

Polinización y redes de distribución de energía

Revalorización del capital natural
en tendidos eléctricos y gasoductos



Autor:

Iñaki Mola Caballero de Rodas
Especialista en Restauración Ecológica
y Biología de la Conservación

Domicilio social

Avenida de América, 38
28028 Madrid

Sede en Barcelona

Avinguda Diagonal, 525
08029 Barcelona

www.naturgy.com

Edición

Dirección General de Sostenibilidad,
Reputación y Relaciones Institucionales

Diseño

Addicta Comunicación Corporativa

Todas las fotografías han sido realizadas por el autor de informe (excepto la de la página 48 que es de Roberto García Ramos), así como las figuras, quien cede su derecho de reproducción única y exclusivamente para el presente documento de uso interno. Para cualquier otro uso debe ponerse en contacto con el autor (ignacio.mola@gmail.com) para obtener en su caso, la correspondiente autorización escrita.

Índice

Resumen ejecutivo.....	4
1. ¿Qué es una planta?	6
2. ¿Qué es la polinización?.....	9
3. Biodiversidad y servicios ecosistémicos	18
4. Redefiniendo la biodiversidad: teoría de las redes mutualistas	20
5. Servicio ecosistémico de la polinización	22
6. Calles eléctricas y gasoductos, escenarios singulares.....	25
7. Derechos de paso y el servicio ecosistémico de la polinización.....	31
Literatura científica. Artículos en revistas internacionales con factor de impacto: <i>Journal Citation Report (JCR)</i>	32
Revisión de documentos técnicos:.....	35
Mundiales.....	35
Internacionales:.....	35
Nacionales	41
8. Conclusiones y recomendaciones	46
El servicio ecosistémico de la polinización en calles eléctricas y gasoductos	46
¿Cómo empezar a trabajar con este servicio ecosistémico?.....	47
Las calles eléctricas y los gasoductos: nuevos retos.....	49
Bibliografía	50

Resumen ejecutivo

La polinización consiste en el proceso por el que el polen llega al estigma. Posteriormente el grano de polen emite el tubo polínico que penetra a través del estilo y llega al ovario, donde se encuentran los óvulos, por lo que forma parte de la reproducción sexual de las plantas. Tres agentes pueden efectuar este proceso: el agua, el viento o animales. La polinización mediada por animales es la más frecuente y se estima que el 90% de las plantas con flores la realizan utilizando este medio de transporte. Diversos grupos animales pueden desarrollar la polinización desde murciélagos, aves, reptiles, etc. aunque el principal grupo de animales que la realiza son los insectos. La planta necesita de elementos atrayentes, ya sea mediante el perfume de sus flores o sus vistosos pétalos, para fijar la atención del polinizador; posteriormente utiliza un mecanismo de recompensa en forma de alimento, generalmente néctar, para fidelizar al polinizador y garantizar que responderá positivamente ante el siguiente estímulo.

La polinización está relacionada por lo tanto con la biodiversidad, al permitir la reproducción sexual de la mayoría de las plantas con flor y sustentar decenas de miles de especies de insectos y otros animales que obtienen de este proceso toda o una parte importante de su alimento. También está relacionado con nuestra alimentación, ya que se estima que uno de cada tres bocados que consumimos a lo largo del día están relacionados con productos que necesitan de este proceso: desde el café que desayunamos por la mañana a la manzana del postre que podemos incluir en nuestra cena. Efectivamente, al contribuir de forma notable a nuestra cesta de la compra se puede cuantificar económicamente este servicio ambiental o ecosistémico de forma directa y se estima en 153.000 millones de euros, lo que supone el 10% del coste de la producción agrícola. Los productos derivados de la polinización, frutas fundamentalmente, constituyen una parte notable de las dietas saludables y su contribución a la cesta de la compra presenta un continuo crecimiento por lo que su volumen crece año a año.

Desgraciadamente las poblaciones de polinizadores están decayendo a nivel mundial tal y como constatan diferentes organizaciones, por lo que la evaluación de este servicio ambiental que presta a la sociedad se ha convertido en un compromiso internacional para velar por nuestra seguridad alimentaria y biodiversidad.

En España se ha publicado una estrategia de conservación de los polinizadores que diseña diversas iniciativas entre las que se incluye la participación de las infraestructuras de comunicación, transporte, energía y otros servicios.

Está científicamente demostrado que tanto las calles de seguridad eléctricas como los gasoductos, por las condiciones necesarias para su correcta operación, generan espacios abiertos, bien iluminados, con vegetación herbácea y en menor proporción de matorrales, que constituyen un hábitat adecuado para los polinizadores. Incluir dentro de las operaciones de mantenimiento de estos espacios los sistemas de gestión integrada de la vegetación, que permitan identificar las prácticas más eficientes en cuanto a coste económico y ambiental supone el gran reto para dotar a estos espacios de nuevos y ambiciosos objetivos. Esto se puede conseguir empleando soluciones basadas en la naturaleza, orientando la sucesión natural de estos espacios hacia comunidades vegetales de bajo mantenimiento que ralenticen el crecimiento de vegetación de porte alto. Se trata de un sistema que hay que ir adaptando a las condiciones concretas de cada entorno particular.

La estrategia de Biodiversidad 2030 en la Unión Europea establecen que el 10% de la superficie agrícola se debe destinar a elementos paisajísticos de gran diversidad biológica. En un estudio realizado en Suecia, se estima que indemnizar a un agricultor por dejar una hectárea sin cultivar puede suponer un coste que oscila entre los 500-1.500€/año, por el contrario, plantear mejoras en las calles eléctricas como siembras de especies estratégicas y desbroce de matorral para mantener espacios abiertos, implica unos costes de 42€/h y 14€/h al año respectivamente. Este caso particular ilustra las enormes oportunidades sobre estos espacios y su multifuncionalidad que se pueden explorar con beneficios económicos, ambientales y sociales.



Figura 1: titankas (*Puya raimondii*), la inflorescencia más grande del mundo, planta de la familia de las piñas (*Bromeliaceae*). Endémica de las zonas altoandinas donde crece entre 3.200-4.800m. Especie amenazada que cuenta con unas pocas poblaciones en Perú y Bolivia. Esta planta se desarrolla hasta los 100 años, momento en el que florece, produciendo esta enorme inflorescencia (a la izquierda) que puede alcanzar 8-10 m de altura, contener más de 8.000 flores (detalle del centro) que polinizan tanto insectos como aves, en concreto cuatro especies de colibríes, y producir más de cinco millones de semillas. Una vez la planta dispersa las semillas, el ejemplar muere (imagen de la derecha). Parque Nacional de Huascarán (Perú).

1.

¿Qué es una planta?

Tradicionalmente llamamos “plantas” a los miembros de un grupo de organismos denominado plantas vasculares (*Tracheophyta*). Se caracterizan por ser autótrofos, es decir, gracias a la fotosíntesis son capaces de fabricar sus propios nutrientes. Están organizados en base a un sistema denominado cormo, que posee un vástago aéreo, raíz subterránea y un sistema vascular que los vincula. Surgieron hace unos 450 millones de años (Ma), en el periodo Ordovícico de la era Paleozoica (Figura 2). Hasta la fecha se han identificado un total de 308.312 especies (Christenhusz & Byng, 2016).

Las plantas pueden sintetizar su propio alimento a partir de agua, sales minerales, CO₂ y luz solar mediante la fotosíntesis (autótrofas), constituyen la base de casi todos los ecosistemas terrestres al tratarse del grupo que aporta más biomasa y constituye el inicio de la mayoría de las cadenas tróficas. Desde el punto de vista paisajístico forma el elemento biológico más patente, puesto que la vegetación, entendida como comunidades de plantas, conforma un tapiz que en gran medida define y caracteriza cada bioma terrestre (selvas, bosques templados, praderas, etc.; ver Figura 3)). Otra de las características más patentes de este grupo es su incapacidad para moverse. Como se ha indicado, poseen una raíz que los fija al sustrato de por vida, y serán sus diásporas: esporas, semillas, frutos y propágulos de diseminación vegetativa, las que se desplacen y migren, de manera que puedan alcanzar nuevos espacios.

Las plantas se pueden reproducir mediante dos estrategias que serían la reproducción sexual y vegetativa o asexual. La primera supone la participación de dos sexos diferentes, de cuya fusión

surgirá un cigoto con dotación genética de ambos parentales. El cigoto generalmente se desarrolla hasta un estado embrionario determinado, para formar parte de la semilla, junto con otros tejidos que lo alimentarán en sus primeros estadios de desarrollo, denominado endospermo, en concreto hasta que pueda realizar de forma efectiva la fotosíntesis y así generar sus propios nutrientes para empezar su alimentación autótrofa. Para visualizar esta composición, si pensamos en un garbanzo, su pico sería el embrión y el resto sería el endospermo. Este tejido es también la parte que nos alimenta y hace tan nutritivo el consumo de semillas en sus diferentes versiones: legumbres, harinas y arroz entre otras, constituyendo en gran medida la base de nuestra alimentación. El embrión que contiene la semilla, gracias a las cubiertas que presenta, puede permanecer latente desde unos pocos meses hasta cientos de años, esperando a que las condiciones ambientales sean las adecuadas para reanudar su desarrollo, algo verdaderamente prodigioso. Por otro lado, la reproducción vegetativa supone que no existe un intercambio genético, los nuevos ejemplares son clones de la planta materna, con dotación genética idéntica. Esto se puede producir gracias a esquejes o trozos de tallo (geranio, romero, rosal), rizomas (jengibre, grama, caña), tubérculos (patata, boniato, chufa), estolones (fresa, trébol, cintas), etc. Este conjunto de estrategias reproductivas mucho más versátiles que en los animales, permiten a las plantas migrar y moverse, no de forma individual, aunque sí entre generaciones y de forma bastante efectiva. Como se verá más adelante, las plantas necesitan de “aliados” o vectores que permitan tanto la reproducción sexual (polinización), como la dispersión de frutos y/o semillas, que en muchos

casos implica la participación de algún animal, estableciéndose lo que se denominan relaciones mutualistas, ya que ambos organismos reciben un beneficio, generalmente el animal alimento y la planta, movimiento/desplazamiento del polen o de sus diásporas (Figura 3).

Dada la enorme diversidad de este grupo, con más de 260.000 especies vivas, las excepciones son frecuentes y en ocasiones insólitas a todas las generalizaciones que se acaban de comentar. Existen plantas acuáticas que flotan libremente y nunca están enraizadas al suelo. Se pueden encontrar plantas parásitas que no realizan la fotosíntesis porque se

alimentan emitiendo haustorios hacia su planta huésped. También hay plantas epífitas, que no enraízan en el suelo, sino sobre otras especies vegetales de mayor tamaño, árboles generalmente. La familia de las orquídeas (Figura 3) produce semillas prácticamente sin endospermo, porque para germinar establecen una relación simbiótica con un hongo, que alimenta al embrión para que pueda germinar y crecer, motivo por el que hasta hace relativamente pocos años era tan complejo reproducir esta familia de plantas en medios artificiales de vivero para su comercialización. La lista de excepciones sería interminable, pero los procesos generales comentados responden a la inmensa mayoría de las especies de plantas.



Figura 2: árbol filogenético de las Plantas Vasculares (tomado de Vagas y Zardoya, 2012). Las cifras relativas al número de especies actuales conocidas extraído de Chapman (2009). Los grupos en base a Strasburger (2003). Fotografías: a la izquierda una conífera, pino carrasco (*Pinus halepensis*), Cabo de Huertas (Alicante); a la derecha arriba una angiosperma, chicoreta (*Centaurea pullata*), Granada; y a la derecha abajo, helecho macho (*Dryopteris affinis*), PN de Ponga (Asturias).



Figura 3: de izquierda a derecha y de arriba abajo: dosel de la selva tropical en la Amazonía, PN Tambopata (Perú); dos meses después de unas intensas lluvias y tras siete años sin precipitaciones, desierto florido en Atacama (Chile). Abajo, hembra de mirlo común (*Turdus merula*) consume con voracidad los frutos del serval de los cazadores (*Sorbus aucuparia*) para alimentarse ella y su prole; tras su paso por el tracto digestivo, la mayoría de las semillas del fruto estarán intactas, con plena capacidad germinativa para cuando sean expulsadas en los excrementos, a cierta distancia ya del árbol madre (Madrid). A continuación, dos orquídeas, en primer lugar, la clavellina (*Orchis coriophora*) y a continuación una abejita (*Ophrys scolopax*), que emplea engaños sexuales para atraer a sus polinizadores. Finalmente, unos Lirios (*Lilium martagon*), se puede apreciar el distinto estado de maduración de los estambres, los rosados están inmaduros y los rojizos están liberando polen. Las tres últimas fotos realizadas en Alameda del Valle (Madrid).

2.

¿Qué es la polinización?

El término polen tiene su origen en la palabra latina pollinis, que se refiere a un polvillo muy fino. Lo producen las plantas con semilla o espermatofitas, constituidas por las plantas con flores, las coníferas (pinos, abetos, cipreses, enebros, sabinas, etc.), las cicadáceas y grupos afines, el Ginkgo y las efedras y grupos afines (Figura 2). Cada grano de polen contiene un gametofito masculino (microgametofito), por lo tanto, es uno de los elementos relacionados en la reproducción sexual junto con el gametofito femenino (macrogametofito). En la polinización¹, los granos de polen son transportados al micrópilo de los primordios seminales de las gimnospermas o a los estigmas de las angiospermas (Strasburguer, 2003). Una vez el grano de polen alcanza estas ubicaciones, se inicia el proceso de fecundación. En general y de forma resumida, el grano de polen emitirá un tubo polínico para llevar la célula espermática hasta la ovocélula. Este tipo de fecundación en la que no intervienen espermatozoides móviles, sino es el tubo espermático el que contacta con la célula femenina se denomina sifonogamia (Figura 4).

La reproducción sexual es el proceso de crear un nuevo organismo a partir de la recombinación genética de los gametos de los parentales. Este tipo de reproducción es una fuerza o motor evolutivo muy relevante que no se produce en la reproducción asexual. El objetivo de la reproducción sexual de las plantas será también que el grano de polen alcance el estigma (o micrópilo en el caso de gimnospermas) de una flor de otro ejemplar diferente. En el caso de que una planta se polinice a sí misma se produce lo que se denomina autogamia, en oposición a la polinización con otra planta distinta (alogamia; Figura 4). Existen diferentes mecanismos para evitar la autogamia:

- **Dioecia:** cuando las estructuras reproductoras masculinas y femeninas se encuentran sobre individuos diferentes. Este caso se produce en los álamos (*Populus sp.*) y sauces (*Salix sp.*), donde hay ejemplares masculinos y femeninos (Figura 6).

¹ Se recomienda visitar la página: https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/el-estallido-del-color-2_1668 donde se puede leer un sensacional artículo sobre la polinización titulado: "Polen: el amor está en el aire. El estallido de color" ilustrado por el artista **Martin Oeggerli** quien funde la ciencia, mediante imágenes de microscopía electrónica de barrido, con el arte, coloreándolas y creando trabajos de una enorme belleza. Se puede ver de manera muy gráfica la heterogeneidad de los granos de polen entre las diferentes especies (tamaño, forma y rugosidad superficial) en respuesta al tipo de polinización.

▪ **Monoecia:** ambos sexos en la misma planta, mediante la producción de flores hermafroditas, que poseen ambos sexos, o flores con sexos separados, pero sobre el mismo pie de planta. En este caso se podría producir autogamia al tener los dos sexos en la misma planta (Figura 6). Se puede evitar mediante diferentes posibilidades entre las que se pueden destacar:

- **Autoincompatibilidad:** se trata de un mecanismo genético por el que, si el gameto masculino y el estigma expresan el mismo gen de autoincompatibilidad, el proceso de fecundación queda interrumpido y el tubo polínico no alcanza el ovario.

- **Dicogamia:** la maduración de cada sexo se produce en diferentes momentos, por lo que no es posible la autogamia por un problema temporal. En ningún momento ambos sexos están receptivos, fisiológicamente se puede decir que son unisexuales.

- **Hercogamia:** la ubicación de los gametos de diferente sexo en una flor imposibilita la autogamia. Este mecanismo resulta efectivo si cada ejemplar solo produce una flor, pero en el caso de que produzca varias, no se autopolinizará con el polen de la misma flor, pero si pudiera hacerlo con el de otra flor de la misma planta (geitonogamia).

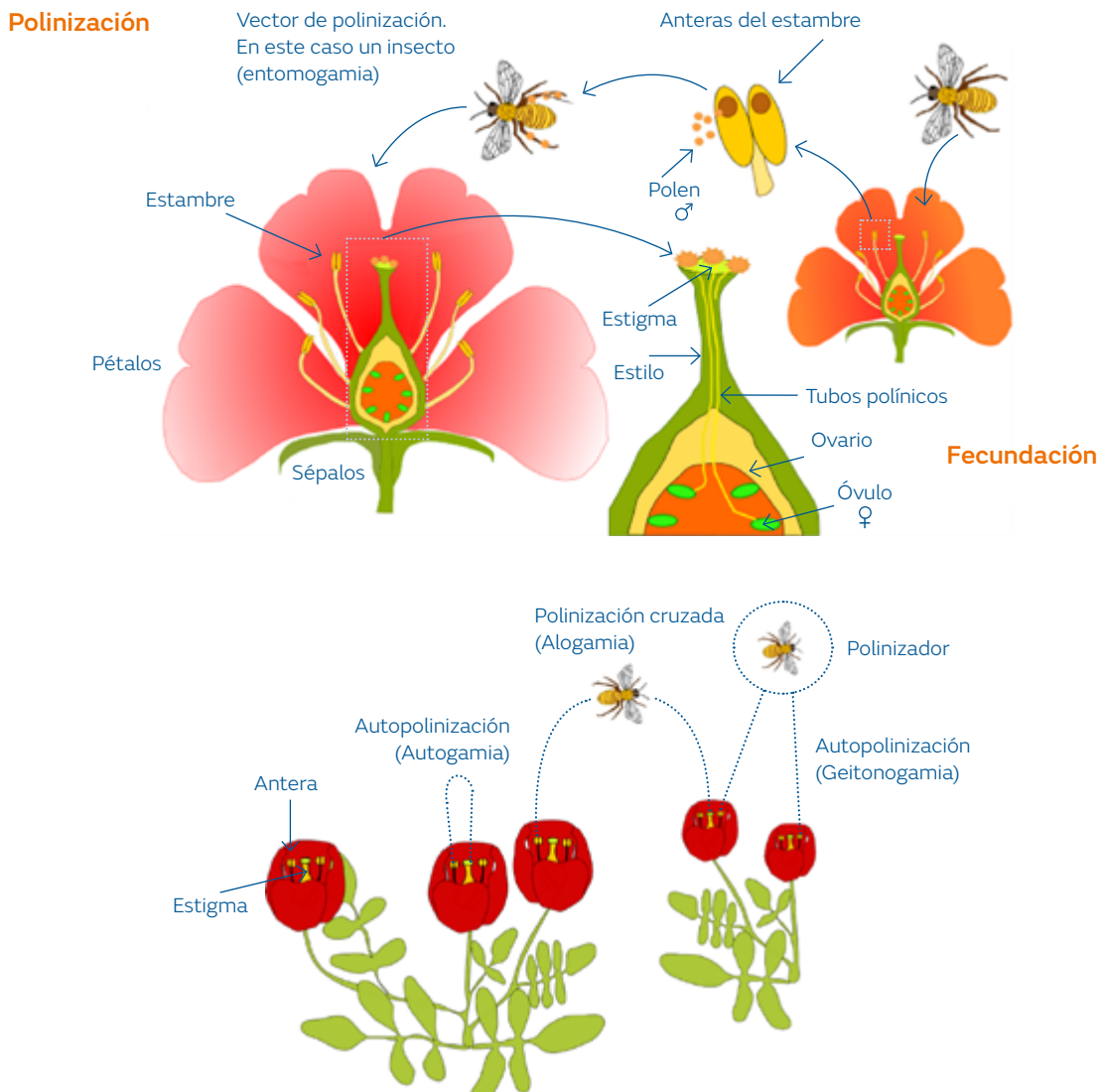


Figura 4: imagen superior, esquema del proceso de la polinización hasta la fecundación de una angiosperma, en este caso, mediada por un insecto. Imagen inferior, tipos de autopolinización ya sea en la misma flor (autogamia) o entre flores distintas del mismo individuo (geitonogamia) y polinización cruzada (alógamia).

