

Insectos saproxílicos: los grandes olvidados de la gestión forestal

Estefanía Micó

Instituto de Investigación Cíbio, Universidad de Alicante

Los insectos saproxílicos son el grupo más diverso de nuestros bosques. A su vez participan en importantes funciones ecosistémicas. A pesar de su importancia, conservar la diversidad de insectos saproxílicos rara vez forma parte de los programas de gestión forestal. Sin embargo, son numerosos los factores relacionados con aspectos estructurales del bosque, derivados del manejo o su abandono, que afectan a la diversidad de insectos. En el actual escenario de cambio global, la gestión forestal debe contemplar medidas dirigidas a conservar o incrementar la diversidad de insectos saproxílicos, lo que nos plantea importantes retos. Favorecer la heterogeneidad forestal mediante perturbaciones, o mantener cierto volumen de madera muerta en suelo, pueden ayudar a preservar la diversidad saproxílica. A su vez, es indispensable promover no solo la investigación, sino también la educación en materia de biodiversidad forestal para ayudar a detener el declive de los insectos en los bosques.

Palabras clave: Biodiversidad entomológica, Bosques, Conservación, Educación ambiental.

El árbol constituye uno de los elementos más importantes para la biodiversidad de los bosques debido a que ofrece distintos microhábitats y recursos para numerosos organismos. Las oquedades de los árboles (originadas por podas o por daños naturales como rayos, viento, nieve o fuego), la corteza o las ramas secas de sus copas, heridas y exudados de savia, tumoraciones y también la madera muerta proveniente de troncos o grandes ramas, constituyen muy diversos microambientes en los que la madera actúa de sustrato que da cobijo o alimento a numerosas especies que denominamos saproxílicas.

Los organismos saproxílicos son aquellos que dependen directa o in-

directamente de la madera muerta o moribunda en algún momento de su desarrollo (Speight, 1989). Esta definición incluye a organismos tan dispares como hongos, animales vertebrados e invertebrados. Los insectos constituyen el grupo taxonómico más diverso de entre los animales que explotan la madera, lo cual no es de extrañar si tenemos en cuenta su extraordinaria diversificación (más del 70 % de todos los animales del planeta son insectos). Para hacernos una idea de la magnitud de la comunidad de insectos saproxílicos en los ecosistemas forestales, una de cada tres especies de insectos que encontramos en un bosque son saproxílicas, y entre ellas los coleópteros son el grupo más

diverso (Ulyshen & Sobotník, 2018).

Los hongos saproxílicos son pieza clave en las comunidades saproxílicas, ya que la evolución de la descomposición de los sustratos leñosos depende en gran medida de su acción. La madera que todavía no ha sido colonizada por hongos sirve de recurso trófico a insectos xilófagos (p. e. coleópteros *Buprestidae*), mientras que los sustratos leñosos parcialmente descompuestos por hongos saproxílicos constituye el sustento de toda una diversa comunidad saproxilófaga. Por último, la madera en su último estado de descomposición es explotada por especies saprófagas. Los insectos de estos tres gremios tróficos: xilófagos, saproxilófagos y saprófagos, junto a hongos y otros microorganismos, participan en la transformación de los sustratos leñosos. Adicionalmente, las hifas, esporas y cuerpos fructíferos de los hongos son el recurso de los insectos micetófagos, que dependen directamente de los hongos de la madera. En la comunidad saproxilílica no falta a su vez un complejo ensamble de depredadores (¡más del 40 % de los insectos saproxilílicos son depredadores!) y parasitoides que dependen, de una manera más o menos especializada, de todos los anteriores. Tampoco faltan especies comensales que se ven beneficiadas de las construcciones de otras especies en estos microhábitats. A la compleja ecuación sumemos ahora a otros invertebrados (p. e. arañas y miriápodos) y también a los vertebrados (pájaros cavícolas, roedores, reptiles, etc.) que actúan como depredadores de los anteriores y como creadores a su vez de microhábitats o de recursos tróficos a través de acumulación de sus heces, pelos, plumas, etc.

El árbol y la madera muerta, a través de la heterogeneidad de recursos que ofrece, crea vida y la vida conforma redes complejas de interacciones que se traducen en una serie de funciones ecológicas que mantienen



Oquedad en tronco derivada de la poda o caída de una rama.
Parque Natural Sierra de Espadán (Castellón).

Tumoración en tronco de alcornoque
(*Quercus suber*). Parque Natural
Sierra de Espadán (Castellón).





Madera muerta en suelo.
Sierra de las Quilamas
(La Bastida, Salamanca).

la salud de los ecosistemas y, por lo tanto, la nuestra.

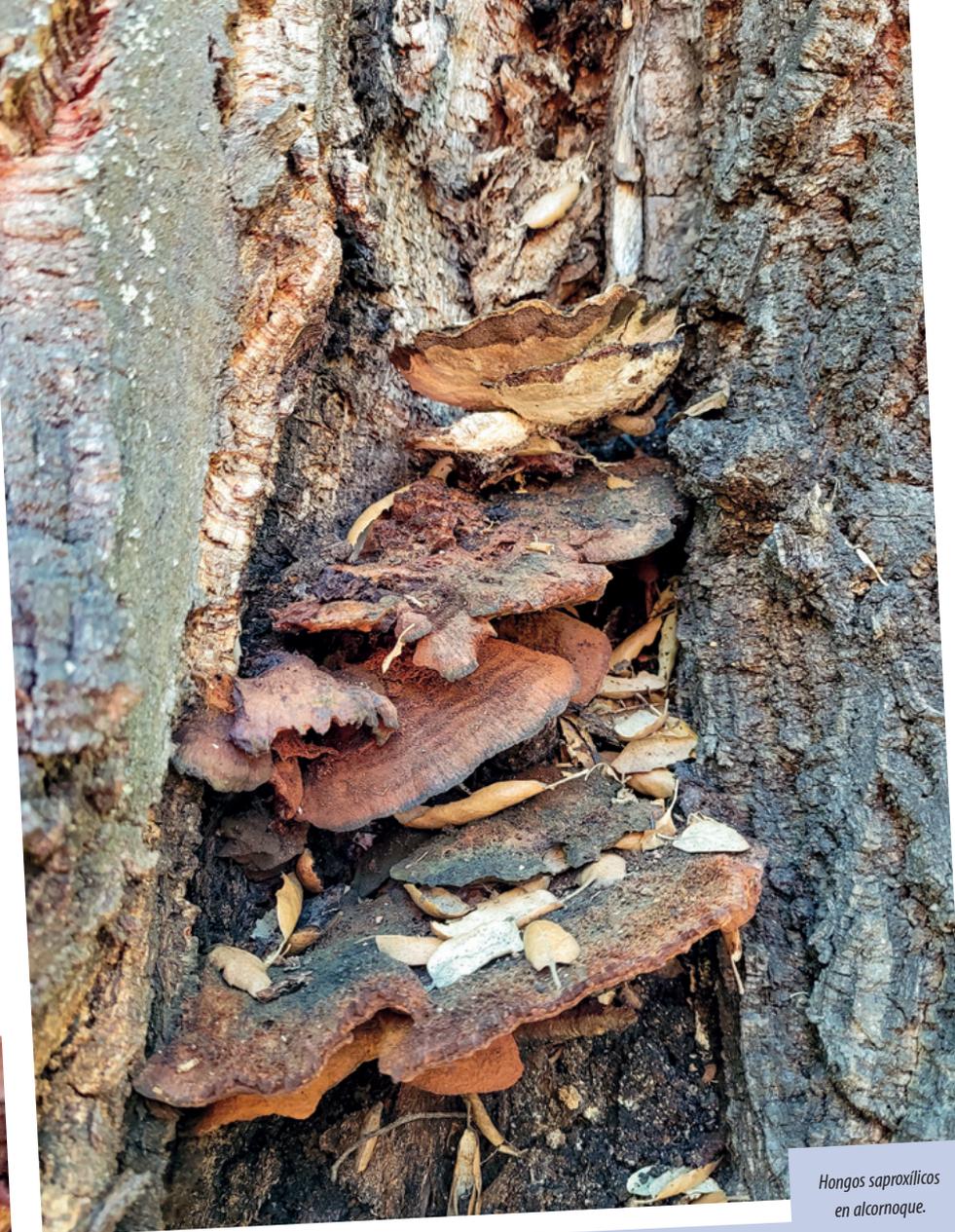
Las funciones en las que participan los insectos saproxílicos en los bosques son la *descomposición* y *reciclado de nutrientes* (junto con los hongos, escarabajos y termitas son responsables de la descomposición de los mayores volúmenes de madera muerta a nivel planetario), el mantenimiento de la diversidad vegetal a través de la *polinización*, el *control de especies plaga* gracias a la depredación y parasitación, y el *mantenimiento de la diversidad animal* como elemento clave en las redes tróficas. Además, una misma especie de insecto puede participar en más de una de estas funciones ecológicas, ya que las especies con desarrollo holometábolo¹ viven normalmente dos vidas distintas. Desde una perspectiva ecológica, tener una doble vida se traduce en algo muy importante: la multifuncionalidad. Por ejemplo, la especie de coleóptero *Cetoniidae*, *Cetonia aurataformis*, es saproxilófaga durante su vida larvaria



Diaperis boleti
(Coleoptera: Tenebrionidae)
alimentándose en hongo saproxílico.

—sus larvas se alimentan de la madera parcialmente descompuesta en las oquedades de los árboles modificando física y químicamente el sustrato—, mientras que cuando son adultos son

visitantes florales capaces de transportar polen a largas distancias. Esta peculiaridad imprime aún más valor a la diversidad de los insectos desde una perspectiva funcional.



Hongos saproxílicos
en alcornoque.

Que un bosque tenga una mayor o una menor diversidad entomológica no es una cuestión baladí, ya que va a condicionar el desempeño de las importantes funciones ecológicas arriba mencionadas. Promover y conservar la biodiversidad y las funciones ecosistémicas es una de las 20 acciones incluidas en la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, ya que, en términos generales, la biodiversidad es clave para el mantenimiento de la salud de los ecosistemas y por ende de la del ser humano (FAO, 2018; Valladares *et al.*, 2022). Paradójicamente, aunque una parte importante de los servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques dependen de los insectos, la mayoría de los estudios de biodiversidad en ecosistemas forestales relacionados con el manejo o la gestión se basan en vertebrados y plantas. Sin embargo, tanto la realización de

acciones antrópicas en los bosques como el abandono de las mismas tienen efectos en la diversidad de los insectos saproxílicos, los cuales conforman la mayor parte de la diversidad del bosque. Ante la actual crisis de biodiversidad urge disponer de guías y herramientas que permitan mantener o incentivar la biodiversidad de insectos saproxílicos y sus funciones. En este sentido, en el ámbito de la gestión forestal hablamos más a menudo de las plagas de insectos y su control que de la incentivación de la diversidad de insectos, precisamente como seguro para prevenir plagas e incluso incendios².

PRACTICAS FORESTALES Y BIODIVERSIDAD DE INSECTOS SAPROXÍLICOS

Los bosques que conocemos hoy en Europa son el resultado de una

larga historia de interacción con el ser humano. Desde el Neolítico, comenzamos a ganar terreno al bosque para fomentar la agricultura a través de actividades como el pastoreo, quema y clareo. El impacto humano en los bosques ha variado en tipo e intensidad en el espacio y el tiempo, y la condición de los bosques europeos ha estado estrechamente vinculada al desarrollo socioeconómico (AEMA, 2008).

Son numerosos los factores tanto a nivel de hábitat (p. e., la diversidad y composición de las especies arbóreas, la densidad arbórea, la cobertura y tipo de matorral, etc.), como a nivel de microhábitat (p. e., la presencia de árboles senescentes con heridas, oquedades y tumoraciones, la presencia de madera muerta en suelo o en pie, etc.) que afectan a la diversidad de insectos saproxílicos, y muchos de estos factores están relacionados con aspectos estructurales del bosque que pueden estar condicionados por el manejo que se hace a nivel de bosque o de árbol, o por el abandono del mismo (Micó *et al.*, 2022).

No todas las especies arbóreas albergan la misma diversidad saproxílica por lo que tanto en bosques naturales como en plantaciones forestales, bien sean para la regeneración de bosques o para la explotación forestal, albergarán comunidades saproxílicas distintas en composición y en riqueza de especies. Aunque hablemos de madera muerta, la evolución de las especies leñosas desde hace millones de años determina en cierto grado la asociación hospedador-huésped. En este sentido encontramos grandes diferencias entre las comunidades saproxílicas de coníferas y las de árboles de hoja ancha. El ancestro de ambos linajes vegetales se separó hace 300 millones de años y las defensas y elementos estructurales de la madera de ambos difieren hasta el punto de afectar no solo a insectos xilófagos, que se alimentan de madera fresca, sino que también afecta (aunque en menor medida) a todo el proceso de descomposición y consecuentemente en cierta forma también a los insectos saproxilófagos e incluso micetófagos. Entre un



Coleóptero Cerambycidae alimentándose de polen.

70 y un 90 % de los coleópteros saproxílicos muestran diferencias en sus preferencias entre el linaje de las coníferas (gimnospermas) y el de las especies arbóreas de hoja ancha (angiospermas), siendo a su vez evidente la mayor diversidad de coleópteros saproxílicos en árboles de hoja ancha que en bosques de coníferas (Stokland, 2012). Este patrón ocurre a nivel mundial. Sin embargo, la proporción de especies de quercíneas están decreciendo en Europa en favor de otras especies (Máliš *et al.*, 2021). El cambio de composición de las especies arbóreas en los bosques está

a veces motivado por la introducción de especies alóctonas. Es frecuente que las *especies arbóreas no nativas* afecten a las comunidades vegetales que conforman la orla florística del sotobosque y también a los insectos y otros invertebrados (Lanta *et al.*, 2021). La magnitud de los cambios en la biodiversidad del bosque depende en gran medida de la especie de árbol introducida y su proximidad filogenética con las autóctonas. En ausencia del bosque nativo, las especies arbóreas introducidas pueden actuar como reservorio de biodiversidad de entomofauna saproxílica,

sin embargo, aun así, las especies de insectos más generalistas se suelen ver favorecidas en detrimento de las especialistas (Fierro *et al.*, 2017)

El aclareo o *tala selectiva* puede tener efectos positivos en la comunidad saproxílica tanto de forma directa como indirecta. La apertura de los bosques supone una mayor entrada de luz solar, que puede tener un efecto positivo en la diversidad de insectos saproxílicos, ya que una mayor insolación favorece tanto a la diversidad y composición de la flora como también al proceso de descomposición de la madera (en presencia de humedad) (Weiss *et al.*, 2021). Indirectamente, eliminar cierto número de árboles reduce la competencia y permite que los árboles restantes adquieran un mayor tamaño favoreciendo o acelerando la creación de microhábitats (oquedades, etc.). La aparición de oquedades en los árboles comienza en aquellos que superan los 30 cm de diámetro y se incrementa de forma drástica conforme aumenta el diámetro: el número de árboles con oquedades aumenta del 5 al 50 cuando pasamos de árboles con 40-50 cm de diámetro a los que tienen 70-80 cm (Flaquer *et al.*, 2007; EURPARC, 2020). Las dehesas son un buen ejemplo de esto, atesorando grandes árboles añosos que ofrecen números recursos a la entomofauna



Ganadería ovina en régimen extensivo (Finca Muñozela, Salamanca)



Ejemplar de *Quercus pyrenaica* trasmochado en el pasado. Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real).

saproxílica, actúan además como un medio híbrido que permite la coexistencia de organismos propios de áreas forestales y organismos de sistemas abiertos como hábitat mixto de arbolado y pastizal (Galante, 2021). Estos paisajes resultantes de un manejo sostenible del bosque albergan una elevada diversidad de insectos saproxílicos y sirven de refugio a especies especialistas y amenazadas. Desafortunadamente, la presencia de grandes árboles aislados, que tanta importancia tienen en la biodiversidad de insectos saproxílicos, están desapareciendo gradualmente en Europa por un incremento de densidad arbórea o por la intensificación agrícola (Miklín *et al.*, 2017)

Otro elemento de gran importancia en los distintos ecosistemas de

bosque es la orla de matorral, su composición y su porcentaje de cobertura afectan a la diversidad saproxílica. El cerramiento del matorral o la *matorralización del bosque* es una de las primeras consecuencias del abandono del uso del bosque como por ejemplo la falta de pastoreo, la roturación o la quema. La práctica de ganadería extensiva con cabra y oveja controla la expansión de matorral, aunque cuando llega a cerrarse mucho ya no son suficientes estos herbívoros de tamaño mediano. El abandono de las actividades pecuarias, o el cambio hacia el manejo intensivo de las cabañas ganaderas, hace que el matorral se cierre con efectos perniciosos para la diversidad vegetal, pero también para la diversidad de importantes grupos de insectos saproxílicos como los co-

leópteros. En ecosistemas de dehesa mantener el matorral con coberturas que no superen el 20 % suponen un importante incremento de la riqueza y abundancia de coleópteros saproxílicos (Micó *et al.*, 2022).

El *manejo del arbolado* que se hace en ecosistemas como la dehesa, tipo trasmoche y olivado consistente en la eliminación de ramas, favorece la formación futura de microhábitats como las oquedades al crear heridas. Las oquedades de los árboles son clave para la diversidad de organismos saproxílicos, sobre todo en ecosistemas mediterráneos, donde actúan como importantes refugios para la entomofauna saproxílica. De hecho, existe una clara correlación positiva entre el número de árboles con oquedades y la riqueza de especies de coleópteros saproxílicos. Estas prácticas más o menos continuadas de poda, siempre que se realicen de una forma correcta, acelera la *veteranización*³ del arbolado, pudiendo asegurar la existencia de estos microhábitats a lo largo del tiempo ante la pérdida de bosques con grandes árboles senescentes.

Bosques maduros con árboles senescentes albergan una mayor entomofauna que bosques jóvenes o bosques en los que el manejo limita la heterogeneidad de sustratos leñosos. El efecto más directo del manejo del bosque es *la retirada de la madera muerta* del suelo. En la madera muerta y moribunda está la clave de la diversidad de muchos grupos de organismos saproxílicos como es el caso de los coleópteros, por lo que ha de ser una parte importante de la gestión forestal. La madera resultante de podas y clareo ha sido y sigue siendo un recurso aprovechado por las poblaciones humanas. Además, la existencia de madera muerta se considera frecuentemente un problema, al actuar como combustible ante posibles incendios. Sin embargo, los sustratos leñosos son clave de la biodiversidad de los bosques. Por debajo de 20 m³ de madera muerta en suelo por hectárea la biodiversidad de coleópteros saproxílicos desciende drásticamente, mientras que superar los 50 m³/ha no supone un mayor aumento de la biodiversidad (Müller

& Bütler, 2010). *La eliminación de madera muerta en el suelo, ante la creencia equivocada de que atrae a plagas forestales, crea precisamente el problema que queremos evitar.* Recordemos que más del 40 % de las especies saproxílicas tienen hábitos depredadores, por lo que una comunidad saproxílica compleja y madura es capaz de regular las poblaciones de otros insectos evitando así, de forma natural, la emergencia de plagas de insectos forestales. Cuando se reduce la biodiversidad de depredadores perdemos a la primera línea de defensa contra las plagas. Tanto en explotaciones forestales como en zonas naturales se debe mantener (o crear) un volumen de madera muerta de entre 20 y 50 m³ por hectárea. Asimismo, es necesario que la madera muerta sea también diversa en cuanto a su estado de descomposición. Recordemos que los distintos estados de descomposición albergan una fauna distinta, por lo que los aportes de madera deben tener cierta continuidad para que podamos encontrar tanto madera reciente, como en etapas muy avanzadas de descomposición. La *homogeneización de las estructuras forestales* como la edad del arbolado o la eliminación selectiva de la madera muerta de ciertos estados de descomposición, puede suponer una amenaza para aquellas especies que dependen de dichos estados.

Por su parte, la madera muerta en pie también atrae a fauna, en parte distinta a la de la madera muerta en suelo, pues las condiciones bióticas y abióticas que dirigen su evolución son muy distintas.

ACCIONES PARA INCENTIVAR LA BIODIVERSIDAD DE INSECTOS SAPROXÍLICOS

La homogeneización del bosque es enemiga de la biodiversidad saproxílica y desafortunadamente tanto la intensificación del uso del bosque (silvicultura moderna) como el abandono de las prácticas tradicionales, conducen a una homogeneización de la estructura de la vegetación de los bosques, resultando en una comunidad saproxílica también más homogénea y dominada por especies más generalistas y funcionalmente menos diversa.

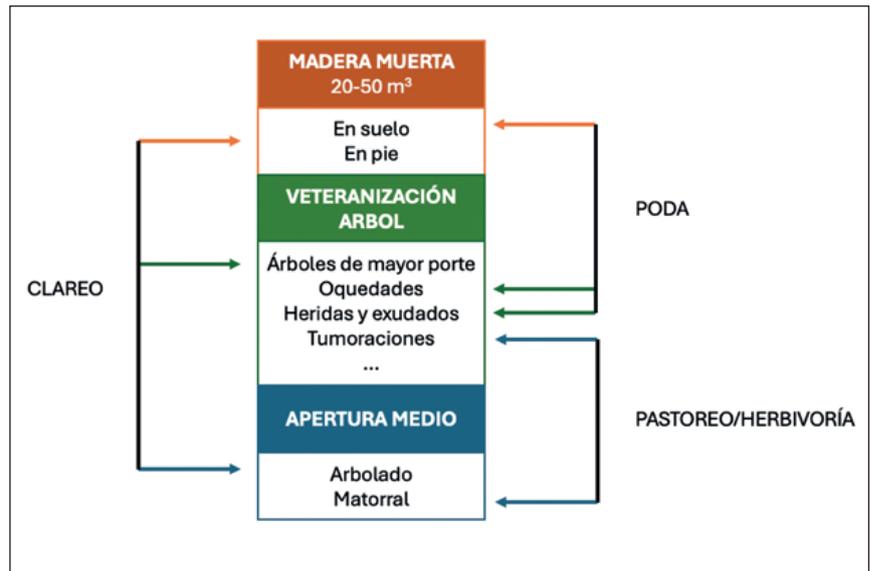


Fig.1. Esquema que muestra la relación entre diferentes acciones sobre el hábitat y el árbol (clareo, poda, pastoreo...) y aspectos de gran importancia para la diversidad saproxílica como la presencia de madera muerta en suelo, la veteranización del arbolado y la apertura del bosque.

Las perturbaciones naturales (p. e. herbivoría, fuego, nieve, rayos, etc.) ayudan a mantener cierto grado de heterogeneidad, dentro y entre bosques, que favorece a la diversidad saproxílica. Sin embargo, en ausencia de estas perturbaciones naturales, se puede promover un mínimo de intervenciones (perturbaciones) que pueden ayudar a mantener una heterogeneidad beneficiosa. El pastoreo, las podas del arbolado, y el clareo (o entresaca) de árboles de diferente edad, son ejemplos de perturbaciones que pueden ayudar a mantener la heterogeneidad en áreas naturales y también en explotaciones forestales sostenibles.

La educación en materia de diversidad forestal es imprescindible. Debemos ser capaces de transmitir que la madera muerta es vida, pues alberga a una impresionante diversidad saproxílica necesaria para mantener la salud del bosque y, por ende, la nuestra. Los árboles añosos, con oquedades, heridas, tumoraciones, y otras señales del paso del tiempo, son a menudo considerados como un desecho o como un elemento a eliminar en lugar de lo que realmente son, piezas claves para la biodiversidad. En zonas con cierto grado de antropización es frecuente encontrar oquedades arbóreas con basura en su interior (botellas, latas, bolsas, etc.) o incluso tapadas con cemento. Esto es una señal inequívoca de la desin-

formación sobre la vida que albergan y su importancia funcional. Es necesario que la sociedad conozca el verdadero aspecto de un bosque sano, maduro y diverso, y precisamente la presencia de madera muerta y de árboles con signos de senescencia debe ser apreciada. De la misma forma, debemos ser capaces de transmitir el valor de la diversidad entomológica de nuestros bosques, no solo por ser parte de nuestro patrimonio natural, sino por las consecuencias ambientales que su declive puede tener.

LOS RETOS QUE PLANTEA EL CAMBIO GLOBAL

La fragmentación y pérdida de conectividad de los bosques, la pérdida de la heterogeneidad forestal y de los grandes árboles añosos por la intensificación agrícola y forestal, la introducción de especies foráneas, junto a la creciente presencia de contaminantes orgánicos volátiles en la atmósfera, son algunos de los factores que amenazan la biodiversidad saproxílica en general.

Adicionalmente, el cambio climático puede llegar a ser un agravante en la región mediterránea tanto de forma directa como indirecta. Si bien el aumento de la temperatura media puede suponer un incremento de ciertas facetas de la diversidad saproxílica (p. e. riqueza y abundancia), tal y como se ha demostrado

tomando como modelo los coleópteros, un incremento en la media de las temperaturas máximas afecta negativamente a todas las facetas de la biodiversidad incluyendo la diversidad funcional (Micó *et al.* 2022). De la misma forma, la sequía afecta tanto a la pervivencia de ciertas especies de árboles como a los ciclos de vida de los insectos, con consecuencias difíciles de predecir. Indirectamente, el cambio climático también está teniendo un efecto constatado en el com-

portamiento de los contaminantes en la atmósfera, cuya contribución al declive de los insectos desconocemos casi completamente. En este sentido, se ha visto cómo la contaminación atmosférica tiene efectos negativos en los insectos descomponedores y depredadores, y que su respuesta no es independiente de la temperatura ambiental y del volumen de precipitaciones (Zvereva y Kozlov, 2010).

Los estudios sobre el estado y monitoreo de las especies saproxílicas

son todavía escasos y es a menudo complicado constatar la existencia de declive en las poblaciones de insectos y sus causas más probables a nivel local, siendo consecuentemente difícil actuar para frenar la pérdida de especies y de sus funciones. Recientemente, los entomólogos ibéricos han firmado un manifiesto para frenar el declive de los insectos en la península ibérica donde el primer punto es el de fomentar la investigación (<https://cibio.ua.es/archivos/ManifiestoXXCIE.pdf>). En este sentido promover estudios que analicen las dinámicas poblacionales de los insectos y que nos muestren la vulnerabilidad de su diversidad en nuestros bosques es ahora urgente y requiere de un enfoque interdisciplinar (desde la taxonomía, ecología, genética, química, etc.).

A modo de ejemplo, el uso de la herramienta que nos proporcionan las redes de interacciones complejas, nos ha permitido constatar que muy probablemente las oquedades de los árboles en la región mediterránea, incluso en áreas protegidas, son ahora menos idóneas para mantener la biodiversidad de coleópteros saproxílicos que hace tan sólo 13 años (Quinto *et al.* 2023).

Crear observatorios de la biodiversidad forestal podría ser de gran ayuda ante el desafío que el cambio global nos plantea para la conservación de los bosques y para desarrollar estrategias de manejo más efectivas y sostenibles a través de la incentiva- ción de la biodiversidad de los insectos saproxílicos.

BIBLIOGRAFÍA

AEMA. 2008. Tipología de bosques europeos Categorías y tipos para informes y políticas de gestión forestal sostenible. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

EUROPAC-España 2020. Bosques maduros mediterráneos: características y criterios de gestión en áreas protegidas. Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernaldez para los Espacios Naturales.

FAO. 2018. Agriculture to Achieve the SDGs. 20 Interconnected Actions to Guide Decision-Makers. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.

Fierro A, Grez AA, Vergara PM, Ramírez-Hernández A y Micó E. 2017. How does the replacement of native forest by exotic forest plantations affect the diversity, abundance and trophic structure of saproxylic beetle assemblages? *Forest Ecology and Management* 405: 246-256.

Flaquer C, Torre I, Arrizabalaga A. 2007. Selección de refugios, gestión forestal y conservación de los quirópteros forestales. Pàg. 469-488, En: Camprodon J, Plana E. (Coords.). Conservación de la biodiversidad, fauna vertebrada y gestión forestal. Edicions de la Universitat de Barcelona -Centre Tecnològic Forestal de Catalunya.

Galante E. 2021. Dehesas y montados, ricos en historia y Biodiversidad. En: Micó E, Marcos-García MA, Ramírez-Hernández A, Galante E. (Coords) El bosque adehesado como refugio de una entomofauna muy diversa. Publicaciones de la Universidad de Alicante.

Lanta V, Doležal J, Kozel P, Hauck D, Altman J, Kašák J, Foit J, Šebek P, Čížek L. 2021. Contrasting responses of saproxylic beetles and plants to non-native tree invasion reveal feedback mechanisms between trophic levels. *Biological Conservation* 263: 1–11.

Máliš F, Bobek P, Hédli R, Chudomelová M, Petřík P, Ujházy K, ... & Kopecký M. 2021. Historical charcoal burning and coppicing suppressed beech and increased forest vegetation heterogeneity. *Journal of Vegetation Science* 32(1): e12923.

Micó E, Martínez-Pérez S, Jordán-Nuñez J, Galante E. 2022. On how the abandonment of traditional forest management practices could reduce saproxylic diversity in the Mediterranean Region. *Forest Ecology and Management* 520: 120402.

Miklín J, Hauck D, Konvička O, Cizek L. 2017. Veteran trees and saproxylic insects in the floodplains of Lower Morava and Dyje rivers, Czech Republic. *Journal of Maps* 13(2): 291-299.

Müller J, Büttler R. 2010. A review of habitat thresholds for dead wood: a baseline for management recommendations in European forests. *Eur. J. Forest Res.* 129: 981–992. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0400-5>.

Quinto J, Díaz-Castelazo C, Ramírez-Hernández A, Padilla A, Sánchez-Almodovar E, Galante E, Micó E. 2023. Interaction networks help to infer the vulnerability of the saproxylic beetle communities that inhabit tree hollows in mediterranean forests. *Insects*,14, 446. <https://doi.org/10.3390/insects14050446>

Speight, M. C. D. 1989. Saproxylic invertebrates and their conservation. *Nature and environment series* 42. Council of Europe, Strasbourg.

Stokland, J.N. 2012. Evolution of saproxylic organisms. Pag. 218-247, En: Siitonen, J., Jonsson, B.G., (Coords.). *Biodiversity in Dead Wood*. Cambridge University Press, Cambridge.

Ulyshen, M. D., & Šobotník, J. 2018. An introduction to the diversity, ecology, and conservation of saproxylic insects. *Saproxylic insects: diversity, ecology and conservation*, 1–47.

Valladares, F., Cantera, X., Escudero, A. 2022. La salud planetaria. CSIC, Madrid. 140pp

Weiss, M., Kozel, P., Zapletal, M., Hauck, D., Prochazka, J., Benes, J., Cizek, L., & Sebek, P. 2021. Forest Ecology and Management The effect of coppicing on insect biodiversity. *Smallscale mosaics of successional stages drive community turnover*. *Forest Ecology and Management*, September, 118774.

Zvereva, E.L., Kozlov, M.V. 2010. Responses of terrestrial arthropods to air pollution: a meta-analysis. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 17: 297-311.

¹ Tipo de desarrollo en insectos en el que del huevo nace la larva que se desarrolla, pasando por diferentes estadios, hasta que llega a la fase de pupa, en la que se produce la metamorfosis que da lugar al adulto

² El control natural que las especies saproxílicas depredadoras ejercen sobre posibles plagas emergentes de insectos xilófagos, o insectos vectores de hongos y otros microorganismos, previene la mortandad prematura y masiva del arbolado, lo que indirectamente reduce la acumulación de una gran biomasa de madera muerta combustible para incendios de alta severidad

³ Proceso de aparición de caracteres propios de árboles viejos en el árbol (descortezamientos, heridas, huecos...). A menudo se habla de acciones de veteranización para definir las actuaciones realizadas sobre pies concretos para simular o forzar la aparición de caracteres propios de árboles viejos en individuos sin la edad suficiente para tenerlos.