

# **ANÁLISIS** DE LA SITUACIÓN **Y PROPUESTAS** PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS INSECTOS



**SIN INSECTOS NO HAY VIDA**



**Autoría:**

Concepción Ornos. Universidad Complutense de Madrid .

Ana Tello. Universidad Complutense de Madrid .

Daniel Romero. Universidad Complutense de Madrid.

**Portada, diseño y maquetación:** Andrés Espinosa

**Fotografías:** Concepción Ornos y José María Hernández

**Edición:** Ecologistas en Acción.

C/Peñuelas 12,Bajo 28005 Madrid • Tel: 915312739 • [www.ecologistasenaccion.org](http://www.ecologistasenaccion.org)

Diciembre 2021

Ecologistas en Acción agradece la reproducción y divulgación de los contenidos de esta publicación siempre que se cite la fuente.

Esta publicación está bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/>



Este libro está bajo una licencia Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 3.0 España de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/es/>

# Índice

<b>IMPORTANCIA ECOLÓGICA</b> .....	<b>5</b>
<b>IMPORTANCIA ECONÓMICA</b> .....	<b>7</b>
<b>SALUD Y CULTURA</b> .....	<b>10</b>
<b>AMENAZAS</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIONES Y ESPECIES INVASORAS</b> .....	<b>16</b>
<b>CONSERVACIÓN</b> .....	<b>17</b>
<b>PROPUESTAS</b> .....	<b>19</b>
<b>ALGUNAS PÁGINAS WEB ÚTILES</b> .....	<b>26</b>
Dejar zonas silvestres en parques y jardines (públicos o privados). .....	<b>26</b>
Campañas de Ciencia Ciudadana.....	<b>26</b>
Promover la creación de Reservas Entomológicas.....	<b>26</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>27</b>

**S**e calcula que existen en el mundo un millón y medio de especies animales, de las que los artrópodos representan el 86% de la biodiversidad. Alrededor de un millón de especies son de insectos, unas 100.000 de arácnidos, 11.500 de miriápodos y unas 47.000 de crustáceos. Pero seguramente existen muchos más insectos, de los que se estima que quedan unos 30 millones de especies más por descubrir, ya que son el grupo más diverso y abundante de seres vivos del planeta. Por ejemplo, de cada tres especies de animales dos son insectos y se ha considerado que por cada persona existen 300 millones de individuos de estos animales. Además, han colonizado todos los medios, aéreo, terrestre y acuático y, excepto en el medio marino, donde solo se encuentran unas pocas especies, y las zonas extremas polares, los insectos llegan a grandes altitudes y a profundidades del medio edáfico y cavernícola, y se reparten, desde el Ecuador, a lo largo de todas las latitudes del planeta.

En términos económicos, su valor es altísimo. Por ejemplo, de cada euro que produce un cultivo de manzana, unos 92 céntimos (incluso su total) proceden del servicio de polinización por insectos, entre 80 y 99 céntimos en arándanos, 78 céntimos en el kiwi y casi 50 céntimos en la fresa (Losey & Vaughan, 2006; Miñarro *et al.*, 2018) y suponen 2.400 millones de euros de valor asociado a la agricultura española (FAO, 2016). Por otro lado, de acuerdo con la FAO (2013), la ingesta de insectos complementa la dieta de aproximadamente 2.000 millones de personas y se trata este de un hábito que siempre ha estado presente en la conducta alimentaria de los seres humanos.

En Papúa, Nueva Guinea, las mariposas son un recurso incluido en su Constitución, con el que comercian y al que protegen, ya que les produce altos beneficios económicos.

Vistas tales cifras, aunque solo se midiera en número de especies y de individuos, ya podría inducirse que los insectos juegan un extraordinario y valioso papel en nuestras vidas y que desempeñan roles clave en la polinización, en la degradación de residuos, en el ciclo de nutrientes, en las cadenas alimenticias de las aves y otros insectívoros, que son uno de los pilares de nuestros ecosistemas y bioindicadores de calidad, así como que nos proporcionan alimentos y otros productos no alimentarios como biocombustibles o fibras y son símbolos de identidad y patrimonio cultural y natural. Pero este papel, y sus muchos otros servicios, es tan generalmente desconocido, infravalorado y menospreciado como indudablemente es irremplazable. Curiosamente, la percepción negativa que la sociedad tiene de estos seres es injusta y errónea, porque no son más de un 2% los insectos perjudiciales.

La Península Ibérica por su situación geográfica, su carácter peninsular y sus vicisitudes biogeográficas es uno de los territorios con mayor diversidad de artrópodos de Europa y una de las zonas más ricas en insectos, si bien se desconoce el estado de conservación de gran parte de esta fauna, una demanda histórica de la sociedad científica que sigue sin cubrirse en la actualidad, incluso en grupos de alta utilidad como los insectos polinizadores, los insectos edáficos o los insectos saproxílicos (Stefanescu *et al.*, 2018; Ramírez-Hernández *et al.*, 2015; Trabajo Colaborativo, 2019).

# IMPORTANCIA ECOLÓGICA

La importancia de la polinización por insectos se materializa al considerar que estas especies son altamente variadas y que esa diversidad es su valor esencial (Stephanescu *et al.*, 2018; Ortiz-Sánchez *et al.*, 2018). Por ejemplo, las abejas silvestres (la mayoría de las 1.100 especies ibéricas o de las 17.000 que existen en el mundo) juegan un papel polinizador mucho mayor que el que tradicionalmente se les ha asignado (Winfree *et al.* 2008; Breeze *et al.* 2011; Garibaldi *et al.* 2013; Ollerton *et al.*, 2014; Rodrigo *et al.*, 2016; Ortiz-Sánchez *et al.*, 2018) y muchas de ellas son más eficientes polinizadoras que las especies domésticas, como la abeja de la miel, *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. Su déficit podría provocar graves consecuencias sobre la biodiversidad global, por lo que es muy importante que la sociedad, a todos los niveles, conozca que los insectos polinizadores se complementan mejorando su papel ecosistémico y la producción agrícola (Gallai *et al.*, 2009; Garratt *et al.*, 2014, Miñarro *et al.*, 2018, Rodrigo *et al.*, 2016; Trabajo Colaborativo, 2019; Azpiazu *et al.*, 2020; MITECO, 2020). Los polinizadores, entonces, juegan un papel esencial en ayudar a alimentar de manera sostenible a una creciente población mundial y ayudan a mantener la biodiversidad y los ecosistemas silvestres (FAO, 2016, 2018; MITECO, 2020). Contribuyen a la construcción de medios resilientes, así como a la creación de nuevos puestos de trabajo para los pequeños agricultores en particular, satisfaciendo la progresiva demanda de alimentos sanos y nutritivos y de otros productos no alimentarios (FAO, 2018; Aguilera *et al.*, 2021).

Los insectos saproxílicos, como lo son numerosos escarabajos (Coleoptera) y sírfidos (Diptera), son organismos que, al menos durante una parte de su ciclo biológico (normalmente las formas juveniles), dependen de la madera viva o muerta de los árboles, así como de restos de madera caída en el suelo, o bien del material en descomposición

asociado a las partes leñosas de los árboles (Ramírez-Hernández *et al.*, 2015; Micó *et al.*, 2021). Estos grupos de insectos son un importante componente de la biodiversidad de los bosques (Micó *et al.*, 2021) y están estrechamente relacionados con los numerosos microhábitats ofrecidos por los árboles, tales como la corteza, la savia, las oquedades, las acumulaciones de agua o de materia orgánica, etc., mostrando en ocasiones gran especificidad (Ramírez-Hernández *et al.*, 2015). Atendiendo al régimen alimenticio, pueden agruparse en distintos gremios tróficos como xilófagos (madera), saprófagos o detritívoros (detritos, materia orgánica), micetófagos (hongos), comensales y depredadores (Ramírez-Hernández *et al.*, 2015) y esto les confiere su papel clave en estos ecosistemas forestales, ya que intervienen en los procesos de descomposición de la madera, provocando cambios fisicoquímicos en los microhábitats donde viven, y contribuyen activamente en el ciclo de nutrientes del bosque (Ramírez-Hernández *et al.*, 2015; Micó *et al.*, 2021).

Por otro lado, el suelo es un fructífero ecosistema. Es un recurso no renovable e indispensable para la vida humana, habitado por una rica y diversa fauna edáfica en la que los artrópodos (microartrópodos) juegan un papel esencial en los procesos de su formación, descomposición de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes, y constituyen su mayor parte (Alvarado & Selga, 1961). Estos grupos de artrópodos edáficos son dependientes de factores bióticos y abióticos y sensibles a las perturbaciones naturales y antrópicas del medio, que provocan cambios en su composición específica y su abundancia, y ocasionan la pérdida de especies y de su diversidad, con la consiguiente disminución de la estabilidad y la fertilidad de este entorno tan vulnerable (Alvarado & Selga, 1961; Villani *et al.*, 1999; Socarrás, 2013). Los grupos detritívoros, como se mencionaba anteriormente, son aquellos que se alimentan de materia orgánica (saprófagos)



y constituyen la base de la fauna del suelo, grupos entre los que, con gran abundancia, se hallan los colémbolos (*Collembola*) y ciertos ácaros (*Acari*, *Oribatida*), que fragmentan la materia vegetal y la hacen accesible a otros descomponedores, proceso esencial este para el ciclo de la vida del planeta. Es decir, realizan una eficaz degradación de la materia orgánica, gracias al fraccionamiento y la trituración de los restos vegetales y a la formación de sustancias húmicas, favoreciendo la disponibilidad de los nutrientes. Estos seres, además, sirven de alimento a depredadores (ácaros gamásidos, otros arácnidos, ciertos miriápodos, algunos insectos, etc.), que también en estas comunidades edáficas existen en las cadenas tróficas, como en el resto de los ecosistemas mundiales.

Los insectos en general y la entomofauna edáfica en particular son muy adecuados para monitorizar los cambios en el paisaje por su abundancia, riqueza de especies e importancia en el funcionamiento de los ecosistemas naturales. El suelo es receptor de las aguas pluviales y del riego, y en él se depositan los productos fitosanitarios, fertilizantes y variados biocidas usados en la agricultura, entornos urbanos y campos de golf, por ejemplo.

La utilidad de la estructura de la comunidad de artrópodos edáficos como bioindicadores de la calidad de los suelos es ampliamente conocida y la medida de su abundancia y diversidad, común en los estudios estructurales y de contaminación (Nummelin *et al.* 2007). Es el caso de los ya mencionados ácaros oribátidos (son arácnidos y por lo tanto no insectos) y el de los colémbolos, con una larga historia en la medida de la biodiversidad de suelos agrícolas y forestales (Gulvik, 2007; Behan-Pelletier, 2003) e incluso, con estos últimos, se ha llegado a definir un

algoritmo para ser usado como una herramienta útil de monitoreo de la biodiversidad de suelos alterados (Caruso *et al.*, 2007). Los oribátidos también son ampliamente utilizados para estudiar la contaminación por metales pesados y otros elementos en los suelos forestales (Ivan & Vasiliu, 2009) y las hormigas (*Hymenoptera*) han sido un grupo pionero, objeto de este conocimiento, como bioindicadores de evaluación de sistemas ecológicos terrestres o de estrés en medios naturales (Agosti *et al.*, 2000).