En definitiva, que la reproducción sexual se lleve a cabo de forma efectiva es relevante para las diferentes especies, para su mejora genética. Muchas especies mantienen la capacidad de autofecundarse lo cual puede ser muy útil para una planta que coloniza un nuevo espacio y solo llega un ejemplar, o para garantizar un número de diásporas fértiles para la siguiente generación. En el caso de las plantas, dado lo restringido de sus movimientos, participan tres grandes vectores (Figura 6) para transportar el polen desde los estambres hasta el estigma: el viento (anemofilia), el agua (hidrofilia) y diversos animales (zoofilia).

La enorme variedad que existe en las plantas con flores solo se puede comprender si lo relacionamos con la polinización mediada por animales (Figura 5), que es la más frecuente, con más del 90% de las especies (Ollerton et al., 2011; Vargas, 2012). Presentan características florales adaptadas, denominadas síndromes, para murciélagos (quiropterofilia), pájaros (ornitofilia), moscas (dipterofilia), mariposas (psicofilia), hormigas (mirmecofilia) y abejas (melitofilia). Supone la causa de la riqueza en especies en la medida de que la creciente especialización de las flores en unos pocos polinizadores o solo uno, ha dado como resultado el aislamiento reproductivo, el cual constituye un factor esencial de la formación de especies (Strasburger, 2003). Por lo tanto, la relación mutua entre las plantas con flores y polinizadores dirigió la evolución y la radiación de estos grupos, convirtiéndolos en las dos líneas terrestres más exitosas del planeta (Waser et al., 1996).

La planta debe ser capaz de captar la atención del polinizador durante bastante tiempo y con regularidad. Para llamar la atención dispone de medios de reclamo y para garantizar la regularidad se obtiene mediante recompensas. Los principales medios de reclamo se basan en dos estrategias: el color de las flores y su aroma. Mediante estas señales visuales y químicas, las flores captan la atención de sus polinizadores. Una vez que el polinizador llega a la flor puede encontrar dos tipos de recompensas, polen o néctar con el que alimentarse. El polen es rico en

proteínas, grasas, hidratos de carbono y vitaminas. Las denominadas flores poliníferas lo producen en exceso con este fin. Por el contrario, las flores nectaríferas, producen una disolución azucarada a base de sacarosa, fructosa y glucosa (néctar) que puede contener también algún aminoácido. Otra estrategia minoritaria es captar la atención del insecto no para alimentarse, sino para reproducirse. Algunas flores perfumadas son capaces de imitar las feromonas (atractores químicos sexuales) de determinados insectos, o sus flores adoptan formas, colores y texturas que pueden parecer hembras receptivas, como en el caso de algunas orquídeas; o incluso algunas inflorescencias pueden servir de lugar de cría para determinados insectos como sería el caso de las higueras (*Ficus* sp.).

Los principales grupos de animales que realizan este servicio serían: algunos mamíferos tales como murciélagos y otros pequeños mamíferos pertenecientes a grupos de los primates o de los marsupiales (zarigüeyas, lemures, oposum, etc.), algunas aves (Figura 7), en especial las familias de los colibríes (*Trochilidae*) distribuida por América y la de los nectarínidos (*Nectariniidae*) que cumplen el mismo papel ecológico en Asia y África (del Hoyo, 2020); algunos reptiles entre los que destacan las familias de los lagartos (*Lacertidae*) y gekos (*Gekkonidae*) principalmente; y por último, los insectos, grupo mayoritario tanto en número de especies como en volumen de interacciones. Los insectos y grupos afines constituyen los hexápodos más diversos de los ecosistemas terrestres con un total de aproximadamente un millón de especies descritas (Ribera y Beutel, 2012). Los insectos están constituidos por numerosos órdenes y en el caso particular de la Península Ibérica se pueden destacar las abejas (*Hymenoptera*), como el grupo de insectos polinizadores más importante (Ortiz-Sánchez et al., 2018) aunque otros grupos también juegan papeles destacados como serían los escarabajos (*Coleoptera*), moscas (*Diptera*), mariposas y polillas (*Lepidoptera*) y los himenópteros que no son abejas, es decir, hormigas y avispas, todos ellos a pesar de ser considerados polinizadores secundarios (Stefanescu et al., 2018).

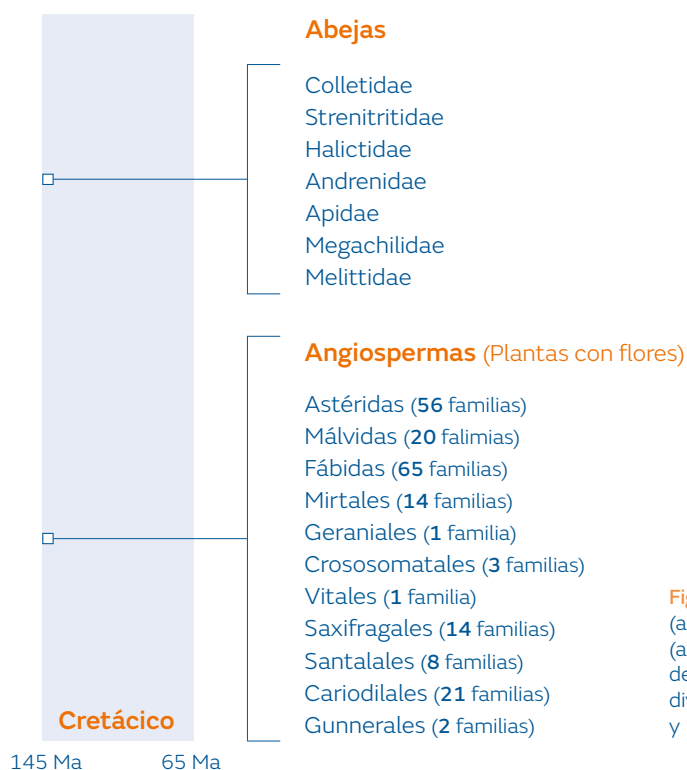


Figura 5: filogenias superpuestas de familias de abejas (arriba) y de órdenes y subclases de angiospermas (abajo). Se puede apreciar la sorprendente coincidencia de la aparición de las primeras abejas con una notable diversificación de grupos de angiospermas hace entre 125 y 100 millones de años (tomado de Vargas y Zardón, 2012).

Riqueza de insectos polinizadores en España

Orden	Grupo	Nº de especies en Península ibérica
Hymenoptera	Abejas	1.100
	Avispas	550
	Hormigas	300*
Coleoptera	Escarabajos	750
Lepidoptera	Mariposas y polillas	5.000*
Diptera	Moscas	429

Tabla 1: número estimado de especies de insectos polinizadores en España. Basado en las cifras publicadas en Ortiz-Sánchez y colaboradores (2018) para las abejas y Stefanescu y colaboradores (2018) para el resto de los grupos. Las abejas son insectos polinizadores estrictos, mientras que el resto de los grupos pueden serlo durante una etapa de su desarrollo, de forma ocasional, etc. Dado el desconocimiento sobre la autoecología de muchas especies de insectos, no se puede indicar a ciencia cierta cuantas especies actúan como polinizadores, por este motivo en el caso de hormigas, así como en mariposas y polillas, se indica el número de especies totales presentes en las Península Ibérica^(*). Para el resto de los grupos se hace una estimación de especies polinizadoras.



Figura 6: de izquierda a derecha y de arriba abajo: el grupo de los sauces (*Salix sp.*) está constituido por especies dioicas, lo que supone que en cada pie de planta solo tiene un sexo, por lo que necesita de otro ejemplar de sexo contrario para completar la reproducción sexual. A la izquierda conjunto de flores femeninas, solo presentan estilos, de una salguera (*Salix salviifolius*) río Guadarrama (Toledo); a continuación, un grupo de flores masculinas que solo presentan estambres, de bardaguera (*Salix fragilis*), río Lozoya (Madrid). Flores hermafroditas, con estambres y pistilo del tulipán silvestre (*Tulipa sylvestris*), Alameda del Valle. Flor hermafrodita de amapola (*Papaver rhoeas*), se pueden apreciar los estambres liberando polen de color beige que produce en exceso para ofrecer como alimento, taludes de la M-12 (Madrid). Abajo a la izquierda, las fanerógamas marinas emplean el agua para transportar el polen, en la imagen, una Cymodoceacea sobre fondo arenoso entre corales. Mar Rojo en Jeda (Arabia Saudí). En el centro, las gramíneas emplean el viento como vector para la polinización, en este caso, el esparto (*Stipa tenacissima*) con sus estambres colgantes y liberando polen; Cabo Huertas (Alicante). A la derecha, un jopo (*Cistanche filipaea*), una planta cuyas partes vegetativas permanecen subterráneas parasitando las raíces de matorrales, generalmente de la familia de las chenopodiáceas, en este caso sobre una escobilla que se ve detrás (*Salsola genistoides*). Solo emerge para emitir sus vistosas flores que polinizan los insectos, así como para dispersar sus semillas, San Vicente del Raspeig (Alicante).



La planta debe ser capaz de **captar la atención del polinizador** durante bastante tiempo y con regularidad. Para llamar la atención dispone de medios de reclamo y para garantizar la regularidad se obtiene mediante recompensas.

Himenópteros (abejas, avispas y hormigas)

Abejas

Al mencionar este grupo la población en general rápidamente lo relaciona con las abejas melíferas, en concreto con la abeja doméstica (*Apis mellifera*; **Figura 7**). Piensa en estos animales eusociales (nivel elevado de organización social animal) y generaliza todo lo que conoce sobre esta especie al grupo en general. Nada más alejado de la realidad. En primer lugar, cabe destacar su diversidad con más de 20.000 especies descritas, distribuidas por todo el mundo, en todos los continentes y hábitats allí donde haya flores. Más del 75% de las especies son solitarias. Las abejas se alimentan en todas las fases de su vida de polen, néctar y en menor medida de aceites esenciales vegetales. Durante la reproducción y sobre todo en la crianza de las larvas, momento en el que resulta necesario una dieta rica en proteínas, las abejas la aportan mediante el polen. Las abejas poseen un aparato bucal de tipo masticador-lamedor, con una lengua (glosa) de tamaño variable que le permite extraer el néctar y unas mandíbulas para consumir polen. Aproximadamente la mitad de las especies de abejas nidifican en el suelo, excavando allí sus nidos. Otras especies emplean barro para construir los nidos, ocupan nidos viejos de aves, huecos entre rocas, agujeros en la madera, etc.

En definitiva, se trata del grupo de insectos polinizadores por excelencia, tanto de plantas silvestres (aproximadamente el 90% de las plantas con flores) como de cultivos (84% de plantas cultivadas se polinizan por abejas o abejorros). La polinización mediada por estos animales incrementa la calidad y durabilidad de los frutos (Garrat et al., 2014). También cabe destacar que el servicio de polinización, muchas veces atribuido exclusivamente a las abejas domésticas, cuyas colmenas se rotan entre cultivos, cada vez son más los estudios que ponen énfasis en la importancia y volumen de la polinización realizada por abejas silvestres. Un problema adicional de este manejo artificial de polinizadores es la difusión de enfermedades y patógenos, que suele estar asociada al uso de estos insectos domésticos que se emplean y trasladan por los cinco continentes (Ortiz-Sánchez et al., 2018).

Avispas

Este grupo está integrado por todos los himenópteros que no son ni abejas ni hormigas. Constituido por alrededor de 115.000 especies, algunas de estas especies son fitófagas, pero la mayoría son parasitoides o depredadoras, desempeñando una notable función ecosistémica como controladoras de poblaciones de muchos insectos que sirven de alimento a sus larvas.

Los adultos de numerosas especies de avispas requieren néctar para el adecuado desarrollo de sus actividades, y por lo tanto pueden desempeñar cierto papel como polinizadores, que puede llegar a ser importante en algunos casos. Aunque la mayoría de las relaciones avispa-flor son de tipo generalista, existen algunos ejemplos de relaciones especializadas (Stefanescu et al., 2018).



Figura 7: herbazal de flora silvestre en el margen de una pista agrícola en plena floración. Hembra de picaflor del norte (*Rhodopis vesper*) polinizando un gandul (*Nicotiana glauca*), Atacama (Chile). Una aurora (*Anthocharis cardamines*), mostrando su espiritrompa sobre una flor de alfalajera (*Anthericum liliago*). Abajo, escarabajo de las rosas (*Cetonia aurata*) consumiendo polen en una flor de rosa silvestre (*Rosa canina*), Alameda del Valle (Madrid). Abeja melífera (*Apis mellifera*) recogiendo polen de una flor de jara blanca (*Cistus albidus*) se puede apreciar que ya ha recogido bastante y lo acumula en sus patas posteriores, en una bola naranja, arboreto de la UPM (Madrid). Flor de aguileña (*Aquilegia vulgaris*), con cinco largos espolones donde esconde el néctar, solo accesible a insectos con un aparato bucal lo suficientemente largo; Cangas de Onís (Asturias).

Hormigas

En la Península Ibérica hay catalogadas unas 300 especies de hormigas. A pesar de esta escasa riqueza de especies si la comparamos con otros grupos de insectos, la suplen con su relevancia en biomasa que llega a ser espectacular, constituyendo el 10% de la biomasa animal (archipiélago de Tvärminne), o superar la de los vertebrados (selva tropical brasileña). Su enorme éxito ecológico se debe a la eusocialidad, llegando a los niveles más altos de organización social animal. Las hormigas ibéricas buscan generalmente su alimento en las plantas, ya sea consumiendo néctar o polen, recogiendo semillas o pastoreando pulgones. En su actividad de forrajeo visitan y consumen los recursos presentados por las flores y realizando la polinización.

Coleópteros

Escarabajos

Se han determinado más de 400.000 especies. Se tiene registros fósiles desde hace 285 millones de años, en el periodo Pérmico, y rápidamente empiezan a ser abundantes desde principios de Triásico. Probablemente fueron de los primeros polinizadores al asociarse a diversas plantas primitivas. La radiación evolutiva de las angiospermas y la diversificación de los principales linajes de escarabajos coinciden en el tiempo (Hunt et al., 2007). Hay determinados grupos de escarabajos que presentan querencia por visitar las flores. Tiene un aparato bucal masticador, por lo que tradicionalmente se les atribuía un carácter destructivo sobre las flores, aunque son frecuentes las adaptaciones a la alimentación de polen y néctar en numerosos grupos (Figura 7). La elevada pilosidad de sus partes inferiores les permite transportar polen. Se han descrito cuatro características generales en lo que su efectividad como polinizadores se refiere: (i) marcado carácter generalista tanto de los coleópteros como de las flores que visitan, (ii) constancia floral moderada, (iii) elevada capacidad de dispersión en términos de distancias, pero (iv) baja movilidad en cuanto a número de desplazamientos por unidad de tiempo. A estas generalidades hay que añadir ciertos casos concretos de comportamiento destructivo al alimentarse de tejidos florales (Stefanescu et al., 2018).

Lepidópteros

Mariposas nocturnas y diurnas

Más de 150.000 especies se han identificado hasta la actualidad, de las que 18.000 son ropaloceros o mariposas diurnas y el resto heteróceros o mariposas nocturnas. A lo largo de la evolución, la presión por herbivoría de las larvas de los lepidópteros (orugas) ha originado estrechos procesos coevolutivos. Por ejemplo, la familia de las lechetreznas (*Euphorbiaceae*) sintetizan un alcaloide tóxico presente en su látex, que le confiere protección frente a la herbivoría en general. Algunas especies de lepidópteros, como la esfinge de las lechetreznas (*Hyles euphorbiaceae*), cuyas larvas se alimentan de estas plantas, presentan la capacidad de almacenar este alcaloide tóxico en sus cuerpos. Esta capacidad les confiere a su vez defensa frente a la depredación, ya que estas orugas se convierten en tóxicas, carácter que advierten con su coloración a base de tonos amarillos, negros y rojos.

Los lepidópteros tienen una adaptación morfológica única para alimentarse de sustancias líquidas, especialmente de néctar, la espiritrompa (Figura 7). Consiste en un tubo hueco succionador que se mantiene enrollado en la parte inferior de la cabeza y que se extiende en el momento de la alimentación. Este grupo de insectos mantiene una estrecha relación con las angiospermas dado que en estado adulto, muchas especies se alimentan exclusivamente de néctar. Por otro lado, la capacidad que tienen de acceder al néctar sin contactar con órganos reproductivos observado en algunos grupos de flores, ha producido que se les considere también “ladrones de néctar”, al consumirlo sin realizar la acción beneficiosa para la planta, es decir, rompiendo la relación de mutualismo (Stefanescu et al., 2018).

