios de polinización que las áreas protegidas pueden ofrecer a las explotaciones agrícolas próximas. Los polinizadores y los servicios de polinización deberían ser tenidos en cuenta como criterios importantes en la gestión de esas áreas naturales (Hipólito et al. 2019), al igual que otros servicios como la producción silvícola o la pesca.



CUADRO 1. DEFINICIÓN, CATEGORÍAS Y PRINCIPALES OBJETIVOS DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS, SEGÚN UICN (Dudley 2008)

Área protegida: un espacio geográfico claramente definido, reconocido, cuidado y gestionado mediante métodos efectivos legales o de otro tipo para conseguir la conservación a largo plazo de la Naturaleza con los servicios ecosistémicos y valores culturales asociados.

Se reconocen las siguientes seis categorías:

Áreas principalmente destinadas a:

- I Protección estricta [la. Reserva natural estricta, y lb. Área natural silvestre]
- II Conservación y protección de los ecosistemas (Parque Nacional)
- III Conservación de características naturales (Monumento natural)
- IV Conservación mediante un manejo activo (Área de manejo de hábitats o especies)
- V Conservación del paisaje (Paisaje protegido)
- VI Uso sostenible de recursos naturales (i.e. Área protegida con recursos gestionados)

Todas las áreas protegidas deberían:

- Conservar la composición, estructura, función y potencial evolutivo de la biodiversidad.
- Contribuir a las estrategias de conservación regionales (como reservas, zonas de transición, corredores, zonas de paso para especies migratorias, etc.)
- Mantener la diversidad de paisajes o hábitats y de las especies y ecosistemas asociados
- Tener el tamaño suficiente para asegurar su integridad y el mantenimiento a largo plazo de los objetivos de conservación asignados, o poder aumentarlo para alcanzar esos fines.
- Mantener a perpetuidad los valores por los cuales fue definido



- Regirse por las normas de un plan de gestión, con un programa de manejo y evaluación que permita una gestión adaptativa.
- Tener un sistema de gobierno claro y equitativo.

Cuando sea conveniente, todas las áreas protegidas también deberían:

- Conservar características singulares de paisaje, geomorfología y geología
- Facilitar servicios reguladores de los ecosistemas, incluyendo acciones de amortiguación frente a los impactos del cambio climático
- Conservar zonas con significación cultural, espiritual, o de interés científico nacional e internacional
- Proporcionar beneficios a los residentes y comunidades locales, compatibles con el resto de objetivos de gestión
- Proporcionar beneficios recreativos compatibles con el resto de objetivos de gestión
- Favorecer actividades de investigación científica de bajo impacto y de monitoreo ecológico, relacionadas y compatibles con los valores del área protegida
- Utilizar estrategias de gestión adaptativas para aumentar la efectividad de la gestión y la calidad de la gobernanza con el tiempo
- Ayudar a facilitar oportunidades de educación (también sobre medidas de gestión)
- Ayudar a incrementar el apoyo público a la protección.

LA DIRECTIVA HÁBITATS Y LOS POLINIZADORES EN EL MEDITERRÁNEO

La Directiva 92/43/CE (Directiva Hábitats) incluye un listado de especies (Anexo 2) y hábitats (Anexo 1) para los que se han designado Zonas Especiales de Conservación (ZEC) por los países miembros de la UE. No es fácil decidir qué hábitats son más importantes para



los polinizadores entre los recogidos en el Anexo 1 porque casi todas contienen especies entomófilas, y generalmente los datos de la diversidad de polinizadores es insuficiente. Las medidas de gestión descritas más abajo pueden ser aplicadas de modo genérico en contextos diferentes.

Las plantas entomófilas mediterráneas y los insectos polinizadores cuya conservación es importante aparecen en los listados de los Anexos 2, 3 y 4 de la Directiva, y las listas de algunas especies seleccionadas pueden ser consultadas en la página web LIFE4POLLINATORS. Si alguna de esas especies aparecen mencionadas en formulario normalizado de datos de la ZEC, recomendamos enfáticamente que se adopten las medidas propuestas más abajo para garantizar su conservación a largo plazo.

Algunos de los espacios ya incluidos en la Red Natura2000 en Europa ya están protegidos por ley bajo alguna de las diferentes figuras de protección (Reserva Natural, Parque Regional, o Parque Nacional), mientras que otros no están amparados por una protección tan estricta. Por tanto, no es fácil aplicar de manera completa las medidas de conservación recogidas en la Directiva Hábitats.

A la hora de planificar medidas de gestión al nivel de especie, sugerimos que podría ser considerada una aproximación "SHARP" (Aronne, 2017). Es un método simple para el reconocimiento de cuellos de botella (ej. en servicios de polinización) y posibilita la implementación de medidas de conservación específicas (véase el apartado "CONTRARRESTANDO EL RIESGO DE EXTINCIÓN" más abajo). En relación a esto, es importante promover los estudios de la historia natural de las especies amenazadas. El siguiente CUADRO muestra un ejemplo de la importancia de conocer en detalle la interacción de la planta con el medio.

Con frecuencia la información sobre los polinizadores en los formularios estándar de algunas Áreas de Conservación Especial es incompleta. Por tanto, siempre que se registre la presencia de una especie de interés para la conservación debería informarse a los gestores competentes para actualizar la información disponible.