*Los insectos también juegan un rol muy notable en los medios dulceacuícolas. El creciente incremento de las alteraciones de los cursos de agua y la sensibilidad a este problema por parte de los organismos competentes han hecho que en todos los países desarrollados se pongan en marcha programas de control y vigilancia de la calidad de las aguas, para lo que se utilizan los insectos dulceacuícolas como bioindicadores de la calidad de ríos, arroyos, lagos y otros medios, al ser sensibles en distinto grado a la alteración de tales ecosistemas (Alba-Tecedor & Sánchez-Ortega, 1988; Alba-Tecedor, 1996). De modo que las especies intolerantes frente a la alteración desaparecen, o disminuyen sus efectivos, mientras que las tolerantes u «oportunistas» los incrementan. Algunos de estos grupos pasan todo, o casi todo, su ciclo de vida en el agua, como los chinches acuáticos o zapateros (*Heteroptera*) y escarabajos (*Coleoptera*), mientras que otros, como las libélulas (*Odonata*), las efímeras (*Ephemeroptera*), las perlas (*Plecoptera*), las frigáneas (*Trichoptera*) o los mosquitos y tábanos (*Diptera*), tienen adultos terrestres. Todos ellos se reparten en los distintos medios ecológicos acuáticos en función de sus adaptaciones y de sus requerimientos (Alba-Tecedor & Sánchez-Ortega, 1988; Alba-Tecedor, 1996).*

# IMPORTANCIA ECONÓMICA

**A la indudable e incalculable importancia ecosistémica de los insectos se une la importancia económica, social y cultural que poseen.**

Por ejemplo, varias especies de escarabajos, moscas, chinches y avispas pueden emplearse como controladores biológicos frente a plagas, evitando, por lo tanto, los efectos contaminantes de los insecticidas químicos al uso. Alrededor del 90% de las especies fitófagas, que atacan a los cultivos, son consumidas o atacadas en fase de huevo o en fase juvenil por depredadores, parásitos o parasitoides que, en su mayoría, son insectos (Beitia *et al.*, 2003; Nicholls, 2008; Wyckhuys *et al.*, 2013). Entre los depredadores más comunes se encuentran representantes de distintos órdenes y de las familias: Anthocoridae, Pentatomidae, Reduviidae, (Heteroptera), Carabidae, Coccinellidae, Staphylinidae (Coleoptera), Chrysopidae (Neuroptera), Cecidomyiidae, Syrphidae, Sciomyzidae (Diptera) y Formicidae (Hymenoptera) (Nicholls, 2008). Por ejemplo, las babosas y los caracoles son atacados por moscas de la familia Sciomyzidae (cuyas larvas encuentran y matan uno o varios caracoles durante su desarrollo) y por algunos escarabajos de la familia Carabidae. Los insectos depredadores se encuentran en casi todos los hábitats agrícolas y naturales y se alimentan de todos los estados de la presa: huevos, larvas (o ninfas), pupas y adultos, a los que matan o inhabilitan de inmediato (Nicholls, 2008). Entre ellos, el grupo más importante son los Coccinellidae (Coleoptera), conocidos vulgarmente como mariquitas. Se sabe que controlan tanto las plagas exóticas como las nativas y son depredadores generalistas y voraces que se distribuyen por todo el mundo. Por ejemplo, las larvas de la mariquita de siete puntos, *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) consumen de 200 a 300 pulgones (Homoptera) por día y los adultos más de 100 (Harmon *et al.*, 2007; Nicholls, 2008). Además, vale la pena mencionar a las arañas (Araneae), que, aunque no son insectos, juegan un papel muy

importante al ser casi todas depredadoras (Foelix, 1982).

Los insectos parasitoides son en su mayoría avispas (Hymenoptera) (Pennacchio & Strand, 2006; Nicholls, 2008; Ferracini *et al.*, 2019; Nieves-Aldrey, *et al.*, 2019), aunque también existen moscas parasitoides (Diptera), unas pocas especies de escarabajos (Coleoptera), polillas (Lepidoptera), Neurópteros (Neuroptera) e incluso se ha descrito alguna especie de tricóptero (Trichoptera) parasitoides y pueden considerarse los enemigos naturales dominantes y más efectivos de algunos insectos plaga. Los parasitoides, entonces, matan a los insectos plaga de forma lenta: algunos hospedadores son paralizados, mientras que otros continúan alimentándose y poniendo huevos antes de sucumbir (Nicholls, 2008).

Una plaga endémica, en las áreas frutícolas españolas de las zonas mediterráneas, es *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), conocida vulgarmente como la mosca de la fruta, cuyos ataques han generado un incremento significativo de pérdidas directas en los últimos años, a pesar de las actividades permanentes de control. Los adultos son atraídos por árboles como nísperos, albaricoqueros, melocotoneros, nectarinos, higueras, caquis y otros frutales, pero destacan sus cuantiosas pérdidas económicas en cítricos, en cuyo interior se desarrollan sus larvas (Beitia *et al.*, 2003). Se ha llevado a cabo un amplio repertorio de métodos tradicionales y biotecnológicos para su control con poco éxito, por lo que se planteó, ya hace tiempo, el control biológico por medio de enemigos naturales (Beitia *et al.*, 2003). El primer intento data del año 1902 en Australia, con especies foráneas de parasitoides (Headrick y Goeden, 1996) y, en España,

se comenzó en 1930, en Valencia. Se han utilizado, entre otras, distintas especies de Himenópteros de las familias Braconidae (superfamilia Ichneumoidea), Eulophidae (superfamilia Chalcidoidea) (Beitia *et al.*, 2003; Beitia *et al.* 2011) y Figitidae (superfamilia Cynipoidea) (De Pedro *et al.*, 2013).

Como un ejemplo ilustrativo de lucha biológica (El MUNDO, 12 de marzo de 2020, *Viticultura sana: icon insectos!*), en La Rioja Alta se comenzaron a instalar, en sus viñedos, albergues para insectos y arácnidos beneficiosos, "para dar cobijo a esa microfauna aliada, que ayuda a una defensa fitosanitaria muy selectiva, muy respetuosa con el medio ambiente y para incrementar la biodiversidad de los viñedos", valorando que "hay especies, como las mariquitas que son indicadoras de una buena calidad ambiental en las viñas y se deben preservar asegurando su proliferación ya que, sobre todo en su estado juvenil de larva, depredan con voracidad extrema pulgones, cochinillas y ácaros, la mayoría de ellos perjudiciales para el viñedo y para otros cultivos" (Roberto Frías, director de la Sección Agrícola de La Rioja Alta). Otras especies interesantes que se están favoreciendo son "las tijeretas, las crisopas, ciertas avispias y arácnidos, que pueden depredar sobre artrópodos plaga como los trips, los ácaros, la polilla del racimo y el piral de la vid. Todas las especies favorecidas son consideradas como auténticos insecticidas biológicos que ayudan a continuar limitando al máximo el uso de productos químicos, uno de los grandes objetivos a conseguir".

De manera similar, los beneficios de los cultivos mundiales que dependen directamente de los polinizadores se hallan entre 235.000 y 577.000 millones de dólares al año y su cantidad va en aumento (FAO, 2018). El volumen de la agricultura, cuya producción es dependiente de los polinizadores, ha aumentado en un 300% en los últimos 50 años (FAO, 2018), polinizan más del 80% de los cultivos y plantas silvestres y, en el ámbito de la agricultura española, se estima que el 70% de los principales cultivos para consumo directo humano dependen

en mayor o menor medida de la polinización por insectos.

Desde otra perspectiva, los insectos son una buena fuente de alimento, la evidencia de su consumo por parte de los humanos se puede observar a través de los testimonios encontrados ya desde la literatura bíblica (Van Huis *et al.*, 2013), pinturas rupestres, esculturas, tótems o deidades que han sobrevivido hasta a nuestros días (Ramos-Elorduy 2009). Esta práctica tiene lugar en muchos países de todo el mundo, pero principalmente en



regiones de Asia, África y América Latina y la FAO lleva proponiendo, desde hace años, programas de alimentación a base de insectos como una fuente de proteínas excelente y barata para el consumo mundial (FAO, 2013). Frente a un 25-50% de proteínas que tiene la carne de ganado doméstico, los insectos contienen hasta un 75% y más fácilmente digerible (FAO, 2013). Sin embargo, hasta hace poco la entomofagia no había captado la atención de los medios de comunicación, las instituciones de investigación, los *chefs* y otros miembros de la industria alimentaria, aparte de legisladores y demás organismos que se ocupan de la alimentación humana y animal. El Programa de *Insectos Comestibles* de la FAO también analiza las posibilidades que brindan los arácnidos (arañas y escorpiones, por ejemplo) en relación con los alimentos y piensos (FAO, 2013).

*De cualquier modo, se han registrado alrededor de 1.900 especies que se consumen en 113 países (Mitsuhashi, 2008), la mayoría de ellas en países tropicales. Según los datos disponibles, los insectos más consumidos son los escarabajos (Coleoptera) (31%), las orugas de mariposa (Lepidoptera) (18%) y las abejas, avispa y hormigas (Hymenoptera) (14%). Les siguen los saltamontes, las langostas y los grillos (Orthoptera) (13%), las cigarras, los fulgoromorfos y saltahojas, las cochinillas (Homoptera) y los chinches (Heteroptera) (10%), las termitas (Blattodea, Isoptera) (3%), las libélulas (Odonata) (3%), las moscas (Diptera) (2%) y otros órdenes (5%) (Halloran & Vantomme, 2013). Los Lepidópteros e Himenópteros se consumen principalmente en sus etapas larvianas o pupales. Los Coleópteros son consumidos tanto como larvas como de adultos, mientras que los Ortópteros, Homópteros, Isópteros y Heterópteros se comen principalmente en la etapa madura (Cerritos, 2009). Algunas especies de grillos y saltamontes tienen una eficiencia en la conversión de vegetales en proteínas cinco veces superior al ganado bovino (Bizé, 1997).*

Este uso de los insectos, tanto como para alimento como para la fabricación de piensos para

ganado, presenta un gran número de beneficios de carácter ambiental, sanitario y para los medios social y de vida, ya que pueden procesarse para convertirse en alimento, tanto humano como animal, con relativa facilidad (Halloran & Vantomme, 2013; Van Huis *et al.*, 2013; Aguilera *et al.*, 2021). En cuanto a las ventajas ambientales, los insectos son muy eficientes en la transformación nutricional: mientras que el ganado requiere 8 kg de alimento para producir 1 kg de aumento de peso corporal, por término medio, los insectos pueden convertir 2 kg de alimento en 1 kg de masa. Y en cuanto a los gases de efecto invernadero, los insectos producen entre 10 y 100 veces menos, por kilo de peso, que los producidos por el ganado (Oonincx *et al.*, 2010; FAO, 2013). Además, estos animales pueden alimentarse de residuos biológicos y transformarlos en proteínas de alta calidad que a su vez pueden utilizarse como piensos: en México se utilizan diversos tipos de insectos para reciclar basura (FAO, 2013). La empresa *Shandong Qiaobin Agricultural Technology Company* tiene varias granjas de cucarachas en China. Cada una de estas granjas procesa, diariamente, 50 toneladas de residuos orgánicos y las cucarachas son, posteriormente, transformadas en pienso para ganado. En España, la empresa *Entomo Agroindustrial* trabaja con un Díptero, la mosca soldado negra (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758), para obtener unos resultados similares. Y más aún, los insectos poseen una ventaja añadida, ya que utilizan mucha menos cantidad de agua en comparación con el ganado convencional. Su cría, por tanto, depende menos de La Tierra (Halloran & Vantomme, 2013; Van Huis *et al.*, 2013), de modo que, en general, se puede afirmar que la huella ecológica de los insectos es la décima parte de la del ganado, a igualdad de peso de producto (Van Huis *et al.* 2013).

Y, además, en otro orden de cosas, algunos insectos nos ofrecen también sus productos y elaboran la miel, el polen, la cera, los propóleos y la jalea real o generan la seda, las lacas, el rojo carmín o los taninos, con grandes aplicaciones alimentarias e industriales (Van Huis *et al.*, 2013).