Dípteros

Moscas

Surgen hace unos 200 millones de años. El tipo de vuelo que realizan, rápido y vigoroso, capaces de detenerse en vuelo (cernirse) incluso volar hacia atrás, es dependiente del consumo de azúcares, para lo que presentan trompas succionadoras, generalmente de tamaño pequeño y mediano. Dentro de este amplio grupo se encuentran los sírfidos (*Syrphidae*) o moscas de las flores, que están ampliamente distribuidos por toda la región Paleártica con unas 6.000 especies. Los adultos se alimentan casi exclusivamente de néctar, mientras que las larvas presentan diferentes modos de alimentación entre los que destacan las larvas depredadoras que se alimentan de pulgones, cochinillas, mosca blanca, etc. ejerciendo un importante papel de control natural de estas plagas. Son eficientes polinizadores, también en sistemas agrícolas polinizando cultivos (Stefanescu et al., 2018).



Figura 8: típico ejemplar macho de la familia de los licaénidos, caracterizados por unos colores más llamativos que las hembras, polinizando en este caso flores de una leguminosa (*Lotus* sp.).

3.

Biodiversidad y servicios ecosistémicos

Existen numerosas definiciones relativas al concepto de biodiversidad, todas ellas mencionan la variabilidad de las formas de vida en todas sus formas y combinaciones. La definición más extendida podría ser la que se acordó en el seno de Naciones Unidas en el Convenio sobre Biodiversidad (CDB) celebrado en Río de Janeiro en 1992 y sería: “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros sistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”. La biodiversidad abarca, por tanto, la enorme variedad de formas mediante las que se organiza la vida. Incluye todas y cada una de las especies que cohabitan con nosotros en el planeta, sean animales, plantas, virus o bacterias, los espacios o ecosistemas de los que forman parte y los genes que hacen a cada especie, y dentro de ellas a cada individuo, diferente del resto (Fundación Biodiversidad, 2021). La extinción de alguna forma de vida supone una pérdida irreparable.

Se denominan servicios ecosistémicos o ambientales aquellos beneficios que un ecosistema aporta a la sociedad de manera que mejora su salud, la economía o la calidad de vida de las personas (CREAF, 2016). Estos beneficios resultan del propio funcionamiento de los ecosistemas. Existen cuatro grupos de servicios ecosistémicos: de aprovisionamiento (bienes o materias primas que ofrece el ecosistema), regulación (derivan del funcionamiento de los ecosistemas: regulación del clima, ciclo del agua, control de la erosión, polinización, etc.), culturales (relacionados con el tiempo libre, ocio y otros aspectos culturales) y de soporte (procesos naturales que garantizan

la mayoría de los anteriores). La capacidad de un territorio de ofrecer servicios ambientales o ecosistémicos depende del capital natural del que dispone, entendido como el stock de recursos naturales capaces de proveer de estos servicios a la población (CR Cap Nat, 2020). Existen cuatro tipos de Capital Natural: (i) renovable (especies vivas, ecosistemas), (ii) no renovable (petróleo, carbón, minerales), (iii) recuperable (atmósfera, agua potable, suelos fértiles) y (iv) cultivado (áreas de producción agropecuaria y silvopastorales).

La Restauración del Capital Natural (RCN) recoge una serie de conceptos y herramientas que pretenden integrar de manera armónica a la sociedad con el ambiente a nivel local, regional, nacional y mundial. La RCN se relaciona directamente con el incremento, la inversión o la recuperación de las reservas de capital natural, con la finalidad de promover el bienestar humano y la conservación de los ecosistemas a largo plazo. De esta manera se integra la economía y la ecología de forma que se beneficie a la población y mejore la calidad del ambiente que la acoge de manera sostenible (Aronson et al., 2007).

En definitiva, todos estos modernos conceptos acuñados en las últimas décadas buscan posicionar al ser humano en el centro de nuestra relación con la naturaleza, de manera que la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad de nuestras actividades está vinculada a nuestra salud, calidad de vida y economía. Ya a finales del siglo pasado, un surtido grupo de investigadores de diversas nacionalidades publicaron en la prestigiosa revista científica *Nature*, un artículo sobre el valor de los servicios ecosistémicos y el capital natural

(Constanza et al. 1997), cuya principal conclusión es que midiendo solo algunos de los servicios ecosistémicos, el importe económico de su valor de mercado supera en un rango de 1-3 veces el producto interior bruto mundial, y se considera una estimación muy conservadora. Este dato revela que estos conceptos y su solvencia ya viene desde hace más de veinte años, luego el proceso de transferencia desde la investigación hasta la sociedad y por ende, hacia las empresas se está produciendo de forma extraordinariamente lenta, probablemente por las propias incertidumbres que puede generar, así como su repercusión económica.

La pérdida de biodiversidad es un hecho incontestable que alcanza efectos alarmantes a medida que se realizan nuevos estudios. La causa que está provocando más pérdida de biodiversidad en

el planeta, es la propia pérdida de hábitats y su fragmentación, en definitiva, los cambios del uso del suelo. También tiene un gran impacto para la biodiversidad la contaminación y la deposición de nutrientes de los fertilizantes, de los pesticidas y de cuanto estamos usando (Traveset, 2017). La evolución en las políticas relativas a conservación de la biodiversidad y patrimonio natural indican que revertir este proceso es complejo y necesita de nuevos esfuerzos por parte de todos los sectores de la sociedad. Por otro lado, se impone la idea de que conservar la biodiversidad no es cuestión solo de hacerlo en los espacios naturales, comienza por el cuidado y conservación de la biodiversidad que nos rodea, ya sea en entornos urbanos o rurales. Luego el nuevo paradigma sería que cualquier superficie es útil para conservar la biodiversidad y ofrecer servicios ecosistémicos a la sociedad.

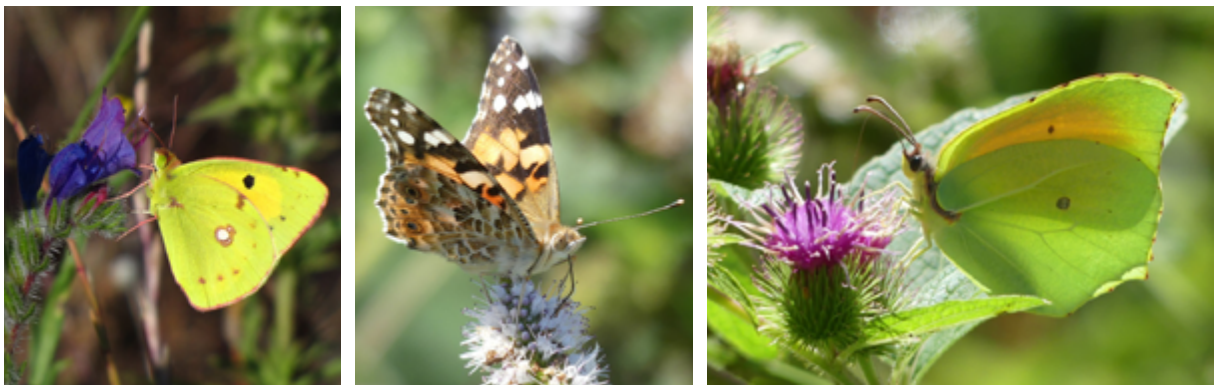


Figura 9: diferentes mariposas alimentándose de néctar, de izquierda a derecha: Colias común (*Colias crocea*) sobre una viborera (*Echium plantagineum*), Vanesa de los cardos (*Cynthia cardui*) sobre una inflorescencia de menta mastranza (*Mentha suaveolens*) y una cleopatra (*Gonepteryx cleopatra*) sobre una inflorescencia de lampazo (*Arctium minus*).



Conservar la biodiversidad no es cuestión solo de hacerlo en los espacios naturales, comienza por el **cuidado y conservación de la biodiversidad que nos rodea**. El nuevo paradigma sería que cualquier superficie es útil para **conservar la biodiversidad y ofrecer servicios ecosistémicos**.

4.

Redefiniendo la biodiversidad: teoría de las redes mutualistas

“Los grandes avances, en todos los ámbitos, se dan a partir de la cooperación creativa frente a la competencia y la depredación”.

Las relaciones de dependencia en beneficio de todos los participantes (mutualistas), como las que se establecen entre plantas y animales para la polinización y dispersión de sus frutos han desempeñado una función muy importante en la generación de la biodiversidad. De hecho, en el conocimiento de estas redes mutualistas se encuentra la respuesta a cómo responderá la propia biodiversidad frente a la gran variedad de perturbaciones a las que se ve sometida: pérdida de hábitat, invasiones biológicas, sobreexplotación de recursos naturales o el cambio climático. Por ejemplo, ¿cómo afectará la extinción de una especie a estas redes de interdependencias? ¿Se verán afectadas sólo una o dos especies, o, por el contrario, iniciará una avalancha de coextinciones que se propagarán por toda la red? Para dar respuesta a estas preguntas es necesario conocer la estructura de la propia red. Todas las redes presentan un patrón común, se trata de estructuras muy cohesionadas, heterogéneas y basadas en dependencias débiles y asimétricas entre especies. La arquitectura no puede descomponerse en el estudio de pares de especies, como tampoco podemos entender el desarrollo embrionario sólo estudiando genes aislados. Entender la organización de estas interacciones como redes complejas de interdependencia, en lugar de limitarse a pares aislados de especies, puede ayudar a comprender con mayor profundidad las condiciones por las que se sustenta la vida.

A menudo equiparamos la biodiversidad al número de especies que existe en un ecosistema. Pero existe otro componente de igual relevancia, la forma en que

interaccionan las especies implicadas. La desaparición de las interacciones resulta tan perjudicial y presenta efectos de tan largo alcance como la extinción de las especies (Bascompte y Jordano, 2008). El estudio de la ecología de las comunidades tenía como grandes pilares la competencia entre especies y la depredación, gracias a estos estudios, las relaciones de dependencia mutua y sus redes, tienen un papel preponderante en lo que se denominan las redes de la vida.

A modo de ejemplo, la biodiversidad es una película cinematográfica en la que están los actores que intervienen en la misma, que sería la biodiversidad en sentido estricto, y por otro lado estaría el guion de la película, que se correspondería con las interacciones entre los diferentes elementos que componen la biodiversidad. Existen películas muy malas con grandes actores, así como buenos guiones destrozados por malas actuaciones. La clave reside en un equilibrio entre buenos actores y guiones. En los ecosistemas se necesita de una biodiversidad sana y compleja, así como todas las interacciones posibles entre todos sus elementos, que garantizan su funcionalidad y resiliencia. Por otro lado, en una buena película si empiezas a eliminar secuencias, rápidamente perderá calidad, incluso sentido. Esas secuencias serían grupos de interacciones y los elementos que participan. En definitiva, la biodiversidad es más que un conjunto de elementos, porque se suman sus interacciones. Al ser una red compleja, heterogénea y asimétrica, la desaparición de unas pocas especies puede implicar el colapso del conjunto.

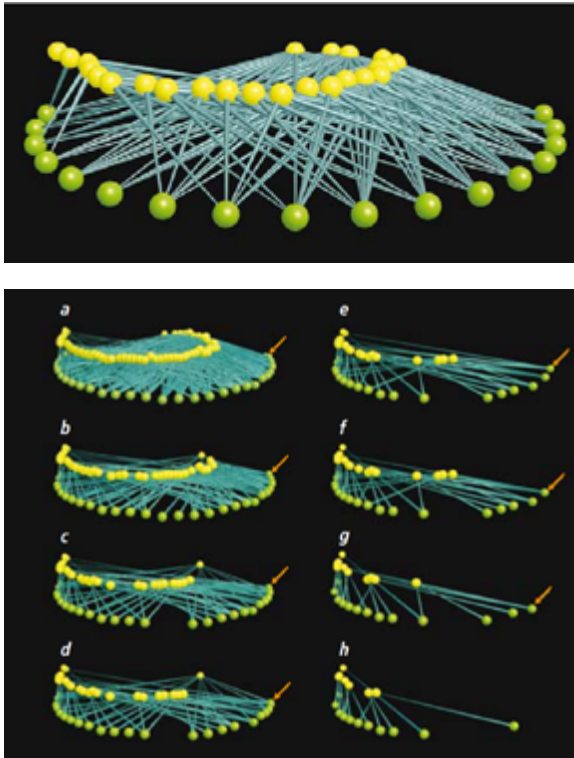


Figura 10: en la parte superior, interacciones mutualistas entre plantas (bolas verdes) y animales (bolas amarillas) que las polinizan o dispersan sus frutos. Las barras entre especies muestran las interacciones. En la parte inferior, se modeliza cómo afecta la desaparición de una especie, la que se muestra con la flecha naranja. Se puede apreciar cómo la extinción de unas pocas especies tiene efectos catastróficos en la red (tomado de Bascompte y Jordano, 2008).

Las interacciones planta polinizador son consideradas una de las interacciones más particulares y complejas que existen (Johnson & Steiner, 2000) y juegan un papel crucial en la conservación y funcionamiento ecosistémico. Inicialmente se estudiaban las

relaciones entre pares de especies, pero actualmente se realiza una aproximación a comunidades enteras, donde se verifica que la mayoría de las especies interactúan con más de una especie constituyendo lo que se conoce como redes de polinización. Si se generara una red artificial de polinización, esta sería homogénea, sin la presencia de nodos hiperconectados y algunos muy poco conectados. Las redes naturales son muy heterogéneas, con presencia de nodos hiperconectados y muchos nodos muy poco conectados, lo que ya establece un gradiente entre especies generalistas, hiperconectadas, y especialistas, muy poco conectadas (Beltrán y Traveset, 2018).



Figura 11: díptero de la familia *Bombyliidae* con una enorme probóscide para acceder a fuentes de néctar profundas, descansando sobre una flor de botón de oro (*Ranunculus* sp.). Alameda del Valle (Madrid).

5.

Servicio ecosistémico de la polinización

La polinización es el proceso de transferencia de polen desde la parte masculina de la flor (estambres/ anteras) a la parte femenina (estigma) en la que participan dos tipos de vectores, bióticos (insectos y otros animales) y abióticos (viento y agua). Gracias a este proceso se puede producir la fecundación y maduración de semillas y frutos que permite la reproducción de un alto porcentaje de plantas que brindan alimento y sustento a todos los seres vivos de las cadenas alimenticias incluyendo la humanidad (FAO, 2016).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, por consenso entre los países signatarios del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), ejerce la tarea de facilitar y coordinar la Iniciativa Internacional para la Conservación y la Utilización Sostenible de los Polinizadores (*International Pollinator Initiative - IPI*) y como tal, elaboró un plan de acción para cumplir, con la contribución de los gobiernos y otras organizaciones, con los objetivos de la Iniciativa estableciendo entre otras actividades: proporcionar un análisis completo de la situación y tendencias de la diversidad de polinizadores del mundo y de las causas subyacentes a su disminución así como los conocimientos locales para su gestión.

La Unión Europea también está desarrollando iniciativas en este sentido, al igual que España como estado miembro, que actualmente está ultimando la preparación de un sistema de seguimiento de polinizadores. Esta herramienta permitirá mejorar el conocimiento sobre el estado de conservación y tendencias de las especies polinizadoras, así

como mejorar el conocimiento sobre los factores que amenazan su recuperación, cubriendo las importantes carencias de conocimiento que existen actualmente en relación con este grupo de especies. La información que se generará mediante este nuevo sistema de seguimiento será fundamental para la implementación de la Estrategia nacional para la conservación de polinizadores, contribuyendo a la adopción de medidas adecuadas para la conservación y recuperación de sus poblaciones y al mantenimiento y recuperación de los importantes servicios ambientales que los polinizadores prestan a nuestra sociedad y economía.



Figura 12: diferentes frutos de fresa, a la izquierda, un fruto formado cuando la planta tenía libre acceso a polinizadores y otros agentes como el viento. En el centro, una fresa formada exclusivamente por autopolinización y a la derecha, además de la autopolinización la planta estaba expuesta al viento. Se puede apreciar cómo la producción de fresas está claramente condicionada por la participación de polinizadores en el proceso de fecundación, insectos en este caso (tomado de la página web de la investigadora alemana Kristin Krewenka: http://www.user.gwdg.de/~uaoe/mitarbeiter/k_krewenka_e.htm)

Al estar directamente implicada en nuestra alimentación y producción de otros recursos naturales (forrajes, fibras, medicinas, etc.) que entran rápidamente en la economía de mercado, resulta relativamente sencillo cuantificar económicamente su valor (Figura 13). Una estimación realizada en 2008 por un equipo europeo de investigadores dirigido por la Dra. Nicola Gallai, basado en el análisis de 100 cultivos empleados exclusivamente en la alimentación mundial, establecieron un valor de 153.000 millones de euros, lo que representa el 9,5% del valor total de la producción agrícola empleada para la alimentación (Gallai et al., 2008).

Se estima que en uno de cada tres bocados de comida y bebida que nos llevamos a la boca, proviene de cultivos polinizados por insectos, que van desde el café que bebemos por la mañana hasta la manzana del pastel que comemos de postre en la cena (EPRI, 2018). Aunque el valor real debe ser muy superior, ya que determinados cultivos que supuestamente pueden prescindir de la intervención de polinizadores mejoran notablemente su rendimiento cuando participan del proceso (Figura 12).

Además de estas cifras económicas cuantificables, existen otros datos no monetarizados, pero de valor muy superior, como sería que el 90% de las especies vegetales necesitan de la concurrencia de animales para su correcta reproducción (Vargas y Zardón, 2012) con todas las implicaciones que esto tiene para sustentar la biodiversidad, así como en la estructura y función de los ecosistemas de todo el planeta.

Existen evidencias del **declive de los polinizadores a nivel mundial**, tal como recoge el informe de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) de 2016, sobre polinizadores,

polinización y producción de alimentos, que advierte que, en Europa, el 9% de las abejas y de las mariposas, están amenazadas; y que las poblaciones disminuyen para el 37% de las abejas y el 31% de las mariposas. Entre las principales amenazas figuran (Sonsequi y Domínguez, 2018):

- El **cambio en el uso de la tierra** mediante la destrucción y alteración de los hábitats es sin duda la razón más relevante.
- La **gestión intensiva** de la agricultura y del uso de los plaguicidas. Se puede destacar el efecto contrastado de los neonicotinoides sobre el declive de las poblaciones de abejas.
- La **contaminación ambiental**.
- Las **especies exóticas invasoras**, en particular los propios polinizadores no nativos manejados que pueden ocasionar graves daños a las comunidades de polinizadores nativos. Además, cabe señalar que son mucho menos efectivos y eficientes que las comunidades de polinizadores locales, lo que supone una gran controversia.
- Los **patógenos**. El manejo de los polinizadores (abejas y abejorros principalmente) ha promovido la transmisión de enfermedades debido a las estresantes condiciones transporte en las que se manejan estos animales (altas temperaturas y enormes densidades), lo que les debilita y son susceptibles de enfermar y portar patógenos.
- **Cambio climático**, al producir alteraciones en la fenología de floración y su correspondiente asincronía para la necesaria coexistencia temporal de los agentes implicados.