Por ejemplo, la isla de Lesbos alberga tres espacios N2000 (GR4110003, GR4110004, GR4110005) que contienen diversos tipos de hábitats, plantas con flor (1607 especies), abejas (más de 600) y sírfidos (143). Muchos de esos insectos son nuevos para la Ciencia, endémicos y raros. Los formularios estándar disponibles contienen muy poca información y ningún dato cuantitativo sobre ellos. Dentro del proyecto LIFE4POLLINATORS, las actividades de Ciencia Ciudadana que se desarrollarán en estos espacios servirán también para

registrar la presencia de esos polinizadores. Los resultados serán comunicados a los gestores competentes para que puedan actualizar la información disponible. Actividades semejantes deberían ser promovidas en todas las áreas protegidas, aumentando la interacción entre científicos y gestores.

CUADRO 2. En ocasiones los requisitos de la polinización no son evidentes. El caso de *Petrocoptis grandiflora* (Caryophyllaceae) en el Parque Natural Sierra Enciña da Lastra, NW de España

Petrocoptis grandiflora es una especie endémica con rango de distribución restringido, que sólo vive en grietas de algunos paredones calizos que suman menos de diez kilómetros cuadrados en total.



Las principales amenazas para su conservación proceden de las actividades humanas en el área, desde la extracción de roca para la producción de cemento a la práctica recreativa de la escalada en las paredes donde vive



P. grandiflora es muy atractiva para los polinizadores, a los que ofrece néctar en el fondo de una flor en forma de tubo





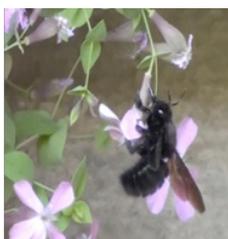
...de manera que, en teoría, tan sólo insectos especialistas provistos de largas lenguas podrían acceder a ese recurso, como *Anthophora acervorum*, *Bombylius major* y *Macroglossum stellatarum*. Las anteras de los estambres tocan la parte superior de la lengua, depositando polen que será transportado al estigma de la siguiente flor visitada por el insecto



... pero alguien más se las arregla para acceder al néctar de manera "ilegítima". El tubo de algunas flores aparece perforado para lograr un atajo al néctar



... y los responsables son insectos oportunistas, que no tienen la lengua larga necesaria para acceder al fondo del tubo floral pero en cambio tienen piezas maxilares muy fuertes con las que perforarlo; son principalmente *Bombus terrestris* y *Xylocopa violacea*. Accediendo de esta manera al néctar, sus cabezas se mantienen lejos de las anteras y estigmas, por lo que parece lógico que estos robadores no facilitan ningún servicio (polinización) a cambio del néctar



... pero las cosas no siempre son tan sencillas: la parte posterior del insecto sí que entra en contacto con las estructuras sexuales de la flor; a pesar de que no están "diseñadas para hacerlo así", la interacción entre planta y robador resulta también en polinización en este caso.

... y este es otro ejemplo que nos recuerda la importancia de conocer la interacción entre flores y polinizadores de manera completa para poder tomar las decisiones correctas en conservación: ¡algunos visitantes ilegítimos deben ser preservados porque también son importantes para la polinización!



FACTORES PERJUDICIALES PARA LOS POLINIZADORES EN ÁREAS PROTEGIDAS

Por lo general, las áreas protegidas no están aisladas del paisaje que las rodea, lo que implica que el valor de sus ecosistemas puede verse afectado por la degradación ambiental. Ese deterioro puede ser el resultado de catástrofes como los fuegos periódicos o las sequías que pueden estar relacionadas con el cambio climático, o de la acción humana directa por actividades a veces clasificadas como “compatibles con la conservación” y por tanto permitidas en las áreas protegidas, aunque no siempre sean compatibles en realidad. A continuación se citan algunas de las principales amenazas, destacando los desafíos que suponen para la gestión de las áreas protegidas

PÉRDIDA DE HÁBITATS

Más del 70% de la superficie de la tierra emergida ha sido modificada por el hombre, disminuyendo la diversidad de hábitats y dañando las interacciones entre especies (IPBES, 2018). La pérdida de hábitats y recursos de forrajeo adecuados está entre las principales causas de la disminución de las poblaciones de abejas (Bates et al., 2011; Biesmeijer et al., 2006; Goulson et al., 2008; Hicks et al., 2016). De manera semejante, algunas prácticas de la agricultura intensiva como el uso de herbicidas e insecticidas, son causa de la pérdida de conectividad entre hábitats y de la reducción de plantas nectaríferas e insectos silvestres en las áreas próximas a los cultivos. Sin embargo, en muchas áreas naturales protegidas, especialmente las categorías UICN de III a VI, la conservación de la biodiversidad no es su único propósito (ver CUADRO 1). Las áreas protegidas deben combinar la conservación con otro tipo de usos que contribuyan al desarrollo económico de las comunidades locales, como la agricultura y ganadería, turismo, y usos educativos y turísticos. Por tanto, los planes de gestión deben tener en cuenta los posibles riesgos de pérdida de hábitats asociados a esas actividades.

CAMBIO CLIMÁTICO

Como en el resto del mundo, la polinización en las áreas protegidas se ve afectada por el cambio climático, lo que incluye la pérdida de sincronía entre la floración de las plantas y la aparición de los polinizadores, y también las invasiones de especies foráneas. Además de las alteraciones en la coordinación temporal, las sequías prolongadas y las olas de calor a causa del cambio del clima pueden dar lugar a extinciones locales de algunas especies de polinizadores, o incluso modificar la distribución espacial de algunas especies al producirse migraciones como respuesta a las nuevas condiciones ambientales. Todo ello puede resultar en la pérdida de especies de polinizadores silvestres en algunas áreas protegidas, produci-



endo efectos en cascada que pueden terminaren la extinción local de especies protegidas, con la consecuente pérdida de interacciones biológicas y funciones ecosistémicas en las que participaban. Los modelos predictivos ya ofrecen resultados alarmantes, en especial para los polinizadores e interacciones en ecosistemas de montaña, como en el caso del Monte Olimpo en Grecia (Minaheilis et al. 2020, 2021).