# SALUD Y CULTURA

En cuanto a los beneficios para la salud, como se ha señalado anteriormente, los insectos proporcionan nutrientes y proteínas de alta calidad en comparación con la carne y el pescado y, por ello, se valora muy positivamente la opción de los insectos como fuente importante de proteínas para alimentar a la Humanidad, idea que, por otra parte, no deja de crecer (Halloran & Vantomme, 2013; Van Huis *et al.*, 2013; FAO 2013).

Por otro lado, los insectos plantean un riesgo reducido cuando actúan como vectores de transmisión de enfermedades zoonóticas (Peribáñez *et al.*, 1997), algunas recientemente conocidas por el grueso de la sociedad, como el dengue, el chikungunya o el zika, cuyos agentes patógenos son transmitidos por Dípteros del género *Aedes* Meigen 1818, como el mosquito tigre, *Aedes albopictus* Skuse 1895, o las tripanosomiasis transmitidas por la mosca tse-tsé (género *Glossina* Wiedemann, 1830) (Peribáñez *et al.*, 1997; Ryan *et al.*, 2018). Pero las molestias que pueden ocasionar algunas especies de insectos que “pican” son normalmente de trascendencia menor, salvo excepciones, como los casos de los procesos alérgicos, y no justifican ni el temor que despiertan, ni el matar sistemáticamente a los insectos, por el mero hecho de existir o cruzarse en nuestro camino.

En relación con los beneficios para el medio social y los medios de vida, hay destacar que su cría y recolección pueden ofrecer importantes estrategias de diversificación y generar oportunidades empresariales en las economías desarrolladas, en fase de transición y de desarrollo. La mayor parte de la recolección de insectos se produce a través de la recolección silvestre. Sin embargo, se está ampliando la cría a gran escala para aumentar su oferta y evitar poner en peligro a las poblaciones de insectos silvestres para fines variados (Halloran & Vantomme, 2013; Van Huis *et al.*, 2013).

Por otra parte, los insectos también han inspirado la tecnología y métodos de ingeniería, como, por ejemplo, las colinas de termitas y su complicada red de túneles y sistemas de ventilación (Pennisi, 2020), que sirven como modelos útiles para construir edificios en los que la calidad del aire, la temperatura y la humedad se puede regular de manera eficiente (Turner & Soar, 2008) o la seda (de arañas, de insectos y de otros artrópodos) que recibe gran interés y sufre constantes intentos de imitación para determinar su composición química y estructura, por sus versátiles propiedades mecánicas para su aplicación en ingeniería, en la industria de tejidos y en materiales médicos.

También debemos a los insectos su uso en la medicina tradicional, como remedio en la lucha contra numerosas afecciones, que se practicaba desde el Antiguo Egipto o la época prehispanica en América o en Europa y Asia (Whitaker *et al.*, 2007; Monserrat, 2013, 2014, 2016). En México, culturas como la Nahua, Zapoteca, Mixteca y Maya utilizaban a los insectos como alivio en enfermedades respiratorias, óseas, nerviosas y circulatorias, además de darles un uso como bactericidas, anestésicos y tónicos (Whitaker *et al.*, 2007; Monserrat, 2013, 2014). Las larvas de algunas especies de moscas necrófagas (que se alimentan de tejidos muertos) se aplicaban sobre heridas y llagas para limpiarlas y facilitar la cicatrización o se usaban hormigas con fuertes mandíbulas para suturarlas (Whitaker *et al.*, 2007). La cantaridina, un compuesto químico producido por un escarabajo de la familia Meloidae, *Lytta vesicatoria* Linnaeus, 1758, se recomendaba en medicina, desde Grecia y Roma, como vesicante para el tratamiento de ulceraciones de la piel, contra la alopecia, contra la incontinencia urinaria y como diurético, produciendo priapismo como efecto secundario, lo que la convirtió durante siglos en el afrodisíaco más empleado (Monserrat, 2013,



2014, 2016). Desde 1998, la FDA (*Food and Drug Administration*) reincluyó a la cantaridina entre las terapias dermatológicas aplicables en consulta para la eliminación de verrugas (Li *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2013).

Debe aclararse, no obstante, que las aplicaciones médicas que, incluso hoy en día, se les adjudican a los insectos o a sus productos, en la cultura popular o en las medicinas alternativas, carecen del suficiente rigor y de las evidencias y apoyo científico necesarios que las respalde. Pueden

servir de ejemplo los muy conocidos supuestos beneficios para el sistema inmune (y otros de mayor calado) que se le adjudican a la miel o a la jalea real, pero que carecen de absoluta verosimilitud y no están probados científicamente, como sentencia la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2010, 2011). Este tipo de productos sí son de valor nutricional en la alimentación humana por su alto contenido en azúcares sencillos, en el caso de la miel, o por su contenido en proteínas, en aminoácidos esenciales o en ciertas vitaminas, entre otros, en la jalea real, pero no existe fundamento

científico para adjudicarles otras propiedades no demostradas de aplicación médica o sanitaria.

Los insectos, asimismo, juegan un papel esencial también en el procesado de distintos tipos de materia orgánica, entre la que se encuentran los restos vegetales y animales, incluidos los cadáveres, sin el cual las cadenas tróficas, las pirámides ecológicas y la vida en general en el planeta se verían seriamente comprometidas. La importancia de estos procesos de reciclado de la materia por los insectos *necrófagos*, aporta, además, una información fundamental, una bioindicación básica, en la investigación criminalística y judicial (González-Peña, 1997). De ello se deriva un campo ampliamente conocido, como es la Entomología Forense, que analiza la presencia de insectos o de sus restos para diferentes procedimientos legales, como la datación de la muerte, su causa posible y las condiciones que se dieron, dependiendo del estado, del estadio de crecimiento y de la edad del insecto (huevo, larva, pupa, adulto) y de la especie de los individuos que se van encontrando y sucediendo, en su caso, y analizando (Amendt *et al.*, 2011). El uso de esta disciplina es esencial y se halla estandarizado en la rutina de todos los cuerpos policiales modernos (González-Peña, 1997).

En la Cultura, los insectos han sido protagonistas o acompañantes principales desde los albores de la Humanidad, ya sea a través de las creencias religiosas, la mitología o el arte en sus distintas manifestaciones, la literatura, la pintura, la escultura, la arquitectura, el cine, etc., con numerosas obras que tienen como tema principal a estos artrópodos. Referencias a este respecto pueden encontrarse en numerosas publicaciones (Bellés, 1997; Melic, 1997; Monserrat, 2011a, 2011b, 2011c, 2012a, 2012b, 2013, 2014, 2016, 2017a, 2017b, 2018, por ejemplo): para muchas culturas antiguas, como la egipcia, los insectos encarnaban a diversas divinidades y, en algunos pueblos africanos, los escarabajos y la mantis

religiosa eran los creadores del mundo, mientras las hormigas y las termitas eran los ancestros del ser humano para otros. Las representaciones de insectos en telas y cerámicas eran habituales en las culturas precolombinas de Nuevo México (Capinera, 1993) o en Mesopotamia, Egipto, Grecia y Roma (Monserrat, 2012b, 2013, 2014, 2016, 2017b) y, en el Antiguo Testamento, en las diez plagas de Egipto, también aparecían los insectos en un texto religioso. La presencia de moscas, libélulas, mariposas o escarabajos en cuadros desde el siglo XIII hasta la actualidad es también una constante en la cultura occidental, con varios miles de obras en las que estos seres están presentes, como es el caso de la conocida obra pictórica de Dalí (Dicke, 2004; Monserrat, 2011b, 2012b, 2013, 2014, 2016).

Las muestras literarias son también muy abundantes. Esopo, en la Antigua Grecia, mediante la popular fábula, *La cigarra y la hormiga*, usó a estos dos insectos en uno de sus mensajes moralizantes, y son ampliamente conocidas novelas como *La Metamorfosis* de Kafka o *Alicia en el País de las Maravillas* de Lewis Carroll, en las que se sirvieron de estos animales para el desarrollo de sus tramas, del mismo modo que aparecen en el Quijote, en la obra de Machado y en la obra de Miguel Hernández, por resaltar solo algunas (Monserrat, 2011c, 2017a, 2018).

Asimismo, en el mundo del cine y de las series de animación, podemos encontrar infinidad de ejemplos en el ámbito infantil, desde la ya clásica *La Abeja Maya*, a películas como *AntZ*, *Bichos*, *Una aventura en miniatura* o *BeeMovie*, protagonizadas enteramente por insectos, pasando por *Pinocho* y su famoso Pepito Grillo o en la serie cómic, *Antman*, en la que las hormigas tienen un papel primordial. Al igual que, en el cine para adultos, aparecen insectos en la filmografía de Buñuel o Almodóvar o en películas como *La Mosca*, *El silencio de los corderos*, *Men in Black* o *Starship Troopers* (Berenbaum & Leskosky, 2009; Monserrat, 2011a, 2012a).

# AMENAZAS

El suelo, el agua y el medio aéreo están sufriendo un deterioro constante por las actividades humanas (erosión, homogeneización, contaminación, etc.), a través de distintos agentes (agricultura, ganadería, urbanización, construcción de infraestructuras, etc.), que redundan en la pérdida de su rica fauna, que es trascendental e insustituible (Gulvik, 2007; Verdú *et al.*, 2011; Lázaro & Tur, 2018; Azpiazu *et al.*, 2019).

Los insectos, a pesar de algunas recientes opiniones que han suscitado cierta polémica, se hallan en claro declive y muchos están desapareciendo de zonas en las que antes eran frecuentes (Seibold *et al.*, 2019; Cardoso *et al.*, 2020; Klink *et al.*, 2020; Kolbert *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2021). Su tasa de extinción es ocho veces más rápida que la de los mamíferos, aves y reptiles y los datos no dejan lugar a duda (Kadoya *et al.*, 2009; Tierno-Figueroa, *et al.*, 2010; Potts *et al.*, 2010; Lindhe *et al.*, 2011; Melero *et al.*, 2016; Pyke *et al.*, 2016; Seibold *et al.*, 2019; Cardoso *et al.*, 2020; Klink *et al.*, 2020). Numerosas especies de insectos se están extinguiendo incluso antes de ser descritas, antes de que se conozca su existencia, y la mayoría sufre amenazas relacionadas directa o indirectamente con la actividad humana, como los cambios de uso del suelo, que reducen los recursos, con la deforestación, con el uso de biocidas, con la aparición de enfermedades infecciosas emergentes por especies domésticas introducidas, por los efectos del calentamiento climático, por la sobreexplotación directa y por la coextinción de especies dependientes de otras (Mckinney, 2006; Van der Sluis *et al.*, 2015; Woodcock, *et al.*, 2017; Lister & García, 2018; Cardoso *et al.*, 2020; Goulson, 2020; Johansson *et al.*, 2020; Konvicka *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2021). De igual modo que son también causa fundamental de la disminución de abundancia y riqueza de los insectos la pérdida de heterogeneidad de microhábitats, la fragmentación y la degradación de los

hábitats naturales y seminaturales, ocasionadas por los cambios antrópicos en los ecosistemas terrestres.

Si bien los ámbitos científicos (Shortall *et al.*, 2009) ya venían señalando la situación, las alarmas trascendieron al gran público cuando en 2017 salió a la luz un artículo que probaba que se había reducido más del 75% de la biomasa de insectos voladores en áreas protegidas de Alemania (Hallmann *et al.*, 2017), artículo que obtuvo gran repercusión mediática mundial y dio pie, entre otros, a un metaanálisis (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019), de nuevo muy notorio, que aseguraba que existía una amenaza catastrófica y predecía la extinción a gran escala del 40% de las especies de insectos en los próximos 100 años, siendo las mariposas, las polillas, las libélulas, las abejas, las hormigas y los escarabajos coprófagos (del estiércol) los más amenazados, según sus autores. Esta última visión fue criticada, y en parte contrarrestada recientemente (Klink *et al.*, 2020), no por la afirmación de la creciente desaparición de los insectos, sino por cierto sesgo en la selección de las publicaciones consideradas, que redundaba en una cuantificación sobreestimada.