Figura 13: puestos de frutas y verduras en un mercadillo de abastos en Valparaíso (Chile), muchos de estos productos necesitan del servicio de la polinización para que lleguen a nuestra mesa.



El **90%** de las especies vegetales necesitan de la concurrencia de animales para su correcta reproducción con todas las implicaciones que esto tiene para **sustentar la biodiversidad.**

6.

Calles eléctricas y gasoductos, escenarios singulares

Las infraestructuras lineales de transporte terrestre comparten una serie de características que conviene repasar y analizar. En primer lugar, como su nombre indica, son infraestructuras, es decir elementos funcionales para nuestra sociedad y economía. Presentan una geometría singular, lineal, ya que su objetivo es conectar diferentes puntos y así proporcionar el servicio entre dichos enclaves. Las principales infraestructuras de estas características serían las carreteras y ferrocarriles, como infraestructuras de transporte de personas y mercancías, las calles eléctricas y gasoductos, que transportan energía y los canales que transportan agua. Los elementos que se desplazan por estas infraestructuras resultan imprescindibles y estratégicos para la sociedad por lo que están reguladas por diversa normativa y legislación para garantizar su operatividad. En función del tipo de infraestructura los requerimientos para su buen funcionamiento serán diferentes, pero todas llevan implícitas expropiaciones, servidumbres y/o derechos de paso, lo que los anglosajones denominan *rights of way* (ROW). Efectivamente, las superficies sobre las que el paso de la infraestructura supone una alteración necesaria durante la vida útil de la infraestructura, generalmente se expropia, como sería el trazado de una carretera, ferrocarril o canal, así como la superficie sobre las que se asientan las bases de los tendidos eléctricos. Adicionalmente se establecen unas servidumbres entorno a la infraestructura para garantizar su operación, que pueden afectar a las actividades que se puedan desarrollar en el entorno (edificación, laboreo, plantaciones, repoblaciones, etc.) que serán

particulares según el tipo de infraestructura y sus necesidades. Por último, puede existir un derecho de paso para poder acceder en todo momento para realizar labores de mantenimiento, reparación o sustitución de sus diferentes elementos.

Dentro de la extensa normativa de obligado cumplimiento para operar estos singulares espacios, en el caso concreto de las líneas eléctricas y gasoductos destacan las siguientes:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Ley 34/1998, de 7 de octubre, del sector de hidrocarburos.

Para el objeto que nos ocupa, resultan especialmente interesantes aquellas servidumbres que afectan a la fisionomía de las calles eléctricas y gasoductos, y en particular al mantenimiento de la vegetación en su entorno. Dentro del Decreto 223/2008 cabe destacar la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 *Líneas aéreas con conductores desnudos*, que dentro de su apartado “5. Distancias mínimas de seguridad. Cruzamientos y paralelismos” define la zona de servidumbre de vuelo y otras limitaciones relativas a bosques, árboles y masas de arbolado de la siguiente manera (Figura 14):

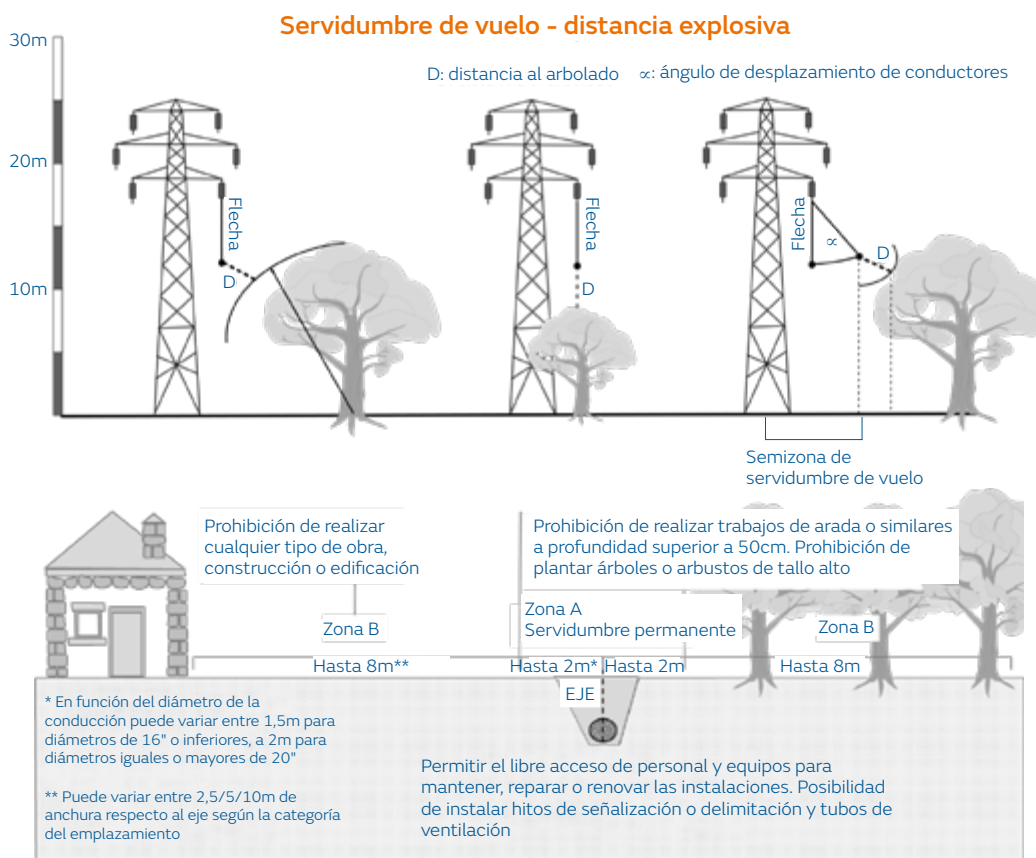


Figura 14: arriba, un ejemplo de servidumbres de vuelo respecto al arbolado. A la izquierda en caso de abatimiento accidental de un árbol. En el centro altura máxima de la vegetación y a la derecha considerando el balanceo de los conductores. Ejemplo basado en un tendido eléctrico de 132kV, con torres eléctricas de 22m de altura máxima. En este caso la distancia (D) será de 2,7m. Abajo esquema de servidumbres generales de un gasoducto.

5.12 Paso por zonas

En general, para las líneas eléctricas aéreas con conductores desnudos se define la zona de servidumbre de vuelo como la franja de terreno definida por la proyección sobre el suelo de los conductores extremos, considerados éstos y sus cadenas de aisladores en las condiciones más desfavorables, sin contemplar distancia alguna adicional. Las condiciones más desfavorables son considerar los conductores y sus cadenas de aisladores en su posición de máxima desviación, es decir, sometidos a la acción de su peso propio y para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de +15 °C.

5.12.1 Bosques, árboles y masas de arbolado

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica aérea, deberá establecerse, mediante la indemnización correspondiente, una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia de seguridad a ambos lados de dicha proyección:

$D_{add} = 1,5 + D_{el}$ en metros,

con un mínimo de 2 metros. Los valores de D_{el} , oscilan entre 0,08m y 2,8m en función de la tensión más elevada de la línea.

El responsable de la explotación de la línea estará obligado a garantizar que la distancia de seguridad entre los conductores de la línea y la masa de arbolado dentro de la zona de servidumbre de paso satisface las prescripciones de este reglamento, estando obligado el propietario de los terrenos a permitir la realización de tales actividades. Asimismo, comunicará al órgano competente de la administración las masas de arbolado excluidas de zona de servidumbre de paso, que pudieran comprometer las distancias de seguridad establecida en este reglamento. Deberá vigilar también que la calle por donde discurre la línea se mantenga libre de todo residuo procedente de su limpieza, al objeto de evitar la generación o propagación de incendios forestales.

- En el caso de que los conductores sobrevuelen los árboles; la distancia de seguridad se calculará considerando los conductores con su máxima flecha vertical según las hipótesis de viento, temperatura y hielo.
- Para el cálculo de las distancias de seguridad entre el arbolado y los conductores extremos de la línea, se considerarán éstos y sus cadenas de aisladores en sus condiciones más desfavorables descritas en este apartado.

Igualmente deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que, por inclinación o caída fortuita o provocada puedan alcanzar los conductores en su posición normal, en la hipótesis de temperatura b) del apartado 3.2.3. Esta circunstancia será función del tipo y estado del árbol, inclinación y estado del terreno, y situación del árbol respecto a la línea.

Los titulares de las redes de distribución y transporte de energía eléctrica deben mantener los márgenes por donde discurren las líneas limpios de vegetación, al objeto de evitar la generación o propagación de incendios forestales. Asimismo, queda prohibida la plantación de árboles que puedan crecer hasta llegar a comprometer las distancias de seguridad reglamentarias.

Los pliegos de condiciones para nuevas contrataciones de mantenimiento de líneas incorporarán cláusulas relativas a las especies vegetales adecuadas, tratamiento de calles, limpieza y desherbado de los márgenes de las líneas como medida de prevención de incendios.

Donde:

- D_{el} es la distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento y rápido.
- D_{add} es la distancia de aislamiento adicional (a Del) para que las distancias mínimas de seguridad al suelo, a las líneas eléctricas, a zonas de arbolado, etc. que asegure que las personas u objetos no se acerquen a una distancia menor de Del de la línea eléctrica.

En lo que respecta a la Ley 34/1998 del sector de hidrocarburos, es mucho menos exigente, debido a las propias características de los gasoductos, que discurren aislados y enterrados, por lo que solo se menciona la prohibición de plantar árboles o arbustos de tallo alto en la franja de servidumbre permanente, es decir, a 2m a cada lado del eje de la conducción, quedando por lo tanto una franja libre de vegetación arbórea/arbustiva alta (Figura 14).

El caso de las calles eléctricas es más complejo, ya que la propia tipología de las líneas y las diferentes situaciones ambientales permite que las posibilidades sean muy variables. En el caso de las calles eléctricas de las empresas distribuidoras como es el caso que nos ocupa de Naturgy, las líneas eléctricas generalmente son de segunda o tercera categoría (menores de 132kV) que según el RD 223/2008 serían:

- Categoría especial: tensión nominal igual o superior a 220kV.
- Primera categoría: tensión nominal inferior a 220kV y superior a 66kV.
- Segunda categoría: inferior a 66kV y superior a 30kV.
- Tercera categoría: inferior a 30kV y superior a 1kV.

En la Ley 24/2013 del Sector Eléctrico se indica en sus artículos 34 y 38 lo siguiente:

La **red de transporte de energía eléctrica** está constituida por la red de transporte primario y la red de transporte secundario.

La red de transporte primario está constituida por las líneas, parques, transformadores y otros elementos eléctricos con tensiones nominales iguales o superiores a 380 kV y aquellas otras instalaciones de interconexión internacional y, en su caso, las interconexiones con los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares.

La red de transporte secundario está constituida por las líneas, parques, transformadores y otros elementos eléctricos con tensiones nominales iguales o superiores a 220 kV no incluidas en el párrafo anterior y por aquellas otras instalaciones de tensiones nominales inferiores a 220 kV, que cumplan funciones de transporte.

Tendrán la consideración de instalaciones de **distribución todas las líneas**, parques y elementos de transformación y otros elementos eléctricos de tensión inferior a 220 kV, salvo aquéllas que, de acuerdo con lo previsto en el artículo 34, se consideren integradas en la red de transporte.

La distancia de los cables al suelo, que puede determinar el tipo de vegetación que puede crecer en las calles eléctricas es también muy variable. En la guía técnica de aplicación se mencionan 6 m como altura mínima. En suelos agrícolas una altura mínima de 7 metros, para evitar interferencias con la maquinaria agrícola (ITC-LAT 07). Y luego la distancia

de los cables a la vegetación será de mínimo 2m, luego *a priori*, podría prosperar vegetación de hasta 4m de altura (Figura 16). Otro, factor para tener en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento de las calles eléctricas es el riesgo de incendio. A este respecto, el Decreto 3769/1972 sobre incendios forestales, en su artículo 25 indica:

En los casos enumerados en el artículo 3.º, párrafo e), de la Ley 81/1958, de 5 de diciembre, deberán observarse, con carácter general, las siguientes normas de seguridad:

c) Mantener limpios de vegetación los lugares de emplazamiento o manipulación de motosierras, aparatos de soldadura, grupos electrógenos y motores o equipos eléctricos o de explosión.

Los emplazamientos de grupos electrógenos y motores o equipos eléctricos o de explosión tendrán al descubierto el suelo mineral, y la faja de seguridad, alrededor del emplazamiento tendrá una anchura mínima de 5 metros.

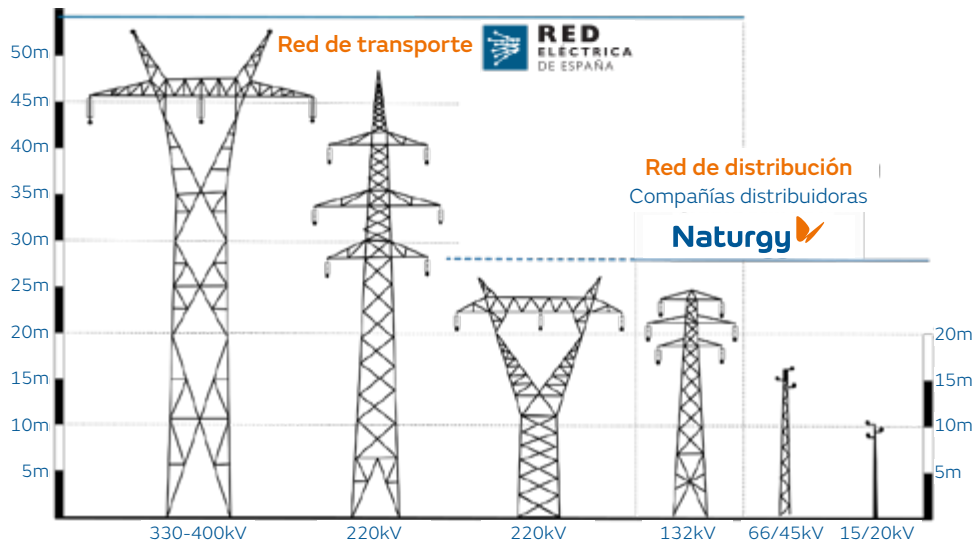


Figura 15: algunos ejemplos de torres eléctricas en función de la tensión nominal y el tipo de red, ya sea de transporte o de distribución.

Esta legislación suele emplearse para justificar la limpieza de las calles de toda vegetación leñosa, pasando la calle eléctrica en zonas forestales a convertirse en un cortafuegos mantenido por la propia dinámica de operación de estas infraestructuras. Efectivamente el ámbito legislativo es complejo en particular en lo que se refiere a la legislación autonómica y local. Por otro lado, no se pretende ni mucho menos ser exhaustivo en este aspecto en particular que excede al alcance del presente informe.

En definitiva, la irrupción de estas infraestructuras en el territorio supone una alteración en el hábitat original, cuya intensidad dependerá del hábitat inicial. No es lo mismo construir una calle eléctrica en una zona esteparia, de pastizales que en una zona boscosa.

Cuanto más se aleje la fisionomía de la calle eléctrica durante la operación del hábitat original, más abrupto es el cambio de uso en el territorio y por lo tanto el impacto negativo para los ecosistemas del entorno.

En el presente informe no se pretende evaluar el efecto ambiental de la construcción de nuevas líneas eléctricas de distribución o gasoductos y sus consecuencias sobre los polinizadores. El objeto de este informe radica en evaluar la potencialidad de las calles eléctricas y gasoductos en operación para ofrecer el servicio ecosistémico de la polinización, y en su caso, cómo se podría potenciar. Aunque tampoco se puede trabajar en esta línea sin conocer los principales efectos negativos de estas infraestructuras sobre su entorno, entre las que

cabría destacar: mortalidad directa por colisión y electrocución (Loss et al., 2014), fragmentación de ecosistemas, barreras a la dispersión y propagación de especies invasoras entre otras. Por otro lado, estos espacios pueden proporcionar hábitat de calidad para la conservación de la biodiversidad (Wojcik & Buchmann 2012), en particular porque la vegetación que alberga son pastizales y formaciones de matorral



Figura 16: en la imagen superior manejo propuesto para calles eléctricas de líneas de transporte. En la imagen inferior, cómo esa propuesta para la distribución puede ser incompatible.

bajo, que se encuentra entre los ecosistemas más amenazados (Hoekstra et al., 2004). Desde la perspectiva de la conservación el reto consiste en saber si estos espacios pueden reemplazar estos hábitats naturales amenazados, así como si mediante su adecuado manejo pueden albergar su biodiversidad y en particular las especies amenazadas a largo plazo (Gardiner et al., 2018).



Figura 17: tendido eléctrico entre robledales (*Quercus robur*) y prados de siega. Al fondo la Sierra del Suevo. Cangas de Onís (Asturias).

7.

Derechos de paso y el servicio ecosistémico de la polinización

Previamente a desarrollar este capítulo conviene introducir el concepto de sucesión ecológica. Este término hace alusión al dinamismo de los ecosistemas mediante un proceso de autoorganización (Terradas, 2001). De forma intuitiva, en alguna ocasión hemos tenido un solar cercano, desprovisto de vegetación y hemos podido observar cómo este espacio era paulatinamente colonizado por diferentes organismos, los más aparentes son las plantas, pero en ningún caso los únicos. Al principio se instalan plantas herbáceas, generalmente en los bordes, y posteriormente podrán aparecer diferentes matas y/o arbustos. Puede ser que aparezcan también alguna especie de árbol (Figura 18). En definitiva, este proceso de autoorganización que permite que este espacio yermo con el paso del tiempo sea ocupado por una comunidad vegetal autónoma y en un equilibrio dinámico continuo, se denomina sucesión ecológica. Ante una perturbación, por ejemplo, el desbroce de una calle eléctrica, el sistema retrocede a etapas iniciales, pero inmediatamente, gracias a la sucesión ecológica se autoorganizará y si esta calle se encuentra en un entorno forestal, es muy posible que este proceso dirija el espacio desbrozado a un bosque como el del entorno tras haber pasado por un pastizal

y por una comunidad de matorral. Las comunidades más sencillas desde el punto de vista estructural, únicamente compuestas por un único estrato de vegetación, en este caso los pastizales, se denominan etapas tempranas de la sucesión. Esto no ocurriría en zonas de larga tradición agrícola, por ejemplo, en las zonas llanas de cultivo secular de secano, donde la ausencia de remanentes de vegetación natural en el entorno imposibilita esta sucesión ecológica hacia etapas más complejas. Existe un problema de colonización, las especies están tan lejos que no pueden llegar y colonizar el espacio en cuestión, lo que permite que las labores de mantenimiento de la vegetación sean prácticamente inexistentes.