En general, una menor conectividad combinada con el cambio climático pueden dañar las poblaciones de polinizadores e incrementar el riesgo de extinción, sobre todo de especialistas y de aquellos que no sean capaces de migrar (Settele et al. 2016).

INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS INVASORAS (EEI)

En sentido amplio, las especies exóticas son aquellas introducidas por el hombre de manera accidental o intencionada en el medio natural, fuera de su área de distribución original. En general, la presencia de especies exóticas en una comunidad se considera un factor disruptivo con impactos en las redes de polinizadores locales. A continuación describimos cómo las especies invasoras pueden alterar las relaciones entre plantas y polinizadores.

Los polinizadores exóticos que pueden competir con los nativos han sido mucho menos estudiados que otras invasiones biológicas que también pueden afectar a la polinización. Sus principales efectos negativos son el resultado de la competencia con polinizadores nativos por los recursos florales y lugares de anidamiento. Otros impactos ocasionados por los polinizadores exóticos pueden ser la propagación de infecciones de patógenos y parásitos, una polinización inadecuada de la flora local, y una polinización no deseada de la flora invasora (Russo 2016). Las invasiones por insectos exóticos probablemente afecten a los insectos nativos de modos complejos, como por competencia indirecta por recursos, transmisión de enfermedades y disrupción de las redes de polinización (Kenis et al. 2009).

El efecto de las plantas invasoras sobre las redes de polinización está mejor estudiado que el efecto de polinizadores invasores, y algunos estudios destacan que los cambios en las comunidades de plantas como consecuencia de las invasiones probablemente sea uno de los principales factores que ocasionan el descenso de la diversidad de polinizadores. La introducción de nuevas especies en una comunidad resulta en modificaciones severas e impredecibles en la estructura de la red de polinización. Ese efecto negativo de las plantas invasoras sobre la reproducción de las plantas nativas en el área Mediterránea ha sido demostrado, ya que las plantas invasoras compiten con las nativas por los polinizadores, incrementan la limitación de polen de las plantas nativas, o se adueñan de “conexiones” en las redes de polinización (Morales & Traveset 2009, Vilà et al. 2009, Tscheulin & Petanidou,



2011, 2013, Ferrero et al. 2013). Aunque también es cierto que en algunos casos las flores de las plantas invasoras incrementan el atractivo sobre los polinizadores, beneficiando también a las plantas nativas próximas (Bartomeus et al. 2008). Por tanto es difícil llegar a conclusiones generalizables: el efecto global de las plantas invasoras dependerá de cada contexto específico, así como de las características y abundancia de cada invasión. Esta dependencia del contexto debiera ser considerada por los gestores de las áreas naturales protegidas; si la conservación de las redes de polinización está entre sus prioridades, deberán recordar que no existe una única solución universal.

El Reglamento de la Unión Europea 1143/2014 (Reglamento EEI) sobre las especies exóticas invasoras contiene una lista de especies exóticas de especial preocupación para la Unión. Como primera aproximación, sugerimos que se considere ese grupo de especies como enemigos potenciales para las plantas y polinizadores nativos del Mediterráneo (Anexo 1). Además, en la página web del proyecto estará disponible una lista actualizada (<https://www.life4pollinators.eu/en/submission>)

Un caso paradigmático que es de especial preocupación para las autoridades y para la población en general, es el de la invasión de la avispa asiática *Vespa velutina nigrithorax*. Su voracidad hacia los polinizadores nativos merece atención especial. En la actualidad está en plena expansión en grandes extensiones de Asia y Europa, incluyendo el Mediterráneo (www.vespavelutina.eu, www.stopvelutina.it), y atrae una atención considerablemente mayor que otros casos de invasiones biológicas. Ello es debido al impacto económico que la avispa asiática supone para la apicultura en el Mediterráneo, y a la alarma social que causan los ataques registrados a humanos, a veces con consecuencias fatales. Sin embargo, por tratarse de una invasión relativamente reciente, su impacto sobre las poblaciones de polinizadores silvestres todavía es desconocido (aunque véase Rojas-Nossa & Calviño 2020). Desde que se registró la invasión, aproximadamente hace diez años, la mayoría de los estudios se han centrado en la cuantificación y seguimiento de la especie en las áreas invadidas, así como en posibles medidas de control del daño económico ocasionado en la apicultura. Una gestión adecuada de un área protegida requeriría además conocer en detalle cómo afecta la incorporación de la especie invasora a las redes de interacciones mutualistas.

INTRODUCCIONES MASIVAS DE ESPECIES DOMÉSTICAS

La liberación masiva de individuos de especies valiosas para el ser humano, inevitablemente implica cambios en los hábitats naturales. Es algo evidente en actividades como la agricultura y la ganadería extensiva. Sin embargo, otras actividades que tradicionalmente han sido consideradas inocuas, y por tanto toleradas e incluso favorecidas en muchas áreas protegidas, también pueden alterar los ecosistemas. Geslin et al. (2017) han reunido esas activi-



dades bajo el nombre (aproximado) “Introducción Masiva de Especies Domésticas” (Massively Introduced Managed Species, MIMS).