Hallmann *et al.* (2019), en la misma línea de su artículo de 2017, presentaban los resultados del monitoreo de insectos en el período 1997-2017 en dos áreas protegidas de los Países Bajos, concluyendo que polillas y mariposas (macrolepidópteros), escarabajos y frigáneas (Trichoptera) habían disminuido su abundancia, con una tasa anual de declive del 3,8, 5,0 y 9,2%, respectivamente, mientras que otros órdenes parecían estables, tales como las efímeras (Ephemeroptera) y los Heterópteros (Heteroptera y Auchenorrhyncha) y con tendencia incierta en Neurópteros. Además, entre los Coleópteros, los carábidos (Carabidae) mostraron una disminución media anual del 4,3%



en el número total durante el período 1985-2016, especialmente desde 1995. Y en estimaciones de biomasa, se observó una reducción de la biomasa total del 61% para los Lepidópteros en conjunto y el 42% para los carábidos, extrapolando los datos a lo largo de un período de 27 años.

Klink *et al.* (2020), por medio de otro amplio metaanálisis, cifraban, en particular en Europa y Norte América, un declive de las poblaciones del 0,92% por año, cifra menor de la esperada de acuerdo con las publicaciones anteriores, que afecta a las especies terrestres, aunque revela un aumento de un 11% por década de la abundancia de insectos en las aguas dulces, que representan un 2,4% de la superficie total de La Tierra. Sin embargo, los efectos dependen mucho de los lugares considerados y de la falta de recopilación de datos mundiales.

A pesar de esta disparidad de informaciones, una nueva advertencia a la Humanidad sobre la extinción de insectos la materializaban, también hace varios meses, un grupo de científicos (Cardoso *et al.*, 2020) profundamente preocupados, que subrayaban el que con las extinciones "perdemos mucho más que especies, perdemos abundancia y biomasa de insectos, diversidad en el espacio y el tiempo con la consiguiente homogeneización, grandes partes del árbol de la vida, funciones y rasgos ecológicos únicos, y partes fundamentales de extensas redes de interacciones bióticas". Según estos expertos, que sugieren que los insectos

pueden ser 5,5 millones de especies, con solo una quinta parte de ellas descritas, las extinciones, desde la era industrial, pueden abarcar de 250.000 a 500.000 especies (Cardoso *et al.*, 2020), remarcando el que al menos un 1 millón de especies se enfrentan a su desaparición en las décadas venideras y la mitad de ellas son insectos (IPBES, 2019).

Dichas pérdidas, como señalan estos autores (Cardoso *et al.*, 2020) han conducido y conducen a la disminución de los servicios ecosistémicos clave, esenciales e insustituibles, que los insectos proporcionan y de los que depende la Humanidad, desde la polinización y la descomposición, o la calidad de hábitat, hasta recursos para nuevos medicamentos, pudiendo derivar en un aumento de otras especies oportunistas o plaga. Y están desapareciendo no solo especies raras sino también especie comunes y abundantes como las mariquitas, tan buenas controladoras de pulgones, los escarabajos peloteros, que movilizan los excrementos de suelo, o las mariposas, las abejas y los abejorros, tan serviciales para la polinización de los ecosistemas silvestres y agrícolas (Cardoso *et al.*, 2020; Konvicka *et al.*, 2021; Zattara & Aizen, 2021).

En la misma línea, se estima que, a nivel mundial, el 40% de las especies de polinizadores se encuentra en peligro de extinción como consecuencia de las actividades humanas y, en el contexto europeo, también lo están el 9% de las especies de abejas, así como, por ejemplo, entre los Coleópteros polinizadores, solo 10 especies están recogidas

en las listas rojas de España (Verdú *et al.*, 2011) y/o Europa, tres de ellas se hallan En Peligro y siete son Vulnerables. En cuanto a las mariposas, se presume que en el conjunto de Europa (incluyendo datos ibéricos) las diurnas han experimentado descensos del 30%, entre 1990 y el presente (van Swaay *et al.* 2016), según datos recogidos gracias a programas de seguimiento basados en la Ciencia Ciudadana.

Entre los polinizadores, las abejas en particular están claramente en declive en todo el mundo y su desaparición pondrá en riesgo el abastecimiento mundial (Goulson, 2020; Gérard *et al.*, 2020; Zattara & Aizen, 2021). La fragmentación de bosques de hoja caduca y su transformación en zonas urbanas ha llevado a la extinción local en 100 años del 50% de las especies de abejas en el centro de Estados Unidos (Goulson, 2020). Las poblaciones de las abejas silvestres se están viendo muy afectadas y sufren una gran regresión por la acción antrópica: por los biocidas (herbicidas, fungicidas, insecticidas y entre ellos los neonicotinoides), actuando independientemente o en sinergias (Azpiazu *et al.*, 2019), por la pérdida de hábitat, especialmente de pastos y praderas, por agentes patógenos y por el calentamiento climático (Goulson *et al.*, 2015; Graystock *et al.*, 2016, Stephanescu *et al.*, 2018; Gérard *et al.*, 2020; Averill *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2021; Zattara & Aizen, 2021). De hecho, están desapareciendo las especies de abejorros (género *Bombus* Latreille, 1802), los mejores polinizadores (Goulson *et al.*, 2015; Rasmont *et al.* 2015, Ornos *et al.*, 2017), y muchas de sus especies están amenazadas, incluso en España, pero también lo están especies de otras familias como Colletidae, Melittidae, Megachilidae, Anthophoridae y seguramente del resto (Ortiz-Sánchez *et al.*, 2018). Es decir, se resiente el papel esencial que realizan todas las abejas en la naturaleza como polinizadores, la enorme importancia que tiene su servicio ecológico y el valor económico de este. Las abejas melíferas, además, están padeciendo desde hace años el conocido colapso de colonias, posiblemente por influencia sumatoria de una serie de causas, entre las que resaltan, además de las anteriores, varias

clases de parásitos y agentes infecciosos, y el uso de acaricidas (Higes *et al.*, 2010; Doublet *et al.*, 2014; Goulson *et al.*, 2015, 2020; Averill *et al.*, 2021).

Respecto a la fauna española de abejas y su estado de conservación, se calcula que, de las 1.100 especies de abejas conocidas en España, el 2,6 % están amenazadas según la Lista Roja de las Abejas de Europa (Verdú & Galante, 2006, 2009; Verdú *et al.*, 2011; Nieto *et al.*, 2014), número que será probablemente mayor cuando se revisen muchas de las especies de las que se tiene por ahora insuficientes datos (Williams *et al.* 2012; Trabajo Colaborativo, 2019). Por ejemplo, en los Pirineos se conocía en el siglo pasado una gran diversidad de abejorros (hasta 37 especies), de las que en los registros de los últimos años ya no se ha detectado la presencia de 9 de ellas (algunas incluidas en la Lista Roja española), con retracción de sus poblaciones y reducción del rango altitudinal en el resto, hacia las áreas altas mejor conservadas (Ornos *et al.*, 2017). En suma, si el declive en las poblaciones de abejas y abejorros continúa, como parece ser la tendencia mundial, su papel en los ecosistemas como agentes polinizadores se verá gravemente afectado, por lo que se requieren medidas urgentes de conservación para sus poblaciones y sus hábitats y desarrollar programas de protección más restrictivos (Goulson *et al.*, 2015; Ornos *et al.*, 2017).

Los polinizadores se pueden ver afectados, además, por otros efectos del calentamiento climático relacionados con la disponibilidad de agua (Konvicka *et al.*, 2021). La sequía puede reducir tanto la producción de néctar como de polen, lo que probablemente puede provocar un incremento en la competencia entre especies por estos recursos. El informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2104) prevé que eventos meteorológicos extremos, como las fuertes precipitaciones y las inundaciones, aumentarán en frecuencia e intensidad, contribuyendo a la pérdida de las especies que anidan en el suelo, que son muy numerosas.

# INTRODUCCIONES Y ESPECIES INVASORAS

El transporte de materias y el uso de especies comerciales en la agricultura han favorecido, asimismo, introducciones y procesos de hibridación no deseados (Kenis *et al.*, 2009; Cejas *et al.*, 2019).

La avispa asiática (*Vespa velutina* Lepeletier, 1836) (Hymenoptera, Vespidae), es una especie exótica invasora, detectada por primera vez en España en el 2010 en Navarra y Guipúzcoa (Castro & Pagola-Carte, 2010; López *et al.*, 2011). Actualmente ya ha invadido todo el norte de la península Ibérica, norte de Cáceres, sur de Salamanca y Ávila, puntos de Málaga y Cádiz, así como zonas de Jaén, Albacete y norte de Mallorca (Beggs *et al.*, 2011; MAGRAMA, 2015). Depreda sobre diversos polinizadores, entre ellos sobre la abeja de la miel, *Apis mellifera*, representando un 30% de su dieta en zonas agrícolas y un 70% en zonas urbanizadas (Beggs *et al.*, 2011). También se alimenta de avispa, Dípteros y una amplia variedad de otros insectos y arácnidos (Beggs *et al.*, 2011). Debido a su potencial colonizador y a que constituye una

amenaza grave para las especies autóctonas, los hábitats o los ecosistemas, esta especie ha sido incluida en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras, aprobado por Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto.

Otro ejemplo de introducciones con efectos indeseados es una chinche de campo, *Zelus renardii* (Kolenati, 1857) (Heteroptera, Reduviidae), considerada como una especie invasora y detectada por primera vez en España en 2012, en Murcia (Baena & Torres 2012; Vivas, 2012), de la que posteriormente, en la web de Biodiversidad Virtual, se han ido subiendo fotografías (en 2015, en Alicante y Valencia, en 2017, en Almería y, en 2018, en Málaga) (Lozano *et al.*, 2018). Se trata de un depredador generalista de insectos con un amplio rango de presas y, entre ellas, especies beneficiosas como agentes de control biológico, tales como cochinélicos, afelínidos (Aphelinidae) o crisopas como *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (Neuroptera, Chrysopidae) (Potin, 2008; Lozano *et al.*, 2018).



# CONSERVACIÓN

Es imprescindible, como los expertos señalan una y otra vez (Verdú & Galante, 2006, 2009; Verdú *et al.*, 2011; Hallmann *et al.*, 2017, 2019; Trabajo Colaborativo, 2019; Cardoso *et al.*, 2020; Goulson, 2020; Klink *et al.*, 2020) la acción urgente para cerrar las brechas de conocimiento clave y frenar la extinción de los insectos, porque el destino de los humanos y de los insectos está interrelacionado y existe una degradación sin precedentes de la biosfera que socava el bienestar y pone en duda el modelo estándar de desarrollo (IPBES, 2019). Es esencial una inversión en programas de investigación que generen estrategias globales, regionales y locales, que contrarresten esta tendencia tan negativa, antes de que sea imparable (Cardoso *et al.*, 2020).

Las soluciones están disponibles y son implementables, pero han de aplicarse sin demora (Cardoso *et al.*, 2020), teniendo en cuenta, además, que

existe otro riesgo que han puesto de manifiesto 22 científicos de distintos organismos internacionales (Otero *et al.*, 2020): la mayoría de las políticas internacionales de sostenibilidad y conservación anteponen el crecimiento económico y buscan medidas que minimicen la pérdida de biodiversidad, pero sin comprometer este crecimiento, y ello a pesar de que la expansión de la agricultura y el desarrollo de ciudades e infraestructuras generan degradación y deterioro y amenazan la biodiversidad causando pérdidas en casi todos los grupos taxonómicos terrestres, al intensificar el riesgo de erosión, degradación y salinización y pudiendo reducir la materia orgánica del suelo, perturbando así a sus comunidades, resultando en una homogeneización biótica con efectos en cascada sobre los ecosistemas y amenazando a los insectos y a otros grupos animales (IPBES, 2018; Otero *et al.*, 2020).