Las calles eléctricas y gasoductos por el manejo para la correcta operación de la infraestructura constituyen elementos del paisaje que se encuentran en fases tempranas de sucesión ecológica, generalmente con vegetación herbácea y/o matorrales de pequeña talla. Estos espacios, potencialmente se pueden identificar como zonas de conservación de polinizadores por lo que, dado el declive de todos los grupos de animales implicados, especialmente insectos, es un tema que está despertando un notable interés.



Figura 18: esquema simplificado de la sucesión ecológica, desde un estado de suelo desnudo (1), hasta un bosque (4) pasando por diferentes etapas (2 y 3).

Literatura científica. Artículos en revistas internacionales con factor de impacto: *Journal Citation Report (JCR)*

En una revisión relativa a los resultados de investigación sobre conservación de polinizadores en carreteras y líneas eléctricas desarrollada en 2011, basada en 34 trabajos, indica que la mayoría se centran en evaluar la diversidad de lepidópteros (mariposas y polillas), dejando fuera a los grandes grupos de polinizadores como son las abejas (*Hymenoptera*) tanto las manejadas (abejas de la miel) como silvestres, moscas (*Díptera*) y escarabajos (*Coleoptera*). Las mariposas presentan muchos casos de dependencia con plantas denominadas nutricias, que son en las que realizan las puestas y donde se alimentan sus larvas hasta su metamorfosis, por lo que los estudios de riqueza de especies establecen relaciones entre las poblaciones existentes y la presencia de sus plantas nutricias. También se ha descrito el impacto negativo de determinadas actividades de manejo de estos espacios como sería el uso de herbicidas y las siegas frecuentes (Wojcik y Buchmann, 2012).

Un estudio más específico sobre la conservación de abejas y otros animales, realizado sobre líneas eléctricas que cruzan zonas forestales de bosques templados (Connecticut, USA), afirman que las calles eléctricas constituyen un espacio para especies propias de etapas sucesionales tempranas, de espacios abiertos y bien soleados, lo que introduce heterogeneidad en el paisaje. Fruto de esta heterogeneidad, encontraron que el número de especies de abejorros era el doble en

las calles eléctricas respecto a las zonas boscosas adyacentes, y también el número de ejemplares, que se incrementaba en un orden de magnitud al ser diez veces superior (Wagner et al., 2019).

Otro estudio llevado a cabo en Suecia, evaluando el papel de las carreteras y tendidos eléctricos sobre la biodiversidad a escala de paisaje, concluyen que los paisajes con calles eléctricas pueden contribuir a la biodiversidad, al menos en lo que a especies de plantas se refiere. Este efecto se podría justificar debido a que en estos espacios prosperan las especies propias de los pastizales seminaturales manejados con prácticas tradicionales tales como pastoreo o siega, hábitats muy ricos en especies. Estos hábitats seminaturales están en franca regresión en Suecia, se conserva poco más del 10% de las superficies originales. La pregunta es si existe una deuda de extinción mayor en estos espacios. La deuda de extinción se refiere a pérdida de biodiversidad mucho después de haber sido provocada, en este caso particular, la sustitución de pastizales seminaturales por los nuevos pastizales de infraestructuras lineales (calles eléctricas y carreteras), que a corto plazo acogen a las especies que prosperaban en estos espacios, pero pudiera ser que no fueran capaces de sobrevivir a largo plazo en estos nuevos medios. Esta explicación responde a que este resultado de las calles eléctricas no coincide con los de mariposas y abejorros (Daniel-Ferreira et al., 2020).

La pérdida de hábitats abiertos, en etapas sucesionales tempranas, supone una amenaza para las poblaciones de polinizadores. Dado que las calles eléctricas y gasoductos se deben mantener estos espacios despejados de vegetación arbórea para la correcta operación de estas infraestructuras, estos nuevos espacios pueden suponer un beneficio para la conservación de polinizadores silvestres. El uso intensivo de herbicidas afectó a las poblaciones de abejas silvestres (Russo et al., 2021).

El trabajo más relevante sobre estos espacios que se ha incorporado al informe quizá sea la revisión publicada en la prestigiosa revista *Frontiers in Ecology and the Environment* en 2018 por Gardiner y colaboradores bajo el título: “Rights-of-way: a potential conservation resource”. En este trabajo además de hacer una revisión al estado del conocimiento sobre la biología de la conservación en estos espacios, va más allá, preguntando por la capacidad de estos hábitats para mantener poblaciones viables de especies y, por ende, sobre la propia funcionalidad del nuevo ecosistema generado. La pregunta es compleja y de gran calado. Dentro de los escenarios analizados, las líneas eléctricas aparecen como hábitats más favorables en general que carreteras y ferrocarriles, porque no presentan contaminación

química, lumínica y acústica adicional. Por otro lado, presentan la particularidad de la generación de campos electromagnéticos y la mortalidad por electrocución y colisión, generalmente centrado en el grupo de las aves. La escasa ocupación de suelo de estas infraestructuras juega a su favor respecto al hábitat que son capaces de ofrecer. Para evaluar esta capacidad de albergar poblaciones viables en estos escenarios, surge la pregunta de si las especies que alcanzan y se asientan en estos espacios son capaces de sobrevivir y formar poblaciones estables o, por el contrario, estos espacios constituyen trampas ecológicas y sumideros poblacionales. Por la propia geometría de estos espacios, también surge la pregunta sobre el papel que juegan estos espacios para cada especie. Puede haber especies que solo los utilicen para alimentarse o refugiarse, necesitando de otros hábitats circundantes para completar su ciclo de vida. Para organismos pequeños como insectos sí se ha podido comprobar que pueden albergar poblaciones similares a los hábitats de referencia y en el caso de las aves, también, para el caso particular de las calles eléctricas. Por otro lado, identifica las necesidades de conocimiento (Figura 19), vinculadas a medir la supervivencia y conectividad de las poblaciones vinculadas al paisaje circundante, al manejo y a las particularidades abióticas de cada espacio.

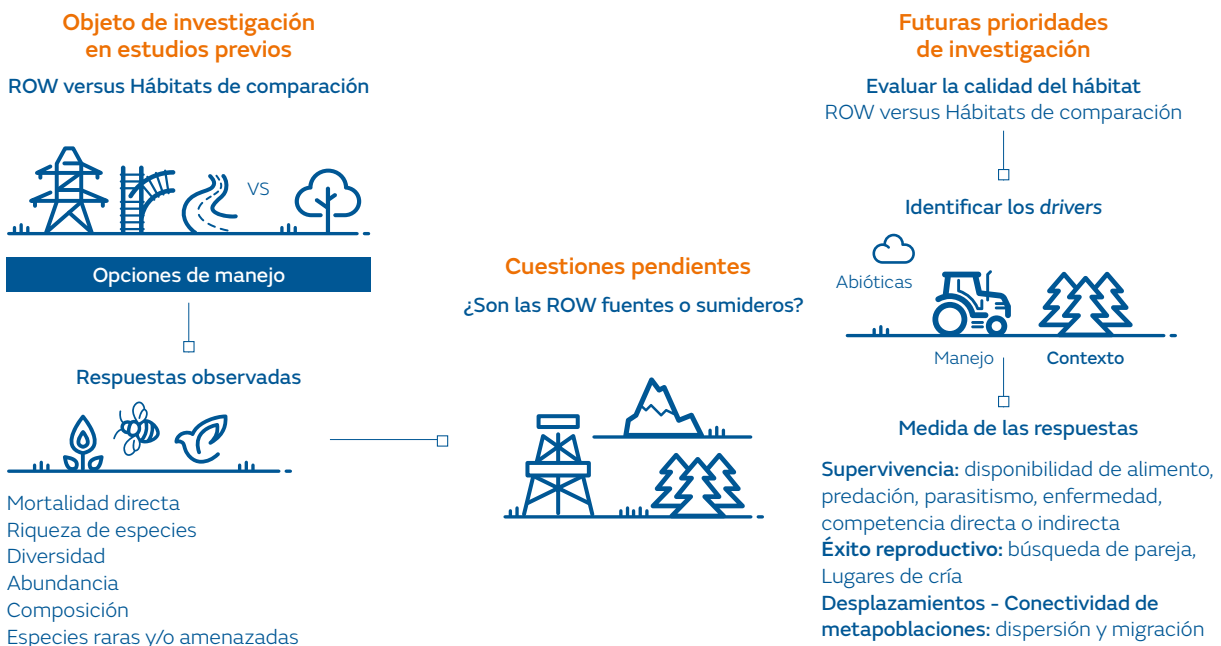


Figura 19: evolución de los objetivos de investigación propuesto por Gardiner y colaboradores (2018) para los espacios con derechos de paso (ROW): márgenes y taludes de carreteras, líneas eléctricas y ferrocarriles. Estos lugares pueden ser recursos de conservación potencialmente valiosos que a menudo tienen riquezas, abundancias y diversidad de especies similares a los hábitats de referencia/comparación. Sin embargo, esto por sí solo no prueba que los ROW sean hábitats de alta calidad para las especies objetivo, es necesario nuevas investigaciones que aborden la estabilidad de las poblaciones, la gestión y manejo de estos espacios, así como sus condiciones abióticas.

Un trabajo realizado para evaluar las poblaciones de abejorros en calles eléctricas en bosques de Suecia alberga resultados y reflexiones muy interesantes. En primer lugar, se demuestra la efectividad de estos espacios para albergar buenas poblaciones de abejorros, tanto en diversidad como en densidad de sus poblaciones, no presentando diferencias significativas con los hábitats de referencia. Más allá de estos resultados, plantean la posibilidad de utilizar estos espacios como reservorios de biodiversidad y oferta de servicios ecosistémicos como la polinización, valorando su coste de oportunidad, y comparando el coste de abandonar una hectárea de uso agrícola, práctica propuesta en el seno de la Unión Europea. El resultado es sorprendente, mientras que el rendimiento de una hectárea de cereal oscila entre 500-1500€/año, por el contrario, plantear mejoras en las calles eléctricas para los polinizadores como siembras de especies estratégicas y desbroce de matorral para mantener espacios abiertos, suponen unos costes de 42€/h y 14€/h al año respectivamente. Indudablemente es una oportunidad económica notable, aunque la estructura de las subvenciones europeas en esta materia, la Política Agraria Común (PAC) fundamentalmente, no está preparadas para modelos de financiación más adaptables y plásticos para la conservación de la biodiversidad, por lo que estos espacios hoy en día se quedan fuera (Hill & Bartomeus, 2016). Esta posibilidad de financiación pública o subvención, también se apunta en las conclusiones del artículo anterior.

Dupras y colaboradores (2015) realizan un estudio sobre el efecto del manejo de las calles eléctricas sobre determinados servicios ecosistémicos. Como era de esperar, cuanto menor es la intervención, más y mejor se conservan los servicios ecosistémicos. Por este motivo, las operaciones de mantenimiento que solo implican poda de ejemplares arbóreos son las mejor valoradas, y a medida que hacen más intensas, con el apeo de árboles, desbroces y siegas, se van perdiendo progresivamente los

servicios ecosistémicos. Destacan la controversia entre especialistas consultados, quienes evalúan los servicios, por lo que los resultados más específicos son poco consistentes.

La agencia de protección ambiental de Estados Unidos (EPA) promueve lo que denomina tratamientos integrados de vegetación (IVM - *Integrated Vegetation Management*), que se define como la práctica para favorecer comunidades vegetales estables de bajo crecimiento, capaces de impedir el crecimiento de árboles de talla elevada a través del uso combinado de métodos de control sostenibles y rentables (EPA, 2008). Pueden ser tratamientos químicos, biológicos, mecánicos, manuales y/o culturales. El enfoque de esta práctica busca el equilibrio entre: coste, eficacia, salud pública, calidad del medio ambiente y cumplimiento normativo. Adoptar esta metodología en el caso de las líneas de transmisión eléctrica podría:

- Reducir el riesgo de fallos de transmisión eléctrica.
- Reducir costes de manejo de la vegetación.
- Reducir los costes para los clientes de este servicio público.
- Mejorar el hábitat de plantas y aves nativas.
- Proporcionar otros beneficios ecológicos (reducir la escorrentía y controlar la erosión, controlar especies invasoras, crear hábitat para la vida silvestre, etc.).

En base a calles eléctricas tratadas con esta metodología, Rusell y colaboradores (2018) publican un interesante estudio sobre las comunidades de abejas que se asientan en estos espacios. Desarrolla unas notables conclusiones que se enumeran a continuación:

La **creación** y el **mantenimiento de un hábitat** adecuado es un paso fundamental para promover comunidades saludables de abejas que sean capaces de polinizar tanto plantas nativas como cultivos agrícolas. Las abejas necesitan flores para alimentarse y lugares apropiados para construir sus nidos. Las servidumbres de las líneas de transmisión eléctrica proporcionan estos recursos, particularmente cuando se manejan de una manera dinámica e integrada que promueve una combinación equilibrada de arbustos y plantas herbáceas (IVM). Este estudio documenta que las servidumbres gestionadas de esta forma proporcionan, de hecho, hábitat que soporta una mayor diversidad de especies de abejas en comparación con el manejo tradicional de siegas periódicas. Estas servidumbres tienen el potencial de ser de mayor valor para el paisaje circundante que otras áreas abiertas porque tienen altos valores de conectividad y se mantienen a largo plazo. La investigación futura buscará cuantificar este valor buscando evidencia de un aumento de los servicios de polinización a los hábitats adyacentes. Siempre habrá tramos de servidumbre que deben cortarse o deben tratarse con herbicidas generales debido a la ubicación y la topología, y los detalles del manejo óptimo pueden depender del tipo de ecosistemas en el que se encuentre. Sin embargo, si las empresas de transporte y distribución consideraran administrar el 25% de sus líneas utilizando IVM, crearían más de 1 millón de hectáreas de hábitat de calidad solo en los EE. UU. que podría beneficiar no solo a las abejas, sino a otras especies que requieren requisitos similares como mariposas, aves y pequeños mamíferos. Como tal, al menos desde la perspectiva de estas criaturas, las servidumbres de las líneas de transmisión deberían dejar de ser vistas únicamente como cicatrices en el paisaje y, en cambio, apreciarse como posibles reservas lineales de vida silvestre.

Revisión de documentos técnicos:

Mundiales

En este apartado se revisará someramente las recomendaciones a este respecto por parte de las Naciones Unidas. El documento más relevante es el informe sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos (IPBES, 2016). El primer resultado de este documento es un compromiso internacional con este servicio ecosistémico. A nivel europeo se plasma en una iniciativa sobre los polinizadores (EU Pollinators Initiative, 2018) que posteriormente se va implementando en los diferentes países miembros, en nuestro caso a través de la Estrategia Nacional para la conservación de los polinizadores (MITECO, 2020). Enumeran 25 mensajes clave y globales sobre este tema que resumen los beneficios, su situación, las amenazas y opciones de gestión. Se trata de un documento dirigido a los profesionales e instituciones con capacidad legislativa. Vincula nuestra calidad de vida y seguridad alimentaria saludable y de calidad con este servicio ecosistémico; además está íntimamente relacionado con la conservación de la biodiversidad, donde las redes mutualistas (polinización y dispersión) así lo demuestran a lo largo de la historia natural

del planeta. Se trata de un exhaustivo documento de más de quinientas páginas donde se aborda el problema en profundidad: conocimiento, agentes de cambio, estado y amenazas, evaluación económica, aspectos culturales, así como gestión de riesgos y oportunidades asociadas. Como no puede ser de otra manera se trata de un documento general y global, con escasa o nula aplicación en el ámbito de este informe, más allá de la justificación de la necesidad de salvaguardar este servicio ecosistémico.

Internacionales

El mundo anglosajón (USA, Australia, Reino Unido, Canadá y Sudáfrica) tienen un carácter diferencial en temas medioambientales, ya sea por tener una mayor concienciación o por su forma de abordar los problemas más concisa, pragmática y directa, con una transferencia más rápida de la evidencia científica a gestión técnica. El caso es que suelen ser pioneros en la identificación y gestión de problemas ambientales. En lo que respecta al tema de la polinización no es diferente, se puede decir que llevan 5-7 años de



Figura 20: grupo de abejas silvestres pasan una noche fresca y húmeda, con intenso rocío, refugiadas en este botón de oro (*Ranunculus sp.*). Alameda del Valle. Madrid.

diferencia, por lo menos en lo que a la situación española se refiere, aunque como veremos, esto no quiere decir que en breve no podamos equipararnos en el marco de la Unión Europea.

Quizá una de las cuestiones más destacables no esté relacionada con los polinizadores directamente, sino con la propia gestión de las calles eléctricas mediante una metodología ampliamente arraigada, denominada IVM en sus siglas en inglés (Integrated Vegetation Management) utilizada para la gestión de la vegetación en infraestructuras de transporte lineales (EPA, 2008). En el caso de las calles eléctricas, el objetivo es eliminar los árboles u otra vegetación de talla alta en su caso, y el establecimiento de comunidades vegetales estables de bajo mantenimiento que limiten el crecimiento y/o desarrollo de árboles (pastizales y arbustivas). Se trata de buscar un equilibrio entre los costes económicos y ambientales de la gestión. Además, al tratarse de un sistema de gestión íntimamente vinculado con espacios concretos (sitio-dependiente), puede recoger la singularidad de cada uno y optimizar así los procesos. Este tipo de gestión adaptativa es muy frecuente nuevamente en el mundo anglosajón.

Se identifican seis pasos para su implementación (Nowak & Ballard, 2005) que se representan de forma cíclica o incluso helicoidal, para destacar la necesidad de retroalimentación para dar un nuevo paso de manera que mediante un aprendizaje y adaptación continuo se optimiza el proceso (Figura 21).

