

Seguimiento del estado de los bosques españoles peninsulares: análisis de los daños causados por *Viscum album* subsp. *austriacum*



Detalle de frutos y hojas de *Viscum álbum* (Valgañón, La Rioja; diciembre 2022)

Se presenta un análisis de la afección por muérdago (*Viscum album* subsp. *austriacum*) en los principales hospedadores de las masas de pinares españolas (*P. halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster* y *P. sylvestris*) durante el periodo 2005 – 2020, así como su tendencia bajo los efectos del cambio global. Se comprueba un aumento del daño a lo largo del periodo de estudio y una expansión ascendente en altitud. Se pone en relieve la importancia del cambio climático y mantenimiento de las redes de seguimiento de daños.

Palabras clave: Cambio global, masas de coníferas, muérdago (*Viscum album* subsp. *austriacum*), *Pinus*, redes de daños.

Introducción

Los sistemas forestales tienen un papel esencial en la conservación de la diversidad biológica, la regulación del ciclo hidrológico y la lucha contra la desertificación, proporcionando asimismo lugares de ocio y disfrute para el conjunto de la sociedad (MORENO-FERNÁNDEZ *et al.* 2021). Al mismo tiempo, sin embargo, estas cualidades de los ecosistemas forestales se ven afectadas por crecientes amenazas, entre las que destacan los incendios forestales, el cambio climático, el abandono y la ausencia de gestión de los bosques (SCHELHAAS *et al.* 2003). El Programa de Cooperación Internacional para la Evaluación y Seguimiento de los Efectos de la Contaminación Atmosférica en los Bosques (ICP-Forests) se encarga de evaluar el estado y la evolución de las masas forestales siguiendo unas metodologías y protocolos armonizados para toda Europa, con una periodicidad de revisión y actualización anual desde hace más de tres décadas (GONZÁLEZ y TORRES, 2020).

Sira Suárez Herrera¹

Isabel Cañellas¹

Icár Alberdi¹

Laura Hernández¹

Daniel Moreno Fernández¹

Nerea Oliveira¹

Asunción Roldán²

Fernando Montes¹

Patricia Adame¹

¹ Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR-INIA, CSIC)

² Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO)

Además, se cuenta con otras dos redes de daños a nivel nacional: la Red de Seguimiento Fitosanitario de las Masas