Estos científicos recomiendan que la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), desde su carácter independiente, incorpore en sus informes un escenario que vaya más allá del crecimiento económico, como parte de su labor actual de proyección del futuro de la biodiversidad y plantean una serie de drásticas propuestas de acciones de ámbito nacional e internacional que impliquen tanto a organismos oficiales, como a ONGs, medios empresariales y medios científicos (Otero *et al.*, 2020). Estas medidas van en la línea de limitar la comercialización de recursos al alcance internacional, restringir la actividad de las industrias extractivas en áreas de elevada biodiversidad, frenar la expansión de las grandes infraestructuras, disminuir las emisiones de carbono y otras presiones ambientales, recortar la jornada laboral y reorganizar las ciudades, acortar las distancias entre la producción y el consumo, y mitigar, asimismo, la presión de la producción agrícola y ganadera para impulsar la diversidad dentro de las especies y entre especies y paisajes (Otero *et al.*, 2020) .

Acciones especiales, por otro lado, se están emprendiendo para los grupos más amenazados: la FAO parte de que la polinización animal, en especial por insectos, incide en el 35 % de la producción agrícola mundial, elevando la producción en los principales cultivos alimentarios de todo el mundo, y que sus servicios de polinización son fundamentales para la obtención de alimentos y para garantizar la seguridad alimentaria y la nutrición (FAO, 2016, 2018), y da por probado que la disminución de los polinizadores afecta a la producción agrícola y a la diversidad de dichos ecosistemas. Como, además, se señala en la Estrategia Nacional para la Conservación de los Polinizadores (MITECO, 2020), ya desde la última Conferencia de las Partes del Convenio de Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (CDB), celebrada en diciembre de 2016, se adoptó una decisión para fomentar la ejecución de acciones que mejoren la conservación de estos animales, a partir de los resultados de la evaluación temática

sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos, elaborada por la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, 2016). En la misma línea, el Parlamento Europeo solicitó a la Comisión Europea el desarrollo de una iniciativa europea sobre polinizadores con el fin de proteger sus hábitats y mitigar y detener su declive. En este contexto, surgió, en 2018, la *Iniciativa sobre Polinizadores (EU Pollinators Initiative)* para mejorar su conocimiento, abordar las causas del declive y su impacto y promover estrategias para su conservación en todos los niveles, además de sensibilizar e involucrar a la sociedad y promover su participación. Es imprescindible la polinización sostenible en el futuro (Goulson, 2020) y, de hecho, hay un acuerdo universal para asegurar las poblaciones de polinizadores en el futuro si queremos continuar manteniendo una diversidad de cultivos y la integridad de los ecosistemas naturales.

Un detalle esperanzador, surgió del confinamiento debido a la pandemia del Covid-19: la coincidencia de la primavera lluviosa (2020) y la ausencia de movilidad de la mayoría de las personas, unido al cese de ciertas labores de jardinería y limpieza de caminos, carreteras, etc., facilitó una naturaleza exuberante que dio un respiro temporal a la situación de los insectos, entre otros animales y plantas, que recuperaron parte de sus hábitats, incluso en ciudades y pueblos, pudiendo verse ejemplares de especies poco o nada habituales en ellos. No obstante, aunque según se retome la vida cotidiana y la presión ambiental inmisericorde vuelva a ejercerse sobre la naturaleza y aunque esto pueda haber sido solo un espejismo por un corto tiempo, deberíamos valorar la oportunidad y aprovechar esta inesperada tregua aliada de la conservación para reforzar el respeto a nuestro entorno natural y mantener campos y ciudades en condiciones sostenibles para los insectos y demás especies de animales y de plantas, nuestros compañeros de viaje.

# PROPUESTAS

para preservar o incrementar las especies y sus poblaciones, las áreas naturales o seminaturales y fomentar la restauración en espacios silvestres y urbanos para regenerar los hábitats de los insectos y promover su conservación:

- **Priorizar una planificación sostenible urbana y de infraestructuras**

Valorar la expansión actual de las grandes infraestructuras y la necesidad de nuevas macroinfraestructuras (autopistas, aeropuertos, presas) y su impacto real en los ecosistemas y en las comunidades animales y vegetales.





- **Favorecer una mayor diversidad de hábitats de polinización en la agricultura y en los entornos urbanos** (FAO, 2018; MITECO, 2020).

Manteniendo una alta diversidad de especies polinizadoras se mejora el éxito de los cultivos mediante la complementariedad funcional. Las diferentes especies visitan diferentes partes del cultivo o de la planta del cultivo, en diferentes momentos del día o del año, y responden de manera distinta a las perturbaciones, al igual que una diversidad alta de polinizadores puede amortiguar los impactos del calentamiento climático que, de otra manera, pueden dar lugar a un desajuste entre la fenología de los insectos y la floración de los cultivos (Johansson, *et al.*, 2020; Goulson, 2020; Yang *et al.*, 2021).

- **Restaurar pastizales y flora silvestre en espacios naturales y urbanos** (Baldock *et al.*, 2015, 2019; MITECO, 2020) **y restaurar espacios degradados con flora autóctona** (Hopwood, 2008)

Reducir la presión de la urbanización y los suelos agrícolas periurbanos.





- **Restringir la actividad de las industrias extractivas en áreas de elevada biodiversidad**

Establecer limitaciones y eliminar los subsidios a las industrias extractivas insostenibles para frenar la pérdida y fragmentación de hábitats (Otero *et al.*, 2020).

- **Promover las buenas prácticas agrícolas** (*greening*, superficies de interés ecológico, cultivos ecológicos, etc.) (Sánchez *et al.*, 2014; PAC, 2014; *EU pollinator Initiative*, 2018; Sánchez *et al.*, 2020; Azpiazu *et al.*, 2020; MITECO, 2020)

Ofreciendo incentivos financieros a los agricultores por tomar medidas para impulsar la biodiversidad que ayudan a compensar los costes de ejecución y de oportunidad.

- **Romper con la intensificación y homogeneización de los monocultivos**

Fomentar el desarrollo agroecológico, con el apoyo gubernamental a los sistemas agrícolas sostenibles que integran las actividades locales y científicas y a los alimentos locales y ecológicos, para acortar las cadenas de producción, bajo criterios de biodiversidad y sostenibilidad (FAO, 2018; Otero *et al.*, 2020).





- **Aumentar la abundancia, la diversidad y la continuidad de los recursos florales**

Restaurar y retener parches y/o plantar pasillos y lindes de flora autóctona y/o atractiva en los márgenes de las fincas de cultivos, y entre los cultivos, para los polinizadores (especialmente entre los cultivos de gramíneas), para mejora de los hábitats en los entornos agrícolas (PAC, 2014; Hopwood, 2008; Sánchez *et al.*, 2014; Féon *et al.*, 2016; Azpiazu *et al.*, 2020; Sánchez *et al.*, 2020; MITECO, 2020) y respetar la disponibilidad de recursos de nidificación y ovoposición disminuyendo la perturbación de los suelos y bordes de los cultivos. Esto a su vez redundo en un aumento de la polinización en los cultivos propios y cercanos y proporciona un incentivo económico a los agricultores (GOULSON, 2020). Asesoramiento al respecto a los agricultores.

- **Fomentar la reducción y el uso sostenible de biocidas**

Minimizar su utilización, evitando el uso indiscriminado, y adecuar su aplicación a la fenología de las especies beneficiosas, como los polinizadores (nunca cuando las flores están abiertas). Los insectos están expuestos de forma crónica a un cóctel de pesticidas que, en muchos casos, actúan de forma sinérgica y se acumulan en todos los niveles del entorno. Hay que evitar la aplicación de los de larga persistencia y solubilidad en agua por su alta probabilidad de movimiento hacia zonas colindantes, así como descartar o restringir el uso de insecticidas sistémicos a cultivos en que causen el menor impacto (por ejemplo, cerealistas). Utilizar alternativas (Furlan & Kreutzweiser, 2015). Asesoramiento al respecto a los agricultores (MITECO, 2020).

- **Prohibir y descartar el uso de fumigaciones aéreas**

Que provocan grandes dispersiones de los biocidas así aplicados hasta grandes distancias y afectan a todos los niveles ecológicos, aire, suelo, agua, y a las comunidades vegetales y animales, dando lugar, además, a un efecto acumulativo.

- **Controlar y prevenir la introducción de especies y subespecies foráneas y de sus parásitos y patógenos**

Realizar controles rigurosos sobre el movimiento de las especies comerciales y responsabilizar a las compañías productoras de su papel en la introducción de formas no nativas o de sus parásitos o patógenos en otros países y territorios, contando con políticas importadoras y exportadoras serias y rigurosas.



- **Promover que las administraciones locales regulen y controlen las podas y siegas de plantas silvestres en plena floración** (mal llamadas "malas hierbas"), herbáceas y arbustos, e incluso las utilizadas en jardinería

Y que estas acciones se pospongan un corto tiempo, hasta que se hayan secado las flores, ya que constituyen alimento, lugar de anidamiento y refugio de muchos insectos, como los polinizadores. Esta práctica ya se ha puesto en marcha este año, 2020, en la Universidad Complutense de Madrid.

- **Cultivar plantas atractivas para los insectos**

Como los polinizadores, en entornos urbanos en parques, paseos, terrazas, balcones, etc., implicando la participación ciudadana y de los ayuntamientos. Hay pruebas fehacientes de que en las zonas urbanas pueden existir poblaciones más abundantes de algunos polinizadores que en las tierras de cultivo (Baldock *et al.*, 2015, 2019), por ejemplo, y además se favorece el aumento del número de abejas silvestres en las tierras de cultivo adyacentes (Goulson, 2020; MITECO, 2020).





- **Instalar albergues para insectos** (espacios con troncos, cañas, ramas, escobas de brezo o retama, rocas, ladrillos, etc.)

Y casas con nidos artificiales para insectos, como las abejas silvestres, que utilizan una diversidad de hábitats para anidar (suelo, cavidades, agujeros de madera, agujeros en rocas, tallos y cañas de plantas, oquedades en troncos), que pueden ser naturales o seminaturales, dispuestos al efecto. Dejar, asimismo, espacios libres, zonas sin cubrir de mantillo o césped para facilitar a los insectos que nidifican en el suelo el construir sus nidos.

- **Prohibir el uso de trampas masivas**

Generalistas e inespecíficas, de interceptación, que no discriminan (como las trampas Malaise, por ejemplo), en caso de que hayan de usarse mecanismos de captura de insectos con fines científicos, u otros, justificados.

- **Aumentar la colaboración entre estamentos nacionales e internacionales**

Con organizaciones académicas y de investigación para favorecer el monitoreo y las redes de monitoreo de especies y poblaciones para evaluar su evolución (FAO, 2018).

- **Establecer y/o actualizar medidas legislativas para proteger a los insectos**

Y sus hábitats, en especial a las especies más sensibles. Gravar los anuncios de productos que supongan una sobreexplotación de las especies y los suelos. Fomentar programas de educación de consumo responsable (Otero *et al.*, 2020).

- **Fomentar la colaboración ciudadana** (Féon *et al.*, 2016).