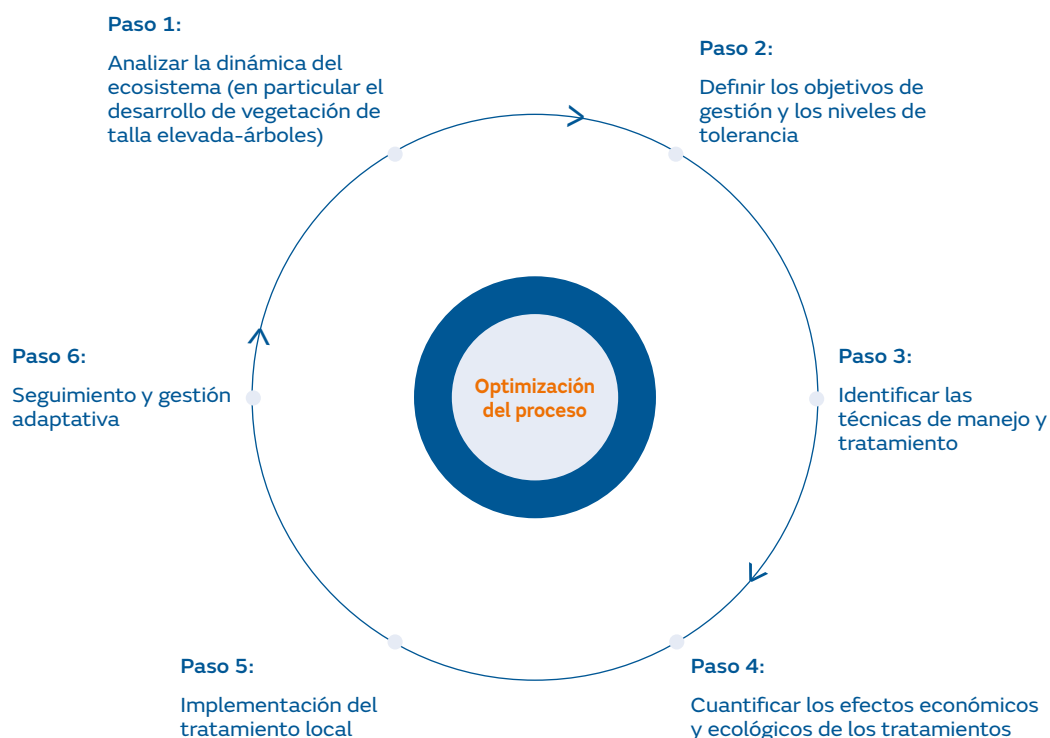


Figura 21: marco de trabajo de la gestión integrada de la vegetación (IVM) en calles eléctricas u otras infraestructuras lineales de transporte. Tomado de Nowak & Ballard, 2005.



Un ámbito de conocimiento más aplicado resulta imprescindible para romper las limitaciones de los resultados de investigación y trasladar la información a la toma de decisiones.

Un documento nacional en el que se indican umbrales de actuación y metodologías para actuar tanto en calles eléctricas como en gasoductos sería la Guía de gestión integrada de plagas del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020).

En Estados Unidos, La EPA (*Environmental Protection Agency*), aglutina y promueve numerosos trabajos científico-técnicos que ayudan notablemente a la innovación en los sectores relacionados, actuando como una entidad tractor del sector. En el caso de la polinización no es diferente (<https://www.epa.gov/pollinator-protection>), más de 2.672 documentos relacionados con la polinización alberga su web, aunque la problemática relativa a sus amenazas y gestión es un problema global, por lo que son las mismas a nivel general que aparecen unos años más tarde en la Estrategia nacional de conservación de polinizadores (MITECO, 2020).

El instituto de Investigación en Energía Eléctrica (EPRI en sus siglas en inglés; <https://www.epri.com/>), en 2017 puso en marcha la iniciativa “potenciar los polinizadores” (*Power-in-Pollinators Initiative*) con el objetivo de crear sinergias colaborativas en el ámbito de la investigación y conservación de polinizadores. Identifican como prioritario generar un flujo de transferencia de conocimiento a la gestión de las calles eléctricas. Este ámbito de conocimiento más aplicado resulta imprescindible para romper las limitaciones de los resultados de investigación más generales y poder trasladar esta información y conocimiento a la toma de decisiones y diseño de estrategias de las empresas. A continuación, se inserta un párrafo adaptado de esta iniciativa (EPRI, 2020):

Las compañías eléctricas necesitan determinadas respuestas para acometer adecuadamente esta iniciativa (polinizadores):

- ¿Cuáles son los costes, riesgos y beneficios de la iniciativa sobre polinizadores?
- ¿Qué acciones de conservación son ecológicamente eficaces con respecto a apoyar a los polinizadores?
- ¿Las especies de interés, como la mariposa monarca, tienen prioridad sobre las estrategias generales sobre polinizadoras?
- ¿Cómo gestiono el riesgo legal cuando manejo espacios en beneficio de especies que luego pueden ser protegidas por las leyes autonómicas, nacionales o comunitarias?
- ¿Qué experiencias existen de otras compañías eléctricas y qué puedo aprender?

La iniciativa pretende ir abordando estas cuestiones en grupo, para generar nuevas oportunidades mediante proyectos más ambiciosos que resuelvan estas cuestiones de forma más efectiva que abordándolos cada compañía por separado. Actualmente son 22 compañías que aportan 20.000-35.000\$/año, necesario un compromiso de tres años y se puede acceder a informes de años anteriores a la incorporación. Esta iniciativa presenta los beneficios de trabajar en red (<https://www.epri.com/pages/sa/pollinators>), al estar interactuando con diferentes ámbitos: administraciones públicas, gestores del territorio, investigación, empresarial, etc., aunque solo son socios las empresas eléctricas.

Un caso particular muy interesante derivado de esta iniciativa lo están desarrollando al cruzar sus completos sistemas de información geográfica para la gestión de las calles eléctricas, con la distribución de polinizadores, y establecer áreas prioritarias de actuación, denominada *Wild Bee GIS Tool*. Efectivamente, gracias a sus sistemas integrados

de gestión de la vegetación en las calles eléctricas disponen de inventarios detallados de la vegetación que prospera en estos ambientes a escala local y disponen de mucha otra información a escala de paisaje y regional. Toda esta información, cruzada con la distribución y otros datos espaciales de los polinizadores, en particular sobre las 4.000 especies de abejas presentes en Estados Unidos, permite identificar áreas potenciales para la conservación de estos insectos. Esta metodología ya se ha aplicado en el estado de Nueva York (Figura 22). Se pone de manifiesto la idoneidad de las calles eléctricas ya que albergan comunidades heterogéneas de pastizales y formaciones de matorral que proporcionan flores de forma secuencial, permitiendo el desarrollo de prósperas comunidades de polinizadores. En concreto se identifican proporciones de entre 35-40% de matorral y el resto de pastizales naturales. Para la modelización adaptan parte del InVEST Model: Evaluación integrada de los servicios ecosistémicos y compensaciones de la Universidad de Stanford (<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest>) de manera que construyen un nuevo modelo más aplicado a la operación y necesidades de las compañías eléctricas.

Por otro lado, este instituto a través de esta iniciativa edita numeroso material de divulgativo, organiza un workshop anual, webcast, una semana del mes de junio como la semana nacional de polinizadores, además de toda una batería de herramientas que pasan desde programas de ciencia ciudadana hasta la propia herramienta comentada: *Wild Bee GIS Tool*. Por último, ante una especie emblemática y amenazada como la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), tienen una batería de recomendaciones para su conservación en el ámbito de las empresas eléctricas (EPRI, 2019).

Este Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI), también tiene una amplia experiencia en la estrategia de gestión integrada de la vegetación (IVM) ya comentada. Poseen además un repositorio documental de pago en el que cabe destacar el documento titulado: *Perspectivas de la literatura y orientación paso a paso para administradores de vegetación interesados en favorecer a los polinizadores en calles eléctricas por 5.000 dólares* (<https://www.epri.com/research/products/000000003002011898>), donde analizan los resultados de 17 publicaciones científicas (SCI) y desarrollan unas recomendaciones en ocho pasos en un informe de 64 páginas. Por razones obvias no se ha tenido acceso a este documento.

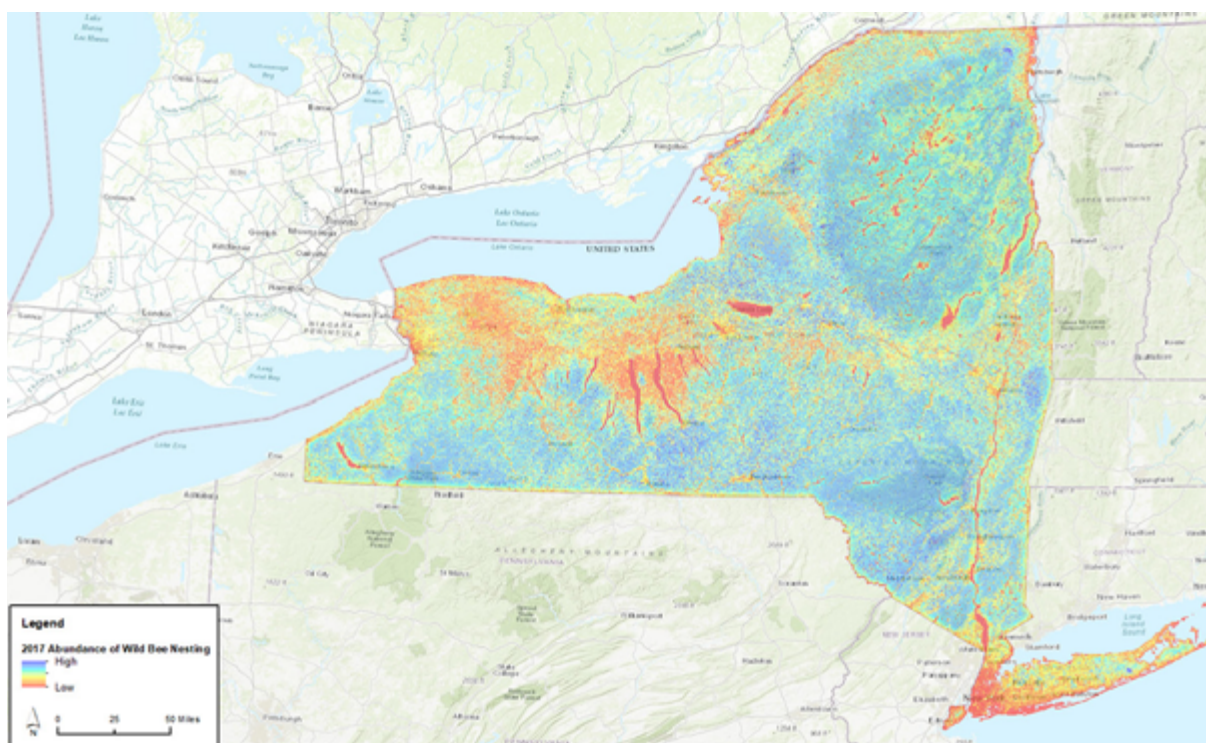


Figura 22: aplicación de la herramienta de EPRI (Electric Power Research Institute) para la cartografía y valoración de hábitat para las abejas silvestres en el estado de Nueva York (tomado de EPRI Journal: <https://eprijournal.com/utilities-abuzz/>).

Otro actor importante en Estado Unidos es el departamento de Agricultura (USDA), en particular el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS). Está más enfocado a favorecer el servicio de la polinización en medios agrícolas, pero muchos recursos también son útiles para las calles eléctricas. Disponen de listados de mariposas y sus plantas nutricias, documentos de vigilancia tecnológica para revisar la literatura científica actualizada (USDA, 2021). Bases de datos de plantas silvestres e invasoras.

Por último, en lo que respecta al estado de la técnica en Estados Unidos se ha revisado un documento más específico tanto en alcance como respecto territorio que estudia. Se trata de un documento realizado por la Sociedad para la conservación de Invertebrados Xerces (<https://www.xerces.org/>), entidad muy activa en el país, colaborador habitual de EPRI. El objetivo general de este documento es establecer un conjunto de criterios para la evaluación y creación de hábitats favorables para polinizadores en derechos de paso (ROW) de transmisión eléctrica mantenidos por Seattle City Light (Xerces, 2015), en particular para la línea Creston-Duwamish. Los objetivos particulares del proyecto son los siguiente:

- Incrementar los servicios ecosistémicos
- Conservar las poblaciones de polinizadores y plantas nativas
- Reducir los costes de mantenimiento
- Garantizar la operación de la infraestructura

En esta línea la empresa eléctrica identifica una serie de espacios candidatos a esta mejora de hábitat. En total la actuación se va a desarrollar sobre una superficie aproximada de 15 hectáreas. Estas zonas candidatas pertenecen a hábitats seminaturales, en general suburbanos y urbanos, con vegetación muy variada y perturbada, con un alto porcentaje de especies alóctonas (no nativas). En primer lugar, realizan una evaluación de los recursos disponibles en cada espacio para los polinizadores basado en dos grandes ejes: la disponibilidad de flores y refugios, gracias a los cuales los insectos polinizadores pueden completar sus ciclos vitales.

Disponen de un procedimiento en 5 pasos para evaluar y crear hábitats atractivos para los polinizadores:

1. Evaluar las condiciones existentes: identificar las comunidades vegetales dominantes, la fenología de las especies para verificar la

continuidad o no de un solape adecuado entre especies, identificar la tipología y estado del suelo u otros factores importantes, etc.

2. Establecer un referente. Identificar especies potenciales y contactar con viveros locales para analizar su disponibilidad. Hacen mucho hincapié en emplear “las mejores prácticas” para seleccionar el material biológico a introducir, ya sean semillas o plantas. Este aspecto es muy relevante.
3. Gestión previa de la vegetación: analizan la proporción de especies invasoras o no deseadas y establecen una metodología específica para eliminarlas: herbicidas específicos, pastoreo, siegas y/o solarización (esta técnica se basa en cubrir con plástico la zona para incrementar la temperatura y eliminar así las diferentes formas de reproducción de las plantas presentes, ya sean semillas, rizomas, etc.).
4. Ejecución de siembras y/o plantaciones.
5. Evaluación del éxito de las medidas y gestión adaptativa.

Se hace referencia a la necesidad de un mínimo de tiempo para verdaderamente poder evaluar el éxito de las medidas. Establecen un periodo mínimo de 3 años.

El objetivo es hacer de las calles eléctricas un espacio multifuncional, en el que además de operar el transporte de electricidad estos espacios, dentro de sus limitaciones, cumplan objetivos ambientales tanto a escala local como refugio de polinizadores, por ejemplo, pero también a escala de paisaje o regional como corredores y reservorios de biodiversidad.

En Canadá el reto de favorecer a los polinizadores se plantea desde la restauración y renaturalización del entorno inmediato. Una vez más, las infraestructuras lineales y la necesidad de manejar la vegetación para la adecuada operación de la infraestructura constituye un objetivo importante. Estos espacios que se deben mantener despejados permiten el desarrollo de comunidades de espacios abiertos como pastizales y matorrales, y precisamente esta situación la revierten de una obligación a una oportunidad (Canadian Wildlife Federation, 2020). Una vez tomada la decisión estratégica de favorecer el servicio de la polinización, la primera decisión técnica que abordan es elegir entre la restauración activa y pasiva para actuar sobre el escenario en cuestión. Identifican la restauración pasiva como aplicar una gestión integrada de la vegetación (abordan este

problema de la misma forma que Estados Unidos como acabamos de ver), reduciendo las siegas y permitiendo la restauración natural o naturalización progresiva del espacio. Indican que es la seleccionada habitualmente por los gestores por su menor coste. Definen la restauración activa como la remoción de la vegetación existente y el remplazo por especies nativas. Tanto en Estados Unidos como en Canadá, en estos espacios proliferan especies invasoras, generalmente europeas (la cuenca mediterránea es una gran exportadora de especies invasoras hacia Norte América, incluyendo sur de Canadá y Australia) y en menor medida asiáticas. Por lo que promover especies nativas es una prioridad en este ámbito. En nuestro territorio nacional, este aspecto no es tan prioritario generalmente, aunque si hay problemas puntuales con la hierba de las pampas (*Cortaderia selloana*) en toda la franja templada del norte peninsular. Por lo tanto, se considera una prioridad el establecimiento de flora nativa, o mejor dicho pastizales nativos que ofrezcan refugio y alimento a los polinizadores.

Respecto al mantenimiento plantean modificaciones o mejoras en la aplicación de la técnica para favorecer a los polinizadores:

- Reducir las zonas de siega a lo estrictamente necesario/obligatorio.
- Reducir la frecuencia de las siegas.
- Adecuar los periodos de siegas para que fenológicamente sean lo menos perjudiciales posible, tanto para las plantas como para las comunidades de polinizadores.
- Realizar siegas a mayor altura y más despacio, es decir que la altura de corte se establezca en torno a los 30cm y la maquinaria reduzca la velocidad, para ahuyentar y permitir así el escape de los insectos voladores.
- Mantener parches sin segar.

En el caso de desarrollar la restauración activa, se describen toda una serie de métodos y procedimientos para eliminar la vegetación existente, preparar el espacio y sembrar y/o plantar las especies nativas identificadas. Cabe destacar en este sentido que el SE de Canadá, región sobre la que aplica este protocolo que se describe, tiene identificadas una baterías de ecorregiones locales que permite tanto identificar las especies nativas de nuestro entorno, como conseguir semillas o plantas con certificación de origen, un aspecto imprescindible para que las bondades de las siembras y plantaciones de especies

nativas no supongan un riesgo para su variabilidad genética local, aspecto íntimamente relacionado con la propia biodiversidad y que en demasiadas ocasiones pasa por alto.

Se analiza también el informe relativo al “Diseño y ensayo de un marco nacional para el seguimiento de polinizadores y la polinización” (Carvell et al., 2016) desarrollado para los Departamentos de medio ambiente, alimentación y asuntos rurales (DEFRA) de Escocia y Gales, desarrollado por diversos centros de investigación y universidades, consultoras ambientales, fundaciones y asociaciones relacionadas, diez instituciones en total.

El trabajo se centra en dos grupos de insectos polinizadores silvestres, las abejas y los sírfidos (un grupo de moscas) y valoran la polinización sobre cultivos. El objetivo es poder estudiar la evolución en el tiempo tanto de las comunidades de polinizadores en medios agrícolas y en otros paisajes como del servicio de la polinización en los cultivos. Para esto realizan una revisión crítica de metodologías para medir el estado y evolución de los polinizadores y el servicio de la polinización (solidez científica, poder estadístico, coste y posibilidad de realizarse mediante voluntarios). Desarrollan diversos métodos de muestreo tanto para profesionales como para voluntarios. Identificar marcos de muestreo que sean representativos del territorio de estudio tanto a escala local como regional. Realizar un piloto para testar la metodología en campo y desarrollar la red de muestreo y los protocolos detallados. Este piloto recoge también un análisis coste-beneficio, así como el potencial de la redes y programas de ciencia ciudadana.