Tal vez el caso más común de esas actividades es la apicultura: aunque tradicionalmente ha sido considerada una actividad inocua o incluso beneficiosa para la polinización, y por tanto permitida en la mayoría de las áreas protegidas de Europa, desde hace algún tiempo empieza a ser comparada e incluso considerada como otra forma de ganadería extensiva. De hecho, ya se ha demostrado cómo la introducción de abejas de la miel (*Apis mellifera*, ver dibujo más abajo) y abejorros puede contribuir a la propagación de infecciones que afectan a polinizadores silvestres (Fürst et al 2014), y también ha sido documentada la competencia indirecta por los recursos florales (Herrera 2020; Lázaro et al. 2021). El último estudio a gran escala en las Cycladas Griegas ha demostrado que las abejas tenían un efecto negativo en la riqueza y abundancia de especies de abejas silvestres, influyendo además en la estructura de las redes de polinización. Geslin et al. (2017) mencionan cuatro posibles causas que explicarían este efecto indirecto: 1) la desproporción enorme entre el número de abejas introducidas y el de las abejas silvestres, 2) las colonias introducidas tienen la capacidad de coleccionar una cantidad enorme de recursos florales de distintas especies de plantas, tanto néctar como polen, 3) las abejas de la miel pueden permanecer activas durante todo el año excepto en los meses más fríos, mientras que la mayoría de las especies silvestres lo están sólo unas pocas semanas o meses, 4) las abejas de la miel tienen rangos de forrajeo mucho más amplio (distancia media de 1,5 km) que las abejas silvestres (100-500m). El valor umbral de densidad a partir del cual el efecto competitivo de las colonias de abejas de la miel empieza a ser dañino para las especies silvestres depende de diversos factores, como la localización geográfica, clima, hábitat, distancia entre colmenas, etc.

Los gestores deberían fijar límites razonables a la apicultura en áreas protegidas. Debido a la naturaleza heterogénea de los recursos florales (Torné-Noguera et al. 2016) es casi imposible establecer recomendaciones con valor universal de máxima densidad de colonias, por lo que es preferible pecar de celo conservacionista a la hora de permitir esa actividad.

PASTOREO Y FUEGO

Los efectos del pastoreo y el fuego en los ecosistemas Mediterráneos merecen especial atención. La flora del Mediterráneo ha estado expuesta al pastoreo, sobre todo por ovejas y cabras, desde hace casi 10.000 años cuando comenzó su domesticación. En tiempos recientes, este paisaje ha sido pastoreado de un modo mucho más intensivo, con altas densidades de ganado que a veces llevan a la degradación de estas áreas. Sin embargo, un cierto grado de pastoreo es necesario para mantener la diversidad de plantas, sobre todo plantas con



flores y sus polinizadores. El pastoreo moderado es idóneo para las plantas y polinizadores en ecosistemas Mediterráneos, y otros ecosistemas en áreas protegidas podrían verse beneficiadas también de un pastoreo moderado (Lázaro et al. 2016a, b).

La densidad del ganado debería ser controlada y no exceder los límites que pudiesen resultar en daños para la vegetación, por ejemplo debería procurarse que hubiese flores disponibles en todas las estaciones. Un sistema adecuado de rotación del pastoreo puede proporcionar el espacio y el tiempo necesario para que las plantas florezcan, produzcan semillas y se incrementen las poblaciones de los insectos que visitan esas flores (e.g. Enri et al. 2017). Los gestores de áreas protegidas deberían asumir la responsabilidad de garantizar que se mantenga un sistema de rotación del pastoreo que beneficie tanto a las plantas como a sus polinizadores.

El fuego también tiene una función ecológica importante en el Mediterráneo, donde algunos ecosistemas son propensos a arder. Un gran número de plantas con flor, y también sus polinizadores, han evolucionado conviviendo con este impacto y adaptándose a él. Los fuegos moderados pueden crear oportunidades para algunas especies y con frecuencia aumentan la diversidad y riqueza de plantas y polinizadores (Carbone et al. 2019, Lazarina et al. 2016, 2017, 2019; Petanidou & Ellis, 1996; Potts & Dafni, 2001). Aunque el fuego es una herramienta común en la gestión de las áreas protegidas en Norteamérica, apenas es utilizado de esta forma en Europa y el Mediterráneo. Las quemaduras prescritas, a pequeña escala, podrían ayudar a los gestores a mantener e incrementar la vegetación adaptada al fuego, que suele proporcionar un buen hábitat para polinizadores.

MEDIDAS DE GESTIÓN EN UN ÁREA PROTEGIDA AMIGABLE PARA LOS POLINIZADORES

PLANIFICACIÓN DE LA GESTIÓN

Las principales funciones de las áreas protegidas son la conservación y el estudio, incluyendo la gestión de la flora y fauna silvestres. Por lo general, las personas con intereses locales son reacios a la aplicación de medidas de protección porque supone una limitación al uso sin control del territorio. Sin embargo, desarrollar alguna actividad dentro de un área protegida o en sus proximidades puede ser ventajoso si se hace de manera sostenible. La actividad supondría un reclamo positivo, y en el caso de la agricultura, cualquier alimento producido sería por lo general más saludable ya que son zonas sometidas a menor contaminación. Por tanto, los gestores de áreas protegidas deberían destacar esas características y hacer su planificación sobre esas bases. Los planes de gestión y las regulaciones de uso en áreas protegidas deberían ser diseñados con la participación de las personas con intereses



locales (agricultores, ganaderos, apicultores, etc.) para ser realmente efectivas. Parte de los planes de gestión y manejo deberían incluir el análisis de la presencia de especies de animales y plantas invasoras, y proponer medidas de actuación (prevención, detección temprana, erradicación temprana, y manejo), como se sugiere en el Reglamento EEI para erradicar o mitigar su expansión.