Desarrollar programas de monitoreo para grupos concretos (mariposas, escarabajos, ciertas abejas, abejorros, moscas cernidoras, por ejemplo) con buenos mapas de distribución y Ciencia Ciudadana (como *Bumble Bee Watch* en América del Norte o *Beewatch* en el Reino Unido), que pueden ayudar a rastrear los cambios poblacionales y en sus distribuciones (Goulson, 2020). Las encuestas de ciencia ciudadana pueden proporcionar medios para la vigilancia de la población a gran escala: el plan de monitoreo de mariposas de ciertos lugares de España o del Reino Unido emplea voluntarios para recorrer transectos regulares utilizando una metodología estándar para contar las mariposas vistas y ha generado un gran conjunto de datos y ha proporcionado valiosos conocimientos en el cambio de la población de estos insectos.



- **Realizar acciones de sensibilización y educación**

De la sociedad sobre los beneficios que los insectos proporcionan al ser humano y al medio ambiente y, en el caso concreto de agricultores/as, el impulso de programas de asesoramiento en cuanto al manejo integral de plagas, de la polinización y de la introducción de especies domésticas. Resaltar la importancia de la investigación y del rigor científico.

- **Fomentar la implicación de la sociedad más joven y de sus educadores** desde los niveles más inferiores (Féon *et al.*, 2016).

- **Celebrar un 'Día Mundial' de los Insectos**

Para reivindicar su importancia, su interés y los esenciales papeles que juegan, con los que ayudan a la Humanidad y a mantener la salud del planeta.

## ALGUNAS PÁGINAS WEB ÚTILES

- *Buglife* (<https://www.buglife.org.uk/>), ONG dedicada a la conservación de los invertebrados en Reino Unido.
- Proyecto *Urban Buzz* (<https://www.buglife.org.uk/our-work/pollinator-projects/urban-buzz/>). Transformación de descampados o zonas sin usar en pastos de flores y matorrales, tanto silvestres como ornamentales, para los polinizadores.
- Proyectos *LivingRoof* (<https://www.buglife.org.uk/our-work/living-roof-projects/>). Tejados ajardinados, que dan cobijo a la fauna silvestre urbana (principalmente aves e insectos).
- *Plantlife* (<https://plantlife.love-wildflowers.org.uk/>), organización dedicada a la conservación de las plantas silvestres en Reino Unido.
- Campaña *Road Verges* (<https://plantlife.love-wildflowers.org.uk/roadvergecampaign>), para promover la conservación de vegetación silvestre (principalmente ruderal) en cunetas, arcones...
- *Beestops*: tejados cubiertos de Sedum en las paradas de bus de Utrecht: <https://www.utrecht.nl/city-of-utrecht/bus-stops-with-green-roofs/>, <https://www.lonelyplanet.com/articles/utrecht-bee-stops>
- FAO. Insectos y alimentos. <http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/>

### Dejar zonas silvestres en parques y jardines (públicos o privados).

En Internet hay numerosas recopilaciones de propuestas:

- 9 Ways You Can Help Bees and Other Pollinators At Home: <https://www.nationalgeographic.com/news/2015/05/150524-bees-pollinators-animals-science-gardens-plants/>
- 15 Easy Ways You Can Help Bees, Butterflies, and Other Insects: <https://www.uniguide.com/ways-you-can-help-bees-butterflies-insects/>

### Campañas de Ciencia Ciudadana

- *Pollinator Friendly Plants program*: [https://www.greatsunflower.org/Pollinator\\_Plants](https://www.greatsunflower.org/Pollinator_Plants)
- *Great Pollinator Habitat Challenge*: <https://www.greatsunflower.org/habitat%20challenge>
- Seguimiento de abejorros y mariposas monarca: <http://www.xerces.org/community-science>

### Promover la creación de reservas entomológicas

- Como está haciendo la *Asociación española de Entomología*: <http://www.entomologica.es/index.php?d=37>
- *RewildingEurope*: <https://rewildingeurope.com/organización-que-promueve-y-dirige-proyectos-de-abandono-de-cultivos-para-su-renaturalización>.

## REFERENCIAS

- ALBA-TERCEDOR, J. 1996. *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. IV. Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería, España: 203-213.
- ALBA-TERCEDOR J. & SÁNCHEZ-ORTEGA. A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*, **4**: 51-56.
- AGOSTI, D., MAJER, J.D., ALONSO, L.E. & SCHULTZ, T.R. 2000. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- AGUILERA, Y., PASTRANA, I., REBOLLO-HERNANZ, M., BENITEZ, V., ÁLVAREZ-RIVERA, G., VIEJO, J.L. & MARTÍN-CABREJAS, M.A. 2021. Investigating edible insects as a sustainable food source: nutritional value and techno-functional and physiological properties. *Food & Function*, **14**: 6309. DOI: 10.1039/DOFO03291C.
- ALVARADO, R., & SELGA D., 1961. La fauna del suelo y su interés agrónomo y forestal. *Revista de la Universidad de Madrid*, **10**: 451-500.
- AMENDT, J., RICHARDS, C.S., CAMPOBASSO, C.P., ZEHNER, R. & HALL, M.J.R. 2011. Forensic entomology: applications and limitations. *Forensic Science, Medicine, and Pathology*, **7**: 379-392.
- AVERILL, A.L., COUTO, A.V., ANDERSEN, J.C. & EL-KINTON, J.S. 2021. Parasite Prevalence May Drive the Biotic Impoverishment of New England (USA) Bumble Bee Communities. *Insects*, **12** (941). Doi.org/10.3390/insects12100941.
- AZPIAZU, C., BOSCH, J., VIÑUELA, E., MEDRZYCKI, P., TEPE, D. & SGOLASTRA, F. 2019. Chronic oral exposure to field realistic pesticide combinations via pollen and nectar: effects on feeding and thermal performance in a solitary bee. *Scientific Reports*, **9**: 13770.
- AZPIAZU, C., MEDINA, P., ADÁN, Á., SÁNCHEZ-RAMOS, I, DEL ESTAL, P., FERERES, A. & VIÑUELA, E. 2020. The role of annual flowering plant strips on a melon crop in Central Spain. Influence on pollinators and crop. *Insects*, **11** (66): Doi:10.3390/insects11010066.
- BAENA, M. & TORRES, J.L. 2012. Nuevos datos sobre heterópteros exóticos en España y Francia: *Tempyra biguttula* Stål, 1874, *Belonochilus numenius* (Say, 1832) y *Zelus renardii* (Kolenati, 1856) (Heteroptera: Rhyparochromidae, Orsillidae, Reduviidae). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, **36** (3-4): 351-360.
- BALDOCK, K.C.R. *et al.* 2015. Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences*, **282**: 2014-2849.
- BALDOCK, K.C.R. *et al.* 2019. A systems approach reveals urban pollinator hotspots and conservation opportunities. *Nature Ecology & Evolution*, **3**: 363-373.
- BEGGS, J.R., E.G. BROCKERHOFF, J.C. CORLEY, M. KENIS, M. MASCIOCCHI, F. MULLER, Q. ROME & C. VILLEMANT. 2011. Ecological effects and management of invasive alien Vespidae. *Biocontrol*, **56**: 505-526.
- BEHAN-PELLETIER, V.M. (2003) Acari and Collembola biodiversity in Canadian agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, **83** (Special Issue): 279-288.
- BEITIA, F., FALCÓ, J. V., PÉREZ-HINAREJOS, M., SANTIAGO, S. & CASTAÑERA, P. 2003. Importación de parasitoides exóticos para el control biológico de *Ceratitís capitata* en la Comunidad Valenciana. *Citrics*, **24**: 10-15.
- BEITIA, F., SABATER-MUÑOZ, B. & MALAGÓN, J., 2011. Estrategias de manejo integrado de la mosca mediterránea de la fruta en la Comunidad Valenciana. *Vida Rural*, **323**: 52-58.
- BELLÉS, X. 1997. Los insectos y el hombre prehistórico. *Boletín de la SEA*, **20**: 319-325.
- BERENBAUM, M.R. & LESKOSKY, R.J. 2009. *Movies, Insects*. En: *Resh, V. & Cardé, R* (Eds.) *Encyclopedia of Insects*, 2<sup>nd</sup> Edition: 668-674. Academic Press, Cambridge, MA.
- BIZÉ, V. 1997. Les insectes, une ressource alimentaire d'avenir. *Insectes*, **106**: 10-13.
- BOE, Boletín Oficial del Estado, 2013. Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. *Boletín Oficial del Estado*, **185**: 56764-56786.
- BREEZE, T. D., BAILEY, A. P., BALCOMBE, K. G., & POTTS, S. G. 2011. Pollination services in the UK: How important are honeybees? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **142**: 137-143.
- BURKLE, L. A., MARLIN, J. C., & KNIGHT, T. M. 2013. Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function. *Science*, **339** (6127): 1611-1615.
- CAPINERA, J.L. 1993. Insects in Art and Religion: The American Southwest. *American Entomologist*, **39**: 221-230.

- CASTRO, L. & PAGOLA-CARTE, S. 2010. *Vespa velutina* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Vespidae), recolectada en la Península Ibérica. *Heteropterus, Revista de Entomología*, **10**: 193-196.
- CEJAS, D., LÓPEZ-LÓPEZ, A., MUÑOZ, I., ORNOSA, C. & DE LA RÚA, P. 2019. Unveiling introgression in bumblebee (*Bombus terrestris*) populations through mitogenome-based markers. *Animal Genetics*: 1-8.
- CERRITOS, R. 2009. Insects as food: anecological, social and economic approach. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, **4** (27): 1-10.
- CARDOSO *et al.*, 2020. Scientists' warning to humanity on insect extinctions. *Biological Conservation*, **242**: 108426. Doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108426.
- CARUSO T., PIGINO, G., BERNINI, F. BARGAGLI R. & MIGLIORINI, M. 2006. The Berger-Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: a case study on Mediterranean oribatid (Acari: Oribatida) assemblages. *Biodiversity Conservation*, **16** (12): 3277-3285.
- DE PEDRO, L., MARTÍNEZ, R., HARBI, A., FERRARA, F. A. A., GORRIZ, J. T., ASÍS, J. D., SABATER, B. & CRESPO, F. J. B. 2013. Un nuevo enemigo natural de *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae) identificado en la Comunidad Valenciana: el parasitoide *Aganaspis daci* (Hymenoptera, Figitidae). *Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos*, **416**: 153-157.
- DICKE, M. 2004. From Venice to Fabre: insects in western art. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society meeting*, **15**: 9-14.
- DOUBLET, V., LABARUSSIAS, M., DE MIRANDA, J.R., MORITZ, R.F.A. & PAXTON, R.J. 2014. Bees under stress: sublethal doses of a neonicotinoid pesticide and pathogens interact to elevate honeybee mortality across the life cycle. *Environmental Microbiology*, **17**: 969-983.
- EFSA. 2010. Scientific opinion. Honey related health claims. *EFSA Journal* 2010, 8(2): 1484.
- EFSA. 2011. Scientific opinion. Health claims related to not sufficiently characterised foods/food constituents. *EFSA Journal* 2011, 9 (4): 2083.
- EU. *Pollinators Initiative*. 2018. Aviso F8457. [https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/pollinators/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/pollinators/index_en.htm)
- FAO. 2013. *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*. FAO, Italia.
- FAO. 2016. *Resumen de la evaluación temática de la Plataforma intergubernamental científico-normativa sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas sobre polinizadores, polinización y producción de alimentos*. COAG/2016/INF/7. FAO, Italia.
- FAO. 2018. *Es hora de apreciar la labor de los polinizadores*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO, Italia.
- FÉON, V.L., HENRY, M., GUILBAUD, L., COIFFAIT-GOMBAULT, C., DUFRÈNE, E., KOLODZIEJCZYK, E., KUHLMANN, M., REQUIER, F. & VAISSIÈRE, B.E. 2016. An expert-assisted citizen science program involving agricultural high schools provides national patterns on bee species assemblages. *Journal of Insect Conservation*, **20**: 905-918.
- FERRACINI, C., FERRARI, E., PONTINI, M., SALADINI, M.A. & ALMA, A. 2019. Effectiveness of *Torymus sinensis*: a successful long-term control of the Asian chestnut gall wasp in Italy. *Journal of Pest Science*, **92**: 353-359.
- FOELIX, R.F. 1982. *Biology of spiders*. Harvard University Press. Massachusetts.
- FURLAN, L. & KREUTZWEISER, D. 2015. Alternatives to neonicotinoid insecticides for pest control: case studies in agriculture and forestry. *Environmental Science and Pollution Research*, **22**: 135-147.
- GALLAI, N., SALLES, J.M., SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, **68**: 810-821.
- GARIBALDI, L.A., *et al.* 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honeybee abundance. *Science*, **339**: 1608-1611.
- GARRATT, M.P., 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.
- GÉRARD, M., VANDERPLANCK, M., WOOD T. & MICHEZ, D. 2020. Global warming and plant-pollinator mismatches. *Emerging Topics in Life Sciences*: Doi.org/10.1042/ETLS20190139
- GONZÁLEZ-PEÑA, C.F. 1997. Los insectos y la muerte. *Boletín de la SEA*, **20**: 285-290.
- GRAYSTOCK, P., BLANE, E.J., MCFREDERICK, Q.S., GOULSON, D. & HUGHES, W.O.H. 2016. Do managed bees drive parasite spread and emergence in wild bees? *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, **5**: 64-75.