En definitiva, han desarrollado en 2016 lo que está España haciendo actualmente a raíz de la estrategia nacional para la conservación de polinizadores (2020) como se comprobará más adelante. Entre los resultados que obtuvieron destaca que ya poseían estudios de referencia que les permite poder analizar las tendencias poblacionales de los polinizadores a escala regional. También facilita que el número de especies de polinizadores que tiene de los dos grupos indicados apenas superan las 550 especies mientras que en nuestro país estas cifras habría que multiplicarlas por tres (Tabla 1). Indican la necesidad de reducir el número de polinizadores a determinadas especies comunes y efectivas en la polinización de cultivos. Se estima que sería necesario desarrollar un seguimiento durante 10 años y en diferentes puntos de muestreo (20-75 sitios) para detectar tasas de cambio superiores al 3% anual. Para tasas menores de cambio, sería necesario aumentar enormemente el número de puntos de muestreo incrementando los



Figura 23: de izquierda a derecha y de arriba abajo, medioluto ibérica (*Melanargia lachensis*) y una abeja silvestre (fam Apidae) coinciden alimentándose en una flor de agarzolla (*Centaurea cephalarifolia*). Doncellas de ondas rojas (*Euphydryas aurinia*) sobre flores de cantueso (*Lavandula pedunculata*). Multitud de escarabajos (orden Coleoptera) coinciden sobre unas flores de achicoria (*Crepis taraxacifolia*). Abajo, un escarabajo toro de sol (*Heliotaurus ruficollis*) se alimenta sobre una manzanilla loca (*Anacyclus clavatus*). Un abejorro pelirrojo (*Bombus humilis*) poliniza una inflorescencia de un trébol (*Trifolium pratense*). Por último, al igual que las flores atraen polinizadores, también a sus depredadores, en la imagen, una araña cangrejo (fam Thomisidae) ha capturado una abeja de la miel (*Apis mellifera*) sobre un crisantemo (*Chrysanthemum coronarium*).

costes asociados. Se infiere una inversión necesaria de 4.500-850.000€/año si los muestreos los realizan especialistas (más riguroso) o voluntarios y según el grado de detalle del muestreo, que finalmente concretan en una inversión de 500.000€/año en un programa a 10 años como la opción óptima en cuanto a coste-beneficio.

Nacionales

En el panorama nacional destaca la Estrategia Nacional para la conservación de los polinizadores (MITECO, 2020). Esta estrategia surge a raíz de los resultados de la Evaluación temática sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos elaborada por la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre la Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos (IPBES, 2016). Este Plan tiene cuatro ejes fundamentales:

- Promover hábitats favorables para los polinizadores, incluyendo prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura ecológica.

- Mejorar la gestión de los polinizadores y reducir los riesgos derivados de plagas, patógenos y especies invasoras.
- Evitar y reducir el uso de los pesticidas perjudiciales para los polinizadores domésticos y silvestres, y desarrollar alternativas a su uso.
- Realizar investigaciones que ayuden a cubrir los vacíos de conocimientos existentes en relación con la conservación de polinizadores.

Indica que diversas medidas pueden contribuir a la conservación de los polinizadores mediante compromisos ya suscritos (estrategia de biodiversidad y otros) como garantizar que el 10% de la superficie agraria vuelva a estar ocupada por elementos paisajísticos de gran diversidad, y el fomento de la agroecología, para alcanzar un 30% de la superficie de tierras agrícolas. Se cuantifica el valor de este servicio ecosistémico en lo que a seguridad alimentaria se refiere en particular para España y asciende a 2.400 millones de euros (Greenpeace, 2014).

En 2014 la UICN publicó la Lista Roja europea de abejas (Nieto et Al., 2014) dónde se analiza el riesgo de extinción de las 1.965 especies pertenecientes a este grupo presentes en Europa. El 9,2% se encuentran amenazadas y en lo que respecta a sus tendencias poblacionales, para el 79% de las especies es desconocida, el 7,7% se encuentra en declive, el 12,6% son estables y para el 0,7% se están incrementando. También se indica que la península ibérica es un espacio muy rico en especies, pero poco muestreado. Esto se pone de manifiesto en el bajo número de especies amenazadas que posee respecto a su riqueza, así como mediante el número de especies insuficientemente evaluadas. (Figura 24). A nivel nacional se calcula que el 2,6% de nuestras especies está en alguna categoría de amenaza, aunque debido a la escasez de datos esta cifra debe ser mucho mayor.

Identifica las amenazas sobre los polinizadores y la polinización que coinciden con los enumerados en el apartado en el apartado quinto del presente informe. Se definen seis objetivos:

- A. Conservar las especies polinizadores amenazadas y sus hábitats.
- B. Promover hábitats favorables para los polinizadores.
- C. Mejorar la gestión de los polinizadores y reducir los riesgos derivados de plagas, patógenos y especies invasoras.
- D. Reducir el riesgo derivado del uso de fitosanitarios para los polinizadores.
- E. Apoyar la investigación para la mejora del conocimiento.
- F. Garantizar el acceso a la información y divulgar la importancia de la polinización.

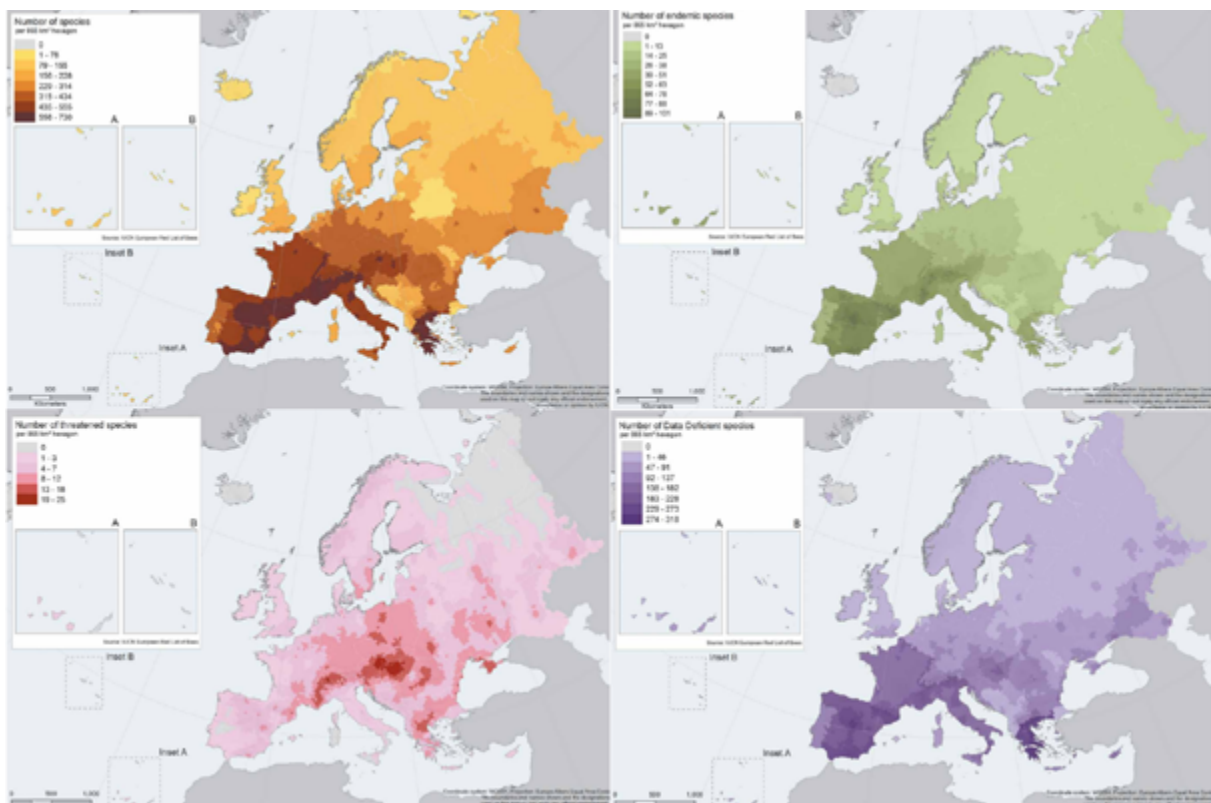


Figura 24: de izquierda a derecha y de arriba abajo, representación espacial del número de especies de abejas en Europa, número de especies endémicas, número de especies amenazadas y finalmente número de especies con datos insuficientes (Tomado de Nieto et al., 2016).

A continuación, la estrategia nacional de polinizadores para identificar las medidas a desarrollar se estructura en base a cada uno de los objetivos identificados y las desarrolla en formato ficha. Varias medidas podrían aplicar a este informe, ya que de los seis objetivos de una u otra manera en cinco de ellos se

podría sumar, aunque sin duda, el más relevante es el segundo objetivo, relativo a promover hábitats para los polinizadores. De hecho, hay una ficha de medidas específica relacionada con este objetivo que se incluye a continuación la que menciona directamente las líneas eléctricas y gasoductos:

Promover hábitats favorables para los polinizadores

B.2. Conservación de los polinizadores en áreas urbanas y entorno de infraestructuras

B.2.2. Elaborar directrices técnicas para la conservación de los polinizadores y de sus hábitats en el entorno de infraestructuras de comunicación, transporte, energía y otros servicios.

Justificación

La adecuada gestión de la vegetación en bordes y entorno de infraestructuras de comunicación, transporte, energía y otros servicios -carreteras, ferrocarril, líneas eléctricas, gasoductos, conducciones de agua, etc.- puede contribuir al mantenimiento de poblaciones de polinizadores silvestres; por el contrario, ciertos tratamientos de estas zonas pueden implicar la alteración y/o desaparición de importantes superficies de su hábitat.

Descripción

Definir directrices y recomendaciones para la conservación de los polinizadores en los tratamientos de vegetación en el entorno de infraestructuras de comunicación, transporte, energía y otros servicios.

Desarrollo

Elaborar directrices técnicas para el adecuado tratamiento de la vegetación en el entorno de infraestructuras que contribuyan a la conservación de los hábitats de los polinizadores, garantizando la seguridad frente a accidentes o posibles incendios, promoviendo el empleo de medios mecánicos, frente al uso de herbicidas.

También se podrían considerar medidas para eliminar el efecto barrera generado por las infraestructuras, como acondicionamientos para polinizadores de pasos de fauna.

Responsables

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación) en coordinación con otros departamentos ministeriales y con la colaboración del sector privado (empresas gestoras de infraestructuras y de energía, etc.).



La adecuada gestión de la vegetación en bordes y entorno de infraestructuras de comunicación puede contribuir al mantenimiento de poblaciones de polinizadores silvestres.

Por último, se revisa un documento realizado de forma colaborativa por 34 investigadores nacionales en Ecología (VVAA, 2019) relativo a “Medidas para la conservación de la biodiversidad de los polinizadores silvestres en la Península Ibérica”. Hacen un llamamiento urgente a instituciones, agricultores y sociedad en general a implementar medidas y cambios que consigan frenar el declive de los polinizadores silvestres ocasionado por la actividad humana. Destacan que la Península Ibérica por su posición estratégica en el contexto de la cuenca mediterránea y proximidad al continente africano, es una de las zonas con mayor biodiversidad de polinizadores de la Unión Europea y, en concreto, una de las zonas con mayor biodiversidad de abejas del mundo (Nieto et al., 2014). Este llamamiento lo realizan al tratarse de una cuestión de seguridad alimentaria y medioambiental que justifican entorno a siete ejes: importancia en la producción de alimentos, motor económico mundial, indispensables para nuestra alimentación, fundamentales para una dieta saludable, complementarios (la abundancia y riqueza de polinizadores aumenta la producción), contingentes (la contribución de los insectos silvestres a la polinización es mucho mayor de lo que tradicionalmente se les ha atribuido), insustituibles (existen cultivos que se polinizan por unas pocas especies, su pérdida comprometería la viabilidad de los mismos). Finalmente establecen un decálogo de medidas generales que podrán contribuir a preservar la diversidad de estas especies que se enumeran a continuación:

1. Conservar y restaurar el paisaje.
2. Aumentar la disponibilidad de flores en el medio silvestre, áreas agrícolas y ciudades.
3. Maximizar la disponibilidad de recursos de nidificación y oviposición.
4. Reducir el uso de plaguicidas.
5. Fomentar una agricultura sostenible.
6. Realizar acciones de sensibilización y educación sobre los beneficios que los polinizadores silvestres proporcionan al ser humano y al medio ambiente.
7. Legislar la protección de las especies más sensibles.
8. Potenciar la coordinación de los trabajos de protección y restauración.
9. Mejorar la educación ambiental impartida a los agricultores/as.
10. Impulsar la investigación y conocimiento sobre los polinizadores silvestres.

Como se puede verificar, estas medidas estructuradas de otra forma quedan recogidas en la estrategia nacional para la conservación de los polinizadores (MITECO, 2020) comentadas anteriormente.



Figura 25: la presencia de flores es un requerimiento básico para la presencia de polinizadores. Los campos de cultivos tradicionales presentan comunidades de plantas arvenses y ruderales que proporcionan este recurso en abundancia. En la imagen campos de cultivo de cereal de secano cubiertos de amapolas (*Papaver rhoeas*). Pinto (Madrid).

8.

Conclusiones y recomendaciones

El servicio ecosistémico de la polinización en calles eléctricas y gasoductos:

1. Dentro de los diferentes servicios ecosistémicos que se podrían seleccionar asociados a calles eléctricas y gasoductos el de la polinización sin duda es uno de los más estratégicos, si no el más estratégico por varios motivos: (i) está íntimamente relacionado con la biodiversidad, luego se abordan en paralelo las dos temáticas; (ii) está en claro declive por lo que ha pasado al primer plano en todas las políticas nacionales, europeas e internacionales, (iii) luego supone alinearse con este emergente escenario político/normativo; (iv) está vinculado a la producción de alimentos (seguridad alimentaria), en particular a aquellos que conforman las dietas saludables.
2. Como se ha podido evidenciar en diversas publicaciones científicas y documentos técnicos, las calles eléctricas y gasoductos ofrecen buenas condiciones para albergar ricas poblaciones de polinizadores. Esto se debe a las propias características y mantenimiento de estos espacios que conservan la vegetación en estructuras abiertas y bien soleadas, ya sean de pastizales o formaciones de matorral.
3. El papel de estos espacios dependerá en gran medida de las diferentes situaciones de entorno. En espacios forestales las calles eléctricas y gasoductos, constituyen espacios abiertos aportando heterogeneidad lo que confiere riqueza y biodiversidad al conjunto.
4. En zonas abiertas este papel se desdibuja, pero en zonas de agricultura intensiva pueden constituir refugios para los polinizadores.
5. Favorecer a los polinizadores y el servicio de la polinización es trabajar para mejorar su hábitat, tanto proporcionando alimento con comunidades vegetales que puedan proveer flores de forma continuada en el tiempo, como lugares de refugio y nidificación. En definitiva, trabajar con polinizadores es trabajar sobre la vegetación de calles eléctricas y gasoductos. Los mosaicos de 30-40% de vegetación dominada por matas y arbustos y el resto por pastizales, constituye un hábitat idóneo para los diferentes grupos de polinizadores (Figura 26).
6. No usar herbicidas en las labores de mantenimiento supone ya eliminar una de las grandes amenazas sobre los polinizadores y por lo tanto sobre el servicio de la polinización.
7. Orientar la sucesión de estos espacios hacia comunidades vegetales compatibles con la normativa relativa a estos espacios y que a su vez, estas comunidades ralenticen el crecimiento de la vegetación de porte alto. En definitiva supone una solución basada en la naturaleza, que bien puede atenuar los costes de mantenimiento por un lado, e incrementar los retornos en servicios ambientales y biodiversidad por otro.

¿Cómo empezar a trabajar con este servicio ecosistémico?

De puertas hacia fuera de la empresa

Hacia la Administración:

8. La adecuada gestión de las calles eléctricas y gasoductos constituye una oportunidad para la conservación de la biodiversidad y en particular para los polinizadores y el servicio ecosistémico de la polinización.
9. Los nuevos objetivos de las políticas de biodiversidad que contemplan que un 10% de la superficie se reserve para elementos de alta biodiversidad, las calles eléctricas y gasoductos podrían jugar un importante papel.
10. Habría que estudiar el coste de este tipo de contribuciones y compararlas sobre otras alternativas como el abandono de campos de cultivo, que como se ha visto en el caso de Suecia (ver página 34), puede ser una muy buena oportunidad.

Hacia el resto de empresas energéticas:

11. Se pueden generar alianzas como la descrita en USA: *Power-in-Pollinators Initiative* (ver página 37), de forma que se optimicen los recursos y se trabaje en red, se podría empezar por algo muy sencillo, alguna acción divulgativa o un pequeño piloto, y estudiar los resultados, en función del grado de satisfacción ir escalando, en su caso, los objetivos. También puede ser interesante para interaccionar con la Administración en grupo. A este respecto puede ser relevante analizar lo que puede decir al respecto la valoración del capital natural que estáis realizando de forma sectorial con ECOACSA.

De puertas hacia dentro de la empresa

12. Dado que la empresa está implantando el proyecto GALA en sus líneas de distribución de energía eléctrica, sería bueno reflexionar sobre extender sus aplicaciones a un modelo análogo al Sistema de Gestión Integrada de la Vegetación (IVM; ver páginas 36–39). En USA primero empiezan por esta metodología y posteriormente trabajan con polinizadores, parece el procedimiento más lógico. Quizá sería interesante buscar prioridades para un proyecto de estas características: imagen, conservación, biodiversidad, reducir costes de mantenimiento, etc. En base a estas prioridades buscar posibles escenarios para trabajar (debido a la complejidad de la titularidad de los terrenos en estos escenarios quizá sería recomendable buscar espacios de titularidad pública). Diseñar un piloto en base a los objetivos propuestos. Esto bien manejado podría posicionar a Naturgy como referente nacional en distribución. Red Eléctrica de España, por la naturaleza de su negocio como gran transportista, debe tener esta línea de desarrollo e innovación más avanzada, pero los escenarios de distribución, además de ser mucho más frecuentes, tienen características diferentes por tener tensiones nominales más bajas, torretas más pequeñas, distancias al suelo de los conductores más bajas, etc. (Figura 26).
13. MITECO publicó en 2020 la estrategia nacional para la conservación de polinizadores, pero está pendiente el “Sistema de seguimiento de polinizadores en España”. Esta metodología de muestreo que será homogénea y comparable en todo el país, por lo que sería prudente esperar a su publicación para pensar en trabajar con el servicio ecosistémico de la polinización.