Hacer partícipes a los ciudadanos y a las personas con intereses locales en el seguimiento de la biodiversidad, así como utilizar métodos de Ciencia Ciudadana, podría ser útil para conseguir su implicación y facilitar la aceptación de medidas proteccionistas y restricciones. Deberían promoverse actividades de Ciencia Ciudadana utilizando planteamientos sencillos pero específicos para el seguimiento de los polinizadores, por ejemplo mediante "BioBlitzes" o proyectos para escuelas y ciudadanos con el apoyo de asociaciones locales.

REDUCIENDO EL IMPACTO DE LA AGRICULTURA

Como ya se ha mencionado, en general la agricultura intensiva es el principal factor de impacto en las áreas protegidas. Desde finales del siglo XX, en Europa se han desarrollado diversas políticas para intentar mitigar ese impacto. Una intervención común es la creación de "franjas de flores silvestres" (wildflower strips) cerca de las zonas de cultivo para mejorar: 1) la complejidad del paisaje y del servicio de polinización, ii) el control biológico de algunas plagas, evitando el uso de pesticidas, iii) diversidad vegetal, y iv) las poblaciones de aves al aumentar sus reservas alimentarias de frutos, semillas o invertebrados. Sin embargo, una mala selección de las especies vegetales puede resultar en otro ejemplo perjudicial de "Introducción Masiva de Especies Domésticas" (MIMS). Algunos estudios sobre los efectos de esas prácticas han demostrado que por lo general favorecen la diversidad y abundancia de especies comunes de insectos, pero no de las especies amenazadas o especialistas. Por tanto, aunque en teoría esta práctica es positiva, debería ser una prioridad seleccionar las especies que compongan las "franjas de flores silvestres" de manera que cumplan con las necesidades ecológicas de los polinizadores locales (Geslin et al. 2017). Esto es recomendable para las explotaciones agrícolas situadas en áreas protegidas, donde la conservación de la biodiversidad es un objetivo prioritario. Por tanto, es necesario tener un conocimiento previo suficiente de las comunidades locales de plantas y polinizadores para desarrollar esta práctica de manera correcta.

En general, la agricultura, ganadería y apicultura deberían ser implementadas de manera sostenible para limitar su impacto sobre los polinizadores. Puede conseguirse limitando el uso de pesticidas, fomentando la rotación de cultivos, diseñando "franjas de flores silvestres" adecuadas (con semillas locales), evitando la siega durante el período de floración, favoreciendo los refugios para insectos como los "hoteles de abejas" y las "cajas de insectos" y



dejando zonas sin cultivar para favorecer el anidamiento de los polinizadores. Las franjas de flores deberían ser diseñadas para tener flores todo el año y especies con gran producción de polen. La siega y el forrajeo de los prados debería ser planificada para permitir la floración de al menos parte de las plantas.

APOYANDO LAS POBLACIONES DE POLINIZADORES SILVESTRES

Un estudio reciente (Fisogni et al., 2021) ha demostrado que algunas medidas de conservación pueden mitigar el declive de los polinizadores en áreas protegidas. Sus autores instalaron lugares de anidamiento artificiales para favorecer a las abejas solitarias, reforzaron las poblaciones de plantas nativas para aumentar los recursos de forrajeo para los polinizadores, y liberaron en el área de estudio colonias de abejorros criadas a partir de reinas silvestres capturadas en la zona. Los resultados demuestran que la generalización global de la red de polinización aumentó después de aplicar esas medidas, y las interacciones se volvieron más equilibradas, reflejando una alta robustez y resiliencia frente a la pérdida de especies. El refuerzo de las poblaciones de plantas y polinizadores también aumentó el número de visitas a las flores. Facilitar lugares de anidamiento y reforzar las poblaciones de polinizadores y plantas entomófilas son, por tanto, estrategias exitosas para mitigar las pérdidas de polinizadores y polinización. Un ejemplo correspondiente al proyecto Life PP-ICON puede ser consultado en su web (<https://pdc.minambiente.it/it/area/temi/natura-e-biodiversita/progetto-pp-icon>).

MONITOREO

El monitoreo es el modo más efectivo para detectar el riesgo de extinción con antelación, y poder activar las contramedidas necesarias.

Los datos de los polinizadores deberían ser colectados de modo continuo para actualizar listados, poder transmitir novedades sobre polinizadores y sus hábitats, para destacar aquellos polinizadores especialistas o nocturnos (ej. polillas), registrar comportamientos como el forrajeo, anidamiento, apareamiento e invernada, y para monitorizar la presencia y distribución de especies exóticas invasoras y poder planificar su erradicación o mitigación.

En las áreas protegidas donde se permita la apicultura extensiva, debería ser una prioridad promover los estudios que permitan determinar los límites a partir de los cuales la densidad de colmenas tiene efecto negativo por competencia para las abejas. Es importante conocer la densidad óptima de colmenas y regular la apicultura, y de ser necesario suspenderla temporalmente.



CONTRARRESTAR EL RIESGO DE EXTINCIÓN

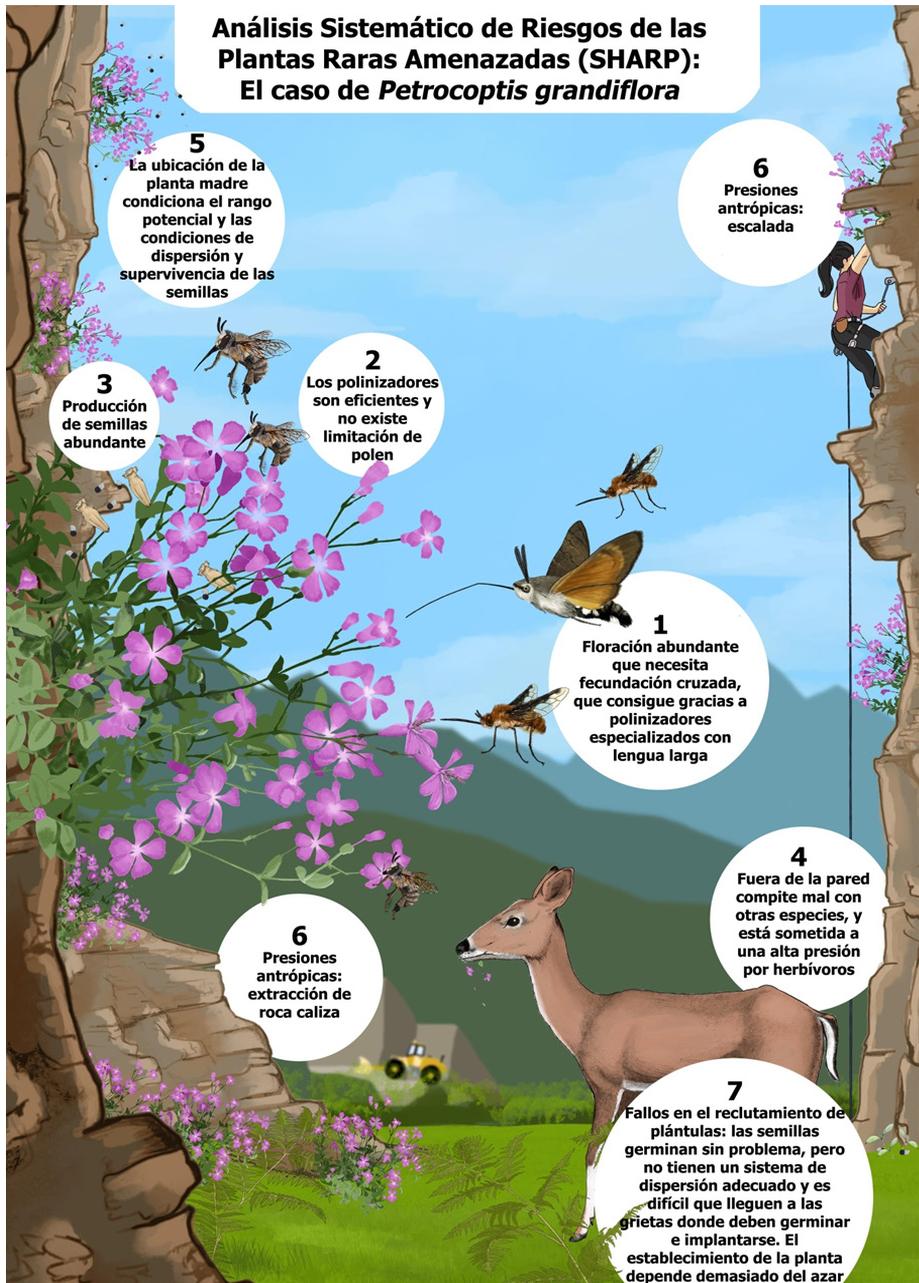
Algunos tipos de rareza pueden ser considerados naturales, mientras que otros están asociados a un alto riesgo de extinción. Algunas especies de plantas se vuelven raras debido a presiones selectivas tanto de origen natural como antrópico (Briggs, 2009). Sin embargo, podemos afirmar que la supervivencia a largo plazo de una especie depende del mantenimiento de su variabilidad genética sobre la que opere la selección natural, con una reproducción exitosa que permita el relevo generacional. Como indica Aronne (2017), cuando el objetivo es la conservación deberían priorizarse los estudios encaminados a conocer los cuellos de botella que puedan existir en los ciclos vitales de las especies en cuestión. La aproximación SHARP (Systematic Hazard Analysis of Rare-endangered Plants, o “Análisis Sistemático de Riesgos de las Plantas Raras-amenazadas”) es una herramienta exploratoria para aplicar a cada especie rara amenazada, e identificar las posibles limitaciones al relevo generacional y sus causas. Esta herramienta es capaz de encontrar esos cuellos de botella en el ciclo vital de la especie en un área geográfica determinada, y señalar los factores que limiten el relevo generacional. Es específica para cada especie, y funciona en dos pasos sucesivos. PASO 1 incluye la recolección de datos en campo, identificando cuál de los estados está en una situación crítica para la especie (floración; producción y dispersión de semillas; reclutamiento de plántulas; reproducción clonal...), y así consigue economizar los recursos disponibles para la conservación, tanto en coste como en tiempo. La identificación de una quiebra en alguno de los estados (PASO 1 en la Figura 1) delata la existencia de un cuello de botella. Posteriormente, investigadores expertos se encargarán de investigar las posibles causas de ese problema, de manera que se puedan planificar medidas de conservación específicas (PASO 2).



Figure 1. Identificación de cuellos de botella para la conservación de plantas (Aronne, 2017). Diagrama de vías de los Pasos 1 y 2 del SHARP. El Paso 1 utiliza estudios de campo para comprobar si los principales estados del ciclo vital son exitosos. Un fallo en alguno de los pasos indica un posible cuello de botella. En el Paso 2, un investigador experto se encargará de estudiar las causas de esos cuellos de botella y de sugerir posibles soluciones. Los cuellos de botella mostrados aquí son sólo ilustrativos, pueden darse muchos otros en especies diferentes.



A partir de un caso real de estudio, la lámina siguiente ilustra cómo un análisis detallado de la historia natural de una especie amenazada puede descubrir los posibles cuellos de botella en su ciclo vital.





LISTADO DE ESPECIES EXÓTICAS QUE DEBERÍAN SER MONITORIZADAS DE APARECER EN UN ÁREA PROTEGIDA.

LIST OF INVASIVE AND ALIEN SPECIES	
<i>Acacia saligna</i>	<i>Microstegium vimineum</i>
<i>Ailanthus altissima</i>	<i>Myriophyllum aquaticum</i>
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	<i>Myriophyllum heterophyllum</i>
<i>Andropogon virginicus</i>	<i>Oxalis pes-caprae</i>
<i>Arctotheca calendula</i>	<i>Parthenium hysterophorus</i>
<i>Asclepias syriaca</i>	<i>Pennisetum setaceum</i>
<i>Baccharis halimifolia</i>	<i>Persicaria perfoliata</i>
<i>Cabomba caroliniana</i>	<i>Prosopis juliflora</i>
<i>Cardiospermum grandiflorum</i>	<i>Pueraria lobata</i>
<i>Carpobrotus edulis</i>	<i>Salvinia molesta</i>
<i>Cortaderia selloana</i>	<i>Vespa velutina</i>
<i>Ehrharta calycina</i>	<i>Triadica sebifera</i>
<i>Eichhornia crassipes</i>	
<i>Elodea nuttallii</i>	
<i>Gunnera tinctoria</i>	
<i>Gymnocoronis spilanthoides</i>	
<i>Heracleum mantegazzianum</i>	
<i>Heracleum persicum</i>	
<i>Heracleum sosnowskyi</i>	
<i>Humulus scandens</i>	
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	
<i>Impatiens glandulifera</i>	
<i>Lagarosiphon major</i>	
<i>Lespedeza cuneata</i>	
<i>Ludwigia grandiflora</i>	
<i>Ludwigia peploides</i>	
<i>Lygodium japonicum</i>	
<i>Lysichiton americanus</i>	



REFERENCIAS

- Aronne, G. 2017. Identification of bottlenecks in the plant life cycle for sustainable conservation of rare and endangered species. *Front. Ecol. Evol.* 5: 76.
- Bartomeus, I.; Vilà, M.; Santamaría, L. 2008. Contrasting effects of invasive plants in plant-pollination networks. *Oecologia* 155: 761-770.
- Bates, J.P.; Sadler, A.J.; Fairbrass, S.J. et al. 2011. Changing bee and hoverfly pollinator assemblages along an urban-rural gradient. *PLoS One* 6: e23459.
- Biesmeijer, J.C.; Roberts, S.P.M.; Reemer, M. et al. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and The Netherlands. *Science* 313: 351-354.
- Briggs, D. 2009. *Plant microevolution and conservation in human-influenced ecosystems*. New York, NY. Cambridge University Press.
- Buckley, S.; Nabhan, G.P. 2016. Food chain restoration for pollinators: regional habitat recovery strategies involving protected areas of the Southwest. *Nat. Areas J.* 36: 489-497.
- Carbone, L.M.; Tavella, J.; Pausas, J.G. et al. 2019. A global synthesis of fire effects on pollinators. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 28: 1487-1498.
- Carvalho, L.G.; Seymour, C.L.; Veldtman, R. et al. 2010. Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas. *J. Appl. Ecol.* 47: 810-820.
- Dudley, N. (Ed.) 2008. *Guidelines for applying protected area management categories*. Gland, Switzerland. IUCN.
- Enri, S.R.; Probo, M.; Farruggia, A. et al. 2017. A biodiversity-friendly rotational grazing system enhancing flower-visiting insect assemblages while maintaining animal and grassland productivity. *Agric. Ecosyst. Environ.* 241: 1-10.
- Ferrero, V.; Castro, S.; Costa, J. et al. 2013. Effect of invader removal: pollinators stay but some native plants miss their new friend. *Biol. Invasions* 15: 2347-2358.



Fisogni, A.; Massol, F.; de Manincor, N.; et al. 2021. Network analysis highlights increased generalisation and evenness of plant-pollinator interactions after conservation measures. *Acta Oecol.* 110: 103689.

Fürst, M.; McMahon, D.; Osborne, J.; et al. 2014. Disease associations between honeybees and bumblebees as a threat to wild pollinators. *Nature* 506: 364–366.

Geslin, B.; Gauzens, B.; Baude, M. et al. 2017. Massively introduced managed species and their consequences for plant–pollinator interactions. *Adv. Ecol. Res.* 57: 147-199.

Goulson, D.; Lye, G.C.; Darvill, B. 2008. Decline and conservation of bumble bees. *Annu. Rev. Entomol.* 53: 191-208.

Gutierrez-Arellano, C.; Mulligan, M. 2020. Small-sized protected areas contribute more per unit area to tropical crop pollination than large protected areas. *Ecosyst. Serv.* 44: 101137.

Herrera, C.M. 2020. Gradual replacement of wild bees by honeybees in flowers of the Mediterranean Basin over the last 50 years. *Proc. Royal Soc. B: Biol. Sci.* 287: 20192657

Hicks, D.M.; Ouvrard, P.; Baldock, K.C.R. et al. 2016. Food for pollinators: quantifying the nectar and pollen resources of urban flower meadows. *PloS One* 11: e0158117.

Hipólito, J.; Sousa, B.D.S.B.; Borges, R.C. et al. 2019. Valuing nature’s contribution to people: The pollination services provided by two protected areas in Brazil. *Glob. Ecol. Conserv.* 20: e00782.

Hunter, M.L.; Gibbs, J. 2007. *Fundamentals of conservation biology: Third edition.* Blackwell Publishing.

IPBES. 2018. Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Scholes, R.; Montanarella, L.; Brainich, A. et al. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 44 pages.

Kenis, M.; Auger-Rozenberg, M.; Roques, A. et al. 2009. Ecological effects of invasive alien insects. *Biol. Invasions* 11: 21-45.

Kremen, C.; Williams, N.M.; Bugg, R.L. et al. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecol. Lett.* 7: 1109-1119.



Lazarina, M.; Devalez, J.; Neokosmidis, L. et al. 2019. Moderate fire severity is best for the diversity of most of the pollinator guilds in Mediterranean pine forests. *Ecology* 100: e02615.

Lazarina, M.; Sgardelis, S.P.; Tscheulin, T. et al. 2016. Bee response to fire regimes in Mediterranean pine forests: the role of nesting preference, trophic specialization, and body size. *Basic Appl. Ecol.* 17: 308-320.

Lazarina, M.; Sgardelis, S.P.; Tscheulin, T. et al. 2017. The effect of fire history in shaping diversity patterns of the flower-visiting insects in post-fire Mediterranean pine forests. *Biodiver. Conserv.* 26: 115-131.

Lázaro, A.; Tscheulin, T.; Devalez, J. et al. 2016a. Effects of grazing intensity on flower cover, pollinator abundance and diversity, and pollination services. *Ecol. Entomol.* 41: 400-412.

Lázaro, A.; Tscheulin, T.; Devalez, J. et al. 2016b. Moderation is best: effects of grazing intensity on pollination networks in Mediterranean communities. *Ecol. Appl.* 26: 796-807.

Lázaro, A.; Praz, C.; Müller, A. et al. 2021. Impacts of beekeeping on wild bee diversity and pollination networks in the Aegean Archipelago. *Ecography* 44: 1-13.

Minaheilis, K.; Kantsa, A.; Devalez, J. et al. 2020. Bumblebee diversity and pollination networks along the elevation gradient of Mount Olympus, Greece. *Divers. Distrib.* 26: 1566-1581.

Minaheilis, K.; Kougioumoutzis, K.; Petanidou, T. 2021. Climate change effects on pollinator diversity and distribution along the elevation gradient of Mount Olympus, Greece. *Ecol. Indic.* 132: 108335.

Morales, C.L.; Traveset, A. 2009. A meta-analysis of impacts of alien vs. native plants on pollinator visitation and reproductive success of co-flowering native plants. *Ecol. Lett.* 12: 716-728.

Navarro, L.; Guitián, J.; Guitián, P. 1993. Reproductive biology of *Petrocoptis grandiflora* Rothm. (Caryophyllaceae), a species endemic to Northwest Iberian Peninsula. *Flora* 188: 253-261.

Navarro, L.; Guitián, J. 2000. Variación en el robo de néctar y efecto en la fructificación en *Petrocoptis grandiflora* Rothm. (Caryophyllaceae). In: Péfaur, J.E. (Ed.). *Ecología Latinoamericana. Actas III Congreso Latinoamericano de Ecología. Publicaciones Universidad de Los Andes-Consejo de Publicaciones*, pp: 117-122. CDCHT, Mérida.



Navarro, L.; Guitián, J. 2003. Seed germination and seedling survival on two endemic species of the northwest Iberian Peninsula. *Biol. Conserv.* 109: 313-320.

Petanidou, T.; Ellis, W. 1996. Interdependence of native bee faunas and floras in changing Mediterranean communities. In: Matheson, A.; Buchmann, S.L.; O'Toole, C. et al. (Eds) *The conservation of bees*. Linnean Society Symposium Series 18. International Bee Research Association / Linnean Society of London / Academic Press. London, UK. pp 201-226.

Potts, S.G.; Dafni, A. 2001. Pollination of core flowering shrub species in Mediterranean phrygana: variation in pollinator diversity, abundance and effectiveness in response to fire. *Oikos* 92: 71-80.

Rojas-Nossa, S.V.; Calviño-Cancela, M. 2020. The invasive hornet *Vespa velutina* affects pollination of a wild plant through changes in abundance and behaviour of floral visitors. *Biol. Invasions* 22: 2609-2618.

Russo, L. 2016. Positive and negative impacts of non-native bee species around the world. *Insects* 7: 69.

Settele, J.; Bishop, J.; Potts, S.G. 2016. Climate change impacts on pollination. *Nature Plants* 2: 1-3.

Torné-Noguera, A.; Rodrigo, A.; Osorio, S.; et al. 2016. Collateral effects of beekeeping: Impacts on pollen-nectar resources and wild bee communities. *Basic Appl. Ecol.* 17: 199-209.

Tscheulin T.; Petanidou T. 2011. Does spatial population structure affect seed set in pollen-limited *Thymus capitatus*? *Apidologie* 42: 67-77.

Tscheulin T.; Petanidou T. 2013. The presence of *Solanum elaeagnifolium*, an invasive plant in the Mediterranean, increases pollen limitation in the native co-flowering species *Glaucium flavum*. *Biol. Invasions* 15: 385-393.

Valiente-Banuet, A.; Aizen, M.A.; Alcántara, J.M. et al. 2015. Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Funct. Ecol.* 29: 299-307.

Vilà, M.; Bartomeus, I.; Dietzsch, A.C. et al. 2009. Invasive plant integration into native plant-pollinator networks across Europe. *Proc. Royal Soc. B* 276: 3887-3893.





LIFE 4 POLLINATORS
MANUAL PARA GESTORES DE PARQUES NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS

LIFE 4 POLLINATORS

MANUAL PARA GESTORES DE PARQUES NATURALES Y ÁREAS PROTEGIDAS





LIFE 4 POLLINATORS

LIFE18 GIE/IT/000755