- GOULSON, D. 2020. Pesticides, Corporate Irresponsibility, and the Fate of Our Planet. *One Earth*, **2**: 302-305.
- GOULSON, D., NICHOLLS, E., BOTÍAS, C. & ROTHE-RAY, E.L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Scienceexpress*, **26**: 1-16.
- GULVIK, M.E. 2007. Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. *Polish Journal of Ecology*, **55** (3): 415-440.
- HALLMANN, C.A., SORG, M., JONGEJANS, E., SIEPEL, H., HOFLAND, N., SCHWAN, H., STENMANS, W. MÜLLER, A., SUMSER, H., HÖRREN, T., GOULSON, D. & KROON, H. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoSOne*, **12**: e0185809.
- HALLMANN C.A., ZEEGERS T., VAN KLINK, R., VERMEULEN R., VAN WIELINK, P., SPIJKERS, H., VAN DEIKJ., VAN STEENIS, W., & JONGEJANS, E. 2019. Declining abundance of beetles, moths and caddisflies in the Netherlands. *Insect Conservation and Diversity* (2019): Doi: 10.1111/icad.12377.
- HALLORAN, A., & VANTOMME, P. 2013. La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. *Edible insects: future prospects for food and feed security*: 1-4.
- HARMON, J.P., STEPHENS, E., LOSEY, J. 2007. The decline of native coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in the United States and Canada. *Journal of Insect Conservation*, **11**: 85-94.
- HEADRICK, D. H. & GOEDEN, R. D. 1996. Issues concerning the eradication or establishment and biological control of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae), in California. *Horticulture and Crop Science*, **17**: 1-10.
- HIGES, M., MARTÍN-HERNÁNDEZ, R., MARTÍNEZ-SALVADOR, A., GARRIDO-BAILÓN, E., GONZÁLEZ-PORTO, A. V., MEANA, A., BERNAL, J. L., DEL NOZAL, A. V., BERNAL J., 2010. A preliminary study of the epidemiological factors related to honeybee colony loss in Spain. *Environmental Microbiology Reports*, **2** (2): 243-250.
- HOPWOOD, J.L. 2008. The contribution of roadside grass land restorations to native bee conservation. *Biological Conservation*, **141**: 2632-2640.
- 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.
- IPBES. 2018. *The IPBES assessment report on land degradation and restoration*. L. Montanarella, R. Scholes, & A. Brainich (Eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany.
- IPBES. 2019. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, & H. T. Ngo (Eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany.
- IVAN O. & VASILIU, A. 2009. Oribatid mites (Acari, Oribatida) - bioindicators of forest soils pollution with heavy metals and fluorine. *Annals of Forest Research*, **52**: 11-18.
- JINGUJI, H., THUYET, D., UEDA, T. & WATANABE, H. 2013. Effect of imidacloprid and fipronil pesticide application on *Sympetrum infuscatum* (Libellulidae: Odonata) larvae and adults. *Paddy and Water Environment*, **11**: 277-284.
- JOHANSSON, F., ORIZAOLA, G. & NILSSON-ÖRTMAN, V. 2020. Temperate insects with narrow seasonal activity periods can be as vulnerable to climate change as tropical insect species. *Scientific Reports*, **10**: 8822. Doi.org/10.1038/s41598-020-65608-7.
- KADOYA, T., SUDA, S. & WASHITANI, I. 2009. Dragonfly crisis in Japan: a likely consequence of recent agricultural habitat degradation. *Biological Conservation*, **142**: 1899-1905.
- KENIS, M., AUGER-ROZENBERG, M.A., ROQUES, A., TIMMS, L., PÉRÉ, C., COCK, M.J.W., SETTELE, J., AUGUSTIN, S. & LOPEZ-VAAMONDE. C. 2009. Ecological effects of invasive alien insects. *Biological Invasions*, **11**: 21-45.
- KING, C. B. A., HAINES, W.P. & RUBINOFF, D. 2010. Impacts of invasive parasitoids on declining endemic Hawaiian leaf roller moths (Omiodes: Crambidae) vary among sites and species. *Journal of Applied Ecology*: **47**: 299-308.
- KIM, Y.M., KU, M.J., SON, Y.J., YUN, J.M., KIM, S.H. & LEE, S.Y. 2013. Anti-metastatic effect of cantharidin in A549 human lung cancer cells. *Archives of Pharmacal Research*, **36**: 479-484.
- KLINK, R. VAN, BOWLER, D.E., GONGALSKY, K.B., SWENGE, A.B., GENTILE, A. & CHASE J.M. 2020.

- Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science*, **368** (6489): 417-420.
- KOH, L.P., SODHI, N.S. & BROOK, B.W. 2004. Co-extinctions of tropical butterflies and their host plants. *Biotropica*, **36**: 272-274.
  - KOLBERT, E. 2020. ¿Y los Insectos? *National geographic*, mayo-junio 2020: 22-45.
  - KONVICKA, M., KURAS, T., LIPAROVA, J., SLEZAK, V., HORÁZNÁ, D., KLEČKA, J. & KLECKOVA, I. 2021. Low winter precipitation, but not warm autumns and springs, threatens mountain butterflies in middle-high mountains. *PeerJ* 9:e12021. DOI 10.7717/peerj.12021.
  - KREUTZWEISER, D.P., GOOD, K.P., CHARTRAND, D.T., SCARR, T.A. & THOMPSON, D.G. 2008. Are leaves that fall from imidacloprid-treated maple trees to control Asian long horned beetles toxic to non-target decomposer organisms? *Journal of Environmental Quality*, **37**: 639-646.
  - LÁZARO, A. & TUR, C. 2018. Los cambios de uso del suelo como responsables del declive de polinizadores. *Ecosistemas*, **27** (2): 23-33.
  - LI, W., XIE, L., CHEN, Z., ZHU, Y., SUN, Y., MIAO, Y., XU, Z. & HAN, X. 2010. Cantharidin, a potent and selective PP2A inhibitor, induces an oxidative stress-independent growth inhibition of pancreatic cancer cells through G2/M cell-cycle arrest and apoptosis. *Cancer Science*, **101**: 1226-1233.
  - LINDHE, A., JEPSSON, T. & EHNSTROM, B. 2011. Long horn beetles in Sweden - changes in distribution and abundance over the last two hundred years. *Entomologisk Tidskrift*, **131**: 241-512.
  - LISTER, B.C. & GARCÍA, A. 2018. Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rain forest food web. *PNAS*, **115**: E10397-E10406.
  - LÓPEZ, S., GONZÁLES, M. & GOLDARAZENA, A. 2011. *Vespa velutina* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Vespidae): first records in Iberian Peninsula. *European and Mediterranean Plant Protection Organization Bulletin*, **41** (3): 439-441.
  - LOSEY, J.E. & VAUGHAN, M. 2006. The economic value of ecological services provided by Insects. *BioScience*, **56**: 311-323.
  - LOZANO, B.R., RUIZ, M.B. & DE DIOS, M.Á.G. 2018. The invasive species *Zelus renardii* (Kolenati, 1857) (Hemiptera, Reduviidae) in Spain and comments about its global expansion. *Transactions of the American Entomological Society*, **144** (3): 551-559.
  - MAGRAMA. Subgrupo de trabajo de avispa asiática. 2015. Estrategia de gestión, control y posible erradicación del Avispón Asiático o Avispa Negra (*Vespa velutina* ssp. *nigrithorax*) en España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
  - MCKINNEY, M.L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, **127**: 247-260.
  - MELERO, Y., STEFANESCU, C. & PINO, J. 2016. General declines in Mediterranean butterflies over the last two decades are modulated by species traits. *Biological Conservation*, **201**: 336-342.
  - MELIC, A. 1997. Los Artrópodos en los TBOs. *Boletín de la SEA*, **20**: 463-468.
  - MICÓ, E., MARCOS-GARCÍA, M.Á., RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, A. & GALANTE, E. 2021. *El bosque adehesado como refugio de una entomofauna muy diversa*. Publicacions de la Universitat d'Alacant, CIBIO, AeE. Universitat d'Alacant.
  - MIÑARRO, M., GARCÍA, D. & MARTÍNEZ-SASTRE, R. 2018. *Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad*. *Ecosistemas*, **27**: 81-90.
  - MITECO. 2020. *Estrategia Nacional para la Conservación de los Polinizadores*. Subdirección General de Biodiversidad y Medio Natural. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Madrid.
  - MITSUHASHI, J. 2008. *Encyclopedia of Edible Insects in the World*. Yasakashobo, Tokyo.
  - MONSERRAT, V. J. 2011a. Los artrópodos en la cinematografía de Luis Buñuel. *Boletín de la SEA*, **48**: 501-524.
  - MONSERRAT, V. J. 2011b. Los artrópodos en la obra de Salvador Dalí. *Boletín de la SEA*, **49**: 413-434.
  - MONSERRAT, V. J. 2011c. Sobre los artrópodos en Don Quijote de La Mancha, de Miguel de Cervantes. *Boletín de la SEA*, **49**: 435-463.
  - MONSERRAT, V.J. 2012a. Los artrópodos en la cinematografía de Pedro Almodóvar. *Boletín de la SEA*, **51**: 391-420.
  - MONSERRAT, V.J. 2012b. Los artrópodos en la mitología, la ciencia y el arte de Mesopotamia. *Boletín de la SEA*, **51**: 421-455.
  - MONSERRAT, V. J. 2013. Los artrópodos en la mitología, las creencias, la ciencia y el arte del Antiguo Egipto. *Boletín de la SEA*, **52**: 373-437.

- MONSERRAT, V. J. 2014. Los artrópodos en la mitología, las creencias, la ciencia y el arte de los etruscos y la Roma Antigua. *Boletín de la SEA*, **53**: 363-412.
- MONSERRAT, V.J. 2016. Los artrópodos en los libros iluminados de la Edad Media europea. *Boletín de la SEA*, **58**: 259-331.
- MONSERRAT, V.J. 2017a. Los artrópodos en la poesía de Antonio Machado. *Boletín de la SEA*, **60**: 443-461.
- MONSERRAT, V.J. 2017b. Los artrópodos en el azulejo de la Península Ibérica. *Boletín de la SEA*, **61**: 323-45.
- MONSERRAT, V.J. 2018. Sobre los artrópodos en la obra de Miguel Hernández. *Boletín de la SEA*, **63**: 373-413.
- NICHOLLS, C. I., 2008. *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Universidad de Antioquia.
- NIETO, A. et al. (27 autores). 2014. *European Red List of bees*. Publication Office of the European Union. Luxembourg.
- NIEVES-ALDREY, J.L. et al. (11 autores). 2019. *Torymus sinensis* Kamijo, a biocontrol agent against the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in Spain: its natural dispersal from France and the first data on establishment after experimental releases. *Forest Systems*, **28** (1): e001.
- NUMMELIN, M., LODENIUS M., TULISALO E., HIRVONEN, H. & ALANKO, T. 2007. Predatory insects as bioindicators of heavy metal pollution. *Environmental Pollution*, **145**: 339-347.
- OLLERTON, J., ERENLER, H., EDWARDS, M. & CROCKETT, R. 2014. Extinctions of aculeate pollinators in Britain and the role of large-scale agricultural changes. *Science*, **346**: 1360-1362.
- OONINX, D.G., VAN ITTERBEECK, J., HEETKAMP, M.J.W., VAN DEN BRAND, H., VAN LOON, J.J.A. & VAN HUIS, A. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One*, **5** (12): 1-7.
- ORNOSA, C., TORRES, F. & DE LA RÚA, P. 2017. Updated list of bumblebees (Hymenoptera: Apidae) from the Spanish Pyrenees with notes on their decline and conservation status. *Zootaxa*, **4237**: 41-77.
- ORTIZ, F.J., AGUADO, L.O. & ORNOSA, C. 2018. *Diversidad de Apoidea en España, tendencia de las poblaciones y medidas para su conservación*. En: *Bosch & Bartomeu* (Eds.). Pérdidas de polinizadores. *Ecosistemas* **27** (2): 3-8.
- OTERO, I. et al. (22 autores). 2020. Biodiversity policy beyond economic growth. *Conservation Letters*: e12713.
- PAC. 2014. *Pólítica Agraria Comunitaria, preguntas frecuentes*. MAGRAMA. España.
- PENNACCHIO, F. & STRAND, M. R., 2006. Evolution of development al strategies in parasitic Hymenoptera. *Annual Review of Entomology*, **51**: 233-258.
- PENNISI, E. 2015. Africa´s soil engineers: Termites. *Science*, **347** (6222): 596-597.
- PERIBÁÑEZ, M.A., GRACIA, M.J. & FERRER, M. 1997. Entomología veterinaria. *Boletín de la SEA*, **20**: 227-235.
- POTIN, C. A. 2008. *Tabla de vida del depredador Zelus Renardii (Kolenati) (Hemiptera: Heteroptera: Reduviidae) en laboratorio*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas y Escuela de Agronomía. Santiago-Chile.
- POTTS, S.G., BIESMEIJER, J.C., KREMEN, C., NEUMANN, P., SCHWEIGER, O. & KUNIN, W.E., 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, **25**: 345-353.
- PYKE, G.H., THOMSON, J.D., INOUE, D.W. & MILLER, T.J. 2016. Effects of climate change on phenologies and distributions of bumblebees and the plants they visit. *Ecosphere*, **7**: 1-19
- RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, A., MICÓ, E., MARCOS-GARCÍA, M.A., GALANTE, E. 2015. Coleópteros y sírfidos saproxilicos (Coleoptera; Diptera: Syrphidae) de las dehesas del oeste ibérico: la Reserva Biológica de Campanarios de Azaba (Salamanca). *Boletín de la Asociación española de Entomología*, **39** (1-2): 133-158.
- RASMONT, P. et al. (24 autores). 2015. Climatic risk and distribution Atlas of European bumblebees. *Biorisk*, **10**: 1-246.
- RODRIGO, S., ORNOSA, C., SELFA, J., GUARA M. & POLIDORI, C. 2016. Small sweat bees (Hymenoptera: Halictidae) as potential major pollinators of melon (*Cucumis melo*) in the Mediterranean. *Entomological Science*, **19**: 55-66.
- RYAN S.J., CARLSON C.J., MORDECAI E.A., JOHNSON L.R. 2019. Global expansion and redistribution of Aedes-borne virus transmission risk with climate change. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, **13** (3): e0007213.
- SÁNCHEZ-BAYO, F., WYCKHUYS, K.A.G. 2019. World-wide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, **232**: 8-27.
- SÁNCHEZ, J.A., CARRASCO, A., LA-SPINA, M., IBÁÑEZ, H., CANOMANUEL, G., ORTIZ-SÁNCHEZ, F.J., LÓPEZ, E. & LACASA, A. 2014. Edges of natural vegetation to increase the diversity of wild bees in agricultural field margins. *Land scape Management for Functional Biodiversity IOBC-WPRS Bulletin*, **100**: 117-121.

- SÁNCHEZ J.A, CARRASCO, A., LA SPINA, M., PÉREZ-MARCOS M. & ORTIZ-SÁNCHEZ F.J. 2020. How bees respond differently to field margins of shrubby and herbaceous plants in intensive agricultural crops of the Mediterranean area. *Insects*, **1** (26): Doi:10.3390/insects11010026
- SCHUCH, S., WESCHE, K. & SCHAEFER, M. 2012. Long-term decline in the abundance of leaf hoppers and plant hoppers (Auchenorrhyncha) in Central European protected dry grass lands. *Biological Conservation*, **149**: 75-83.
- SEIBOLD, S. *et al.* (20 autores). 2019. Arthropod decline in grasslands and forests is associated with drivers at landscape level. *Nature*, **574**: 671-674.
- SOCARRÁS, A. 2013. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, **36** (1): 5-13.
- STEFANESCU, C., AGUADO, L.O., ASÍS, J.D., BAÑOSPICÓN, L., CERDÁ, X., MARCOS GARCÍA, M.Á., MICÓ, E., RICARTE, A. & TORMOS, J. 2018. Diversidad de insectos polinizadores en la Península Ibérica. *Ecosistemas*, **27**: 9-22.
- THRELFALL, C.G., WALKER, K., WILLIAMS, N.S.G., HAHS, A.K., MATA, L., STORK, N. & LIVESLEY, S.J. 2015. The conservation value of urban green space habitats for Australian native bee communities. *Biological Conservation*, **187**: 240-248.
- THOMSON, D.M. 2016. Local bumblebee decline linked to recovery of honeybees, drought effects on floral resources. *Ecology Letters*, **19**: 1247-1255.
- TIERNO DE FIGUEROA, J.M., LÓPEZ-RODRÍGUEZ, M.J., LORENZ, A., GRAF, W., SCHMIDT-KLOIBER, A. & HERING, D. 2010. Vulnerable taxa of European Plecoptera (Insecta) in the context of climate change. *Biodiversity Conservation*, **19**: 1269-1277.
- TOMMASI, D., MIRO, A., HIGO, H.A. & WINSTON, M.L. 2004. Bee diversity and abundance in an urban setting. *The Canadian Entomologist*, **136**: 851-869.
- TRABAJO COLABORATIVO. 2019. *Medidas para la conservación de la biodiversidad de los polinizadores silvestres en la península ibérica ("Decálogo")*. Ecosistemas. AEET, 36 pp.
- TURNER, J.S. & SOAR, R.C. 2008. *Beyond biomimicry: what termites can tell us about realizing the living building*. Presentation to the First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction (I3CON), 14-16. May 2008. Loughborough University, England.
- VAN DER SLUIJS, J.P. *et al.* 2015. Conclusions of the World Wide Integrated Assessment on the risks of neonicotinoids and fipronil to biodiversity and ecosystem functioning. *Environmental Science and Pollution Research*, **22**: 148-154.
- VAN HUIS, A., VAN ITTERBEECK, J., KLUNDER, H., MERTENS, E., HALLORAN, A., MUIR, G., & VANTOMME, P. 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 171. Rome.
- VAN SWAAY, C. A. M., VAN STRIEN, A. J., AGHABABYAN, K., ÅSTRÖM, S., BOTHAM, M., BRERETON, T., & CARLISLE, B. 2016. *The European butterfly indicator for grass land species 1990-2015*. Report VS2016.019. De Vlinderstichting, Wageningen, Países Bajos.
- VERDÚ, J.R. & GALANTE, E. 2006. *Libro Rojo de Invertebrados de España*. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- VERDÚ, J.R. & GALANTE, E. 2009. *Atlas de Invertebrados de España. Especies En Peligro y en Peligro Crítico*. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- VERDÚ, J.R., NUMA, C. & GALANTE, E. 2011. *Atlas y Libro Rojo de los Invertebrados amenazados de España (Especies Vulnerables). I y II*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid.
- VILLANI, M.G., ALLEE, L.L., DÍAZ A. & ROBBINS, P.S. 1999. Adaptive strategies of edaphic arthropods. *Annual Review of Entomology*, **44**: 233-56.
- VIVAS, L. 2012. Primera cita en España de la especie *Zelus renardii* (Kolenati, 1857) (Heteroptera: Reduviidae) que representa la segunda cita en Europa. *Biodiversidad Virtual News, Publicaciones Científicas*, **6**: 34-39.
- VRDOLJAK, S.M., SAMWAYS, M.J. & SIMAIKA, J.P. 2016. Pollinator conservation at the local scale: flower density, diversity and community structure increase flower visiting insect activity to mixed floral stands. *Journal of Insect Conservation*, **20**: 711-721.
- WASER, N.M. & PRICE, M.V. 2016. Drought, pollen and nectar availability, and pollination success. *Ecology*, **97**: 1400-1409.
- WHITAKER, I.S., TWINE, C., WHITAKER, M.J., WELCK, M., BROWN & C.S., SHANDALL, A. 2007. Larval therapy from antiquity to the present day: mechanisms of action, clinical applications and future potential. *Postgraduate Medical Journal*, **83**: 409-413.
- WILLIAMS, P. & OSBORNE, J. 2009. Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. *Apidologie*, **40**: 367-387.

- WINFREE, R., WILLIAMS, N.M., GAINES, H., ASCHER, J.S. & KREMEN, C. 2008. Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation across land-use gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA. *Journal of Applied Ecology*, **45**: 793-802.
- WOODCOCK, B.A. *et al.* 2017. Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honeybees and wild bees. *Science*, **356**: 1393-1395.
- WYCKHUYS, K.A.G., LU, Y., MORALES, H., VAZQUEZ, L.L., LEGASPI, J.C., ELIOPOULOS, P.A. & HERNANDEZ, L.M. 2013. Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. *Biological Control*, **65**: 152-167.
- YANG, L.H., POSTEMA, E.G., HAYES, T.E., LIPPEY, M.K. & MACARTHUR-WALTZ, D.J. 2021. The complexity of global change and its effects on insects. *Current Opinion in Insect Science*, **47**. Doi.org/10.1016/j.cois.2021.05.001.
- ZAMORA-MUÑOZ, C., SÁINZ-BARIÁIN, M., MÚRRIA, C., BONADA, N., SÁINZ-CANTERO, C.E., GONZÁLEZ, M.A., ALBA-TERCEDOR, J. & TIerno DE FIGUEROA, J. M. 2008. Diversidad, estrategias vitales y filogeografía de especies sensibles al cambio climático: Tricópteros en el Parque Nacional de Sierra Nevada. *Proyectos de investigación en Parques Nacionales*: 355-385.
- ZATTARA, E. & AIZEN, M.A. 2021. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth* **4**: 114-123. Doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.005.
- ZEDKOVÁ, B., RÁDKOVÁ, V., BOJKOVÁ, J., SOLDÁN, T. & Zahrádková, S. 2015. Mayflies (Ephemeroptera) as indicators of environmental changes in the past five decades: a case study from the Morava and Odra River Basins (Czech Republic). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **25**: 622-638.

**SIN INSECTOS  
NO HAY VIDA**