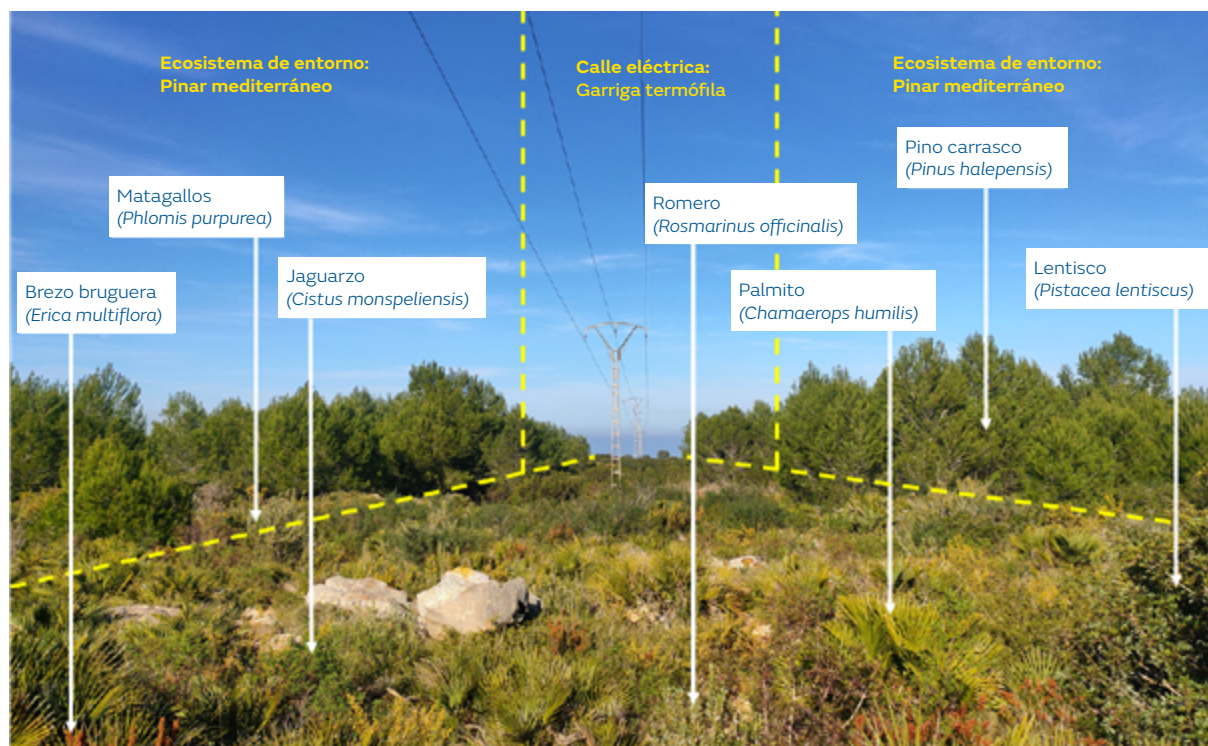


Figura 26: calle eléctrica de distribución en el Parque Natural del Montgó (Comunidad Valenciana), al fondo el mar. Se puede apreciar cómo en este caso particular la comunidad de entorno del tendido es un pinar mediterráneo dominado por el pino carrasco. En formaciones cerradas de esta especie desaparece el sotobosque, constituyendo una comunidad vegetal bastante pobre. Por el contrario, en la calle eléctrica, donde se han eliminado los pinos, prospera una garriga termófila, hábitat de interés comunitario, que alberga una rica diversidad de especies. Esta comunidad es perfectamente compatible con la operación del tendido eléctrico. Un mantenimiento periódico y puntual, eliminando los pinos que crezcan, sería suficiente para mantener este enclave dado que el resto de especies son de baja talla como se puede apreciar en la fotografía (imagen de Roberto García Ramos).

14. Por el contrario, ha quedado patente que España es una de las zonas más ricas del planeta en lo que se refiere al grupo de las abejas. Muchas especies de polinizadores están amenazadas. Sí se podrían cruzar las áreas donde distribuye energía Naturgy y las distribuciones conocidas de las especies amenazadas y/o protegidas. Si se identifica alguna especie objetivo se podría plantear un proyecto de biología de la conservación de esta especie asociada a calles eléctricas y gasoductos. Lo idóneo sería sobre terrenos de titularidad pública (estatal, autonómica o municipal).

15. Mediante este informe se hace una introducción al servicio ecosistémico de la polinización en calles eléctricas y gasoductos, pero hay otros también relevantes, en particular la conservación de suelos, en sentido biológico. Este aspecto va a ser sin duda muy relevante en los próximos años dado que en la nueva legislación que prepara una Unión Europea en materia de Restauración de Ecosistemas, contempla los suelos y los polinizadores como puntos estratégicos. En este sentido reconducir técnicas de mantenimiento que comprometan la estructura y funcionalidad del suelo hacia otras más sostenibles, así como evitar también su pérdida por erosión resultaría otro hito destacable para la empresa.

Las calles eléctricas y los gasoductos: nuevos retos

Las infraestructuras lineales de transporte de energía, fundamentalmente tendidos eléctricos y gasoductos, son espacios en los que, por la propia operatividad de la infraestructura, los usos y la configuración del espacio están regulados mediante lo que se denomina servidumbre de paso. Por otro lado, resulta evidente que, a pesar de su singular geometría, la superficie que ocupan no es nada desdeñable y, por lo tanto, buscar nuevos objetivos para estos escenarios constituye todo un reto ambiental, técnico y económico. Existe toda una batería de razones por las que buscar nuevos usos/aprovechamientos en estos espacios resulta un reto que no se debe desaprovechar:

1. Por su extensión y geometría. En España hay más de 1 millón de kilómetros de líneas eléctricas, lo que supone dar 25 vueltas a la Tierra o viajar 2,6 veces a la Luna (FutuRed, 2021). Estas infraestructuras surcan todo tipo de ecosistemas y situaciones ambientales.
2. Por su interacción con el entorno. Estos corredores deberían constituir una oportunidad para la conectividad tanto longitudinal como transversal.
3. Por su potencial para promover valores naturales, culturales y educativos. La sociedad hoy en día y más en sociedades desarrolladas, no se resigna a relegar grandes espacios a actividades que no explotan todo su potencial.
4. Por imperativo legal o exigencia normativa. Las normativas ambientales cada vez más exigentes en materia de erosión del suelo, calidad de las aguas, conservación de la biodiversidad, entre otras, además de las que están por llegar en el marco europeo como la relativa a la restauración de espacios degradados, o los servicios ecosistémicos.
5. Por una nueva visión holística en el diseño y construcción de estas infraestructuras.

El objetivo es hacer de las calles eléctricas un espacio multifuncional, en el que además de operar el transporte de electricidad estos espacios dentro de sus limitaciones cumplan objetivos ambientales tanto a escala local como refugio de polinizadores, por ejemplo, pero también a escala de paisaje o regional como corredores y reservorios de biodiversidad.

Bibliografía

- Aronson, J., D. Renison, J.O. Rangel-Ch, S. Levy-Tacher, C. Ovalle & A. Del Pozo. 2007. Restauración del Capital Natural: sin reservas no hay bienes ni servicios. *Ecosistemas* 16 (3): 15-24. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/89>
- Beltrán Mas, R., & Traveset Vilagines, A. 2018. Redes de interacción entre flores e himenópteros en dos comunidades costeras. Efectos de la pérdida de hábitat. *Ecosistemas*, 27(2), 102-114. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1409>
- Bascompte, J & P. Jordano. 2008. Redes mutualistas de especies. *Investigación y Ciencia*. No 384: 50-59.
- Canadian Wildlife Federation. 2020. Managing Rights-of-Way for Pollinators: A Practical Guide for Managers. 28 pp. (disponible en la URL: https://cwf-fcf.org/en/resources/downloads/booklets-handouts/ROW_restoration_guide_en.pdf, consultada en enero de 2022).
- Claire Carvell, Nick Isaac, Mark Jitlal, Jodey Peyton, Gary Powney, David Roy, Adam Vanbergen, Rory O'Connor, Catherine Jones, Bill Kunin, Tom Breeze, Mike Garratt, Simon Potts, Martin Harvey, Janice Ansine, Richard Comont, Paul Lee, Mike Edwards, Stuart Roberts, Roger Morris, Andy Musgrove, Tom Brereton, Cathy Hawes and Helen Roy. 2016. Design and Testing of a National Pollinator and Pollination Monitoring Framework. A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra), Scottish Government and Welsh Government. Disponible en la URL: https://www.researchgate.net/publication/308201468_Design_and_Testing_of_a_National_Pollinator_and_Pollination_Monitoring_Framework, consultada en enero de 2022.
- Chapman, A. D. 2009. Numbers of Living Species in Australia and the World (2nd ed.). Canberra: Australian Biological Resources Study. pp. 1–80. ISBN 978-0-642-56861-8.
- Christenhusz, J.M.M. & J.W. Byng. 2016. The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa* 261 (3): 201–217 (disponible en la URL: <https://www.biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.261.3.1>).
- Costanza, R, R D'Arge, R De Groot, S Farber, M Grasso, B Hannon, K Limburg, S Naeem, R. V O'Neill, and J Paruelo. 1997. "The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital." *Nature -London-* 6630 (6630): 253–260.
- Creando Redes Cap Nat. 2020. Valoración del capital natural: ¿qué es y por dónde empezamos? disponible en la URL: <https://creandoredes.es/valoracion-del-capital-natural-que-es-y-por-donde-empezamos/>. Consultada el 12 de noviembre de 2021.
- CREAF. 2016. ¿Qué son los servicios ecosistémicos? El blog. Disponible en la URL: <http://blog.creaf.cat/es/conocimiento/que-son-los-servicios-ecosistemicos/> consultada el 21 de diciembre de 2021.
- Daniel-Ferreira, J., R. Bommarco, J. Wissman & E. Öckinger. 2020. Linear infrastructure habitats increase landscape-scale diversity of plants but not of flower-visiting insects. *Scientific Reports*. *Nature Portfolio*. 10:21374.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2008. Benefits of Integrated Vegetation Management (IVM) on Rights-of-Way. Disponible en la URL: <https://www.epa.gov/peps/benefits-integrated-vegetation-management-ivm-rights-way>. Consultada el 3 de enero de 2022.
- EPRI. 2020. Power-in-Pollinators Initiative. Disponible en la URL: <https://www.epri.com/research/products/00000003002015352>
- EPRI. 2019. Technical report. Conservation Actions for Electric Power Companies to Support Monarch Butterflies. Disponible en la URL: <https://www.xerces.org/publications/planning-management/conservation-actions-for-electric-power-companies-to-support> consultada en enero de 2022.
- del Hoyo, J. (Ed.) 2020. All the birds of the world. Linx. Barcelona.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2016. Línea Base del Servicio Ecosistémico de la Polinización en

- Chile: Documento de síntesis. Disponible en la URL: <https://www.fao.org/3/i6663s/i6663s.pdf>. Consultada el 10 de diciembre de 2021.
- Fundación Biodiversidad.** 2021. Qué es la biodiversidad. Disponible en la URL: <https://fundacion-biodiversidad.es/es/que-hacemos/que-es-la-biodiversidad>, consultada en 10 de septiembre de 2021).
- FutuRed.** 2021. Las redes eléctricas de España. Disponible en la URL: <https://www.futured.es/las-redes-electricas-espana/>. Consultada el 10 de diciembre de 2021.
- Gardiner, M.M., C.B. Riley, R. Bommarco & E. Öckinger.** 2018. Rights-of-way: a potential conservation resource. *Front Ecol Environ* 2018; 16(3): 149–158.
- Garrat, M.P.D., Breeze, T.D., Jenner, N., Polce, C., Biesmeijer, J.C., Potts, S.G.** 2014. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184: 34–40.
- Greenpeace.** 2014. Alimentos bajo amenaza - Valor económico de la polinización y vulnerabilidad de la agricultura española ante el declive de las abejas y otros polinizadores. Disponible en la URL: <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2014/Report/abejas/alimentos%20bajo%20amenaza%20BR.pdf> consultada en enero de 2022.
- Hill B & Bartomeus I.** 2016 The potential of electricity transmission corridors in forested areas as bumblebee habitat. *R. Soc. open sci.* 3: 160525. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160525>
- Hoekstra, Jonathan M, Timothy M Boucher, Taylor H Ricketts, and Carter Roberts.** 2004. “Confronting a Biome Crisis: Global Disparities of Habitat Loss and Protection: Confronting a Biome Crisis.” *Ecology Letters* 8 (1): 23–29. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00686.x>.
- Hunt, T., J. Bergsten, Z. Levkanicova, A. Papadopoulou, O. S. John, R. Wild, P. M. Hammond, D. Ahrens, M. Balke, M. S. Caterino, J. Gómez-Zurita, I. Ribera, T. G. Barraclough, M. Bocakova, L. Bocak, & A.P. Vogler.** 2007. A comprehensive phylogeny of beetles reveals the evolutionary origins of a superradiation. *Science*, 318(5858), 1913–1916. <https://doi.org/10.1126/science.1146954>
- IPBES (2016).** The assessment report of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 552 pages. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>
- IPBES (2019):** Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneeth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3553579>
- Johnson, Steven D, and Kim E Steiner.** 2000. “Generalization Versus Specialization in Plant Pollination Systems.” *Trends in Ecology & Evolution* 15 (4): 140–43. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01811-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01811-X).
- Loss SR, Will T, Marra PP** (2014) Refining Estimates of Bird Collision and Electrocution Mortality at Power Lines in the United States. *PLoS ONE* 9(7): e101565. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101565>
- MAPA.** 2020. Guía de gestión integrada de plagas. Redes de servicio y zonas industriales. MAPA. Madrid. 128 pp. (disponible en la URL: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/redesdeservicio_web_tcm30-544673.pdf consultada en diciembre de 2021)
- MITECO.** 2020. Estrategia nacional para la conservación de los polinizadores. Aprobada por la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente el 21 de septiembre de 2020. Disponible en la URL: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/fauna_flora_estrategias_polinizadores.aspx consultada en enero de 2022.
- Nieto, A., Roberts, S.P.M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., García Criado, M., Biesmeijer, J.C., Bogusch, P., Dathe, H.H., De la Rúa, P., De**

- Meulemeester, T., Dehon, M., Dewulf, A., Ortiz-Sánchez, F.J., Lhomme, P., Pauly, A., Potts, S.G., Praz, C., Quaranta, M., Radchenko, V.G., Scheuchl, E., Smit, J., Straka, J., Terzo, M., Tomozii, B., Window, J. and Michez, D. 2014. European Red List of bees. Luxembourg: Publication Office of the European Union. Disponible en la URL: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-4-019.pdf> consultada en enero de 2021.
- Nowak, C.A & Ballard, B.D. 2005. A framework for applying integrated vegetation management on rights-of-way. *Journal of Arboriculture* 31(1). Disponible en la URL: http://www.rowstewardship.org/resource_pdfs/ivm_framework.pdf
- Ollerton, J., S. Tarrant & R. Winfree. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120: 321-326.
- Ortiz Sánchez, F. J., Aguado Martín, L. Óscar, & Ornos Gallego, C. 2018. Diversidad de abejas en España, tendencia de las poblaciones y medidas para su conservación (Hymenoptera, Apoidea, Anthophila). *Ecosistemas*, 27(2), 3-8. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1315>
- Ribera, I, & R.G. Beutel. 2012. Hexápodos. In Vargas, P. & R. Zardoya (Eds.). *El árbol de la vida*. Madrid.
- Russell, K.N., G.J. Russell, K.L. Kaplan, S. Mian & S. Kornbluth. 2018. Increasing the conservation value of powerline corridors for wild bees through vegetation management: an experimental approach. *Biodiversity and Conservation* 27:2541–2565 <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1552-8>
- Russo, L., H. Stout, D. Roberts, B.D. Ross & C.G. Mahan. 2021. Powerline right-of-way management and flower-visiting insects: How vegetation management can promote pollinator diversity. *Plos One* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245146>
- Sonsequi, P & C.A. Domínguez. 2018. El valor de la polinización y los riesgos a los que se enfrenta este servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89: 961 – 970.
- Stefanescu, C., L.O. Aguado, J.D. Asis, L. Baños-Picón, X. Cerdá, M.A. Marcos García, E. Micó, A. Ricarte & J. Tormos. 2018. Diversidad de insectos polinizadores en la península ibérica. *Ecosistemas*. 27 (2): 9-22 pp (disponible en la URL: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1391>).
- Terradas, J. 2001. *Ecología de la Vegetación*. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de las comunidades y paisajes. Ed. OMEGA. Barcelona. 702 pp.
- Traveset, A. 2017. Entrevista Anna Traveset por Ingrid Lafita. *Mètode* no96. 22-27pp. Universitat de València.
- Universidad Católica de Chile (UC). 2022. Cambio Global. Disponible en la URL: <https://cambioglobal.uc.cl/comunicacion-y-recursos/que-es-el-cambio-global> consultada en febrero de 2022.
- USDA. 2021. NRCS Documents and Resources for Pollinator Conservation and Enhancements, compiled by Christine Taliga. Disponible en la URL https://plants.sc.egov.usda.gov/assets/docs/NRCS_Pollinator_PLANTS_Nov2021.pdf visitada en enero de 2022.
- Vargas, P. & R. Zardoya (Eds.). 2012. *El árbol de la vida*. Madrid. 597 pp.
- Vargas, P. 2012. Angiospermas. In Vargas, P. & R. Zardoya (Eds.). *El árbol de la vida*. Madrid. 114-123 pp.
- VVAA. 2019. Medidas para la conservación de la biodiversidad de los polinizadores silvestres en la península ibérica. Asociación Española de Ecología Terrestre. *Revista Ecosistemas*. 36 pp.
- Wagner, D.L., Metzler, K.J. & Frye, H. 2029 Importance of transmission line corridors for conservation of native bees and other wildlife. *Biological Conservation* 235 (2019) 147–156.
- Waser, N.M., L. Chittka, M.V. Price, N.M. Williams & J Ollerton. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology* 77 (4): 1043-1060.
- Wojcik, V.A. & S. Buchmann. 2012. Pollinator conservation and management on electrical transmission and roadside rights-of-way: a review. *Journal of Pollination Ecology*, 7(3), 2012, pp 16-26.
- Xerces Society for Invertebrate Conservation. 2015. *Creston-Duwamish Site Evaluation Criteria*. Disponible en la URL <https://www.earthcorps.org/ftp/ECScience/Projects/Handbook/Creston-Duwamish%20Site%20Evaluation%20Criteria.pdf> consultada en octubre de 2021.



www.naturgy.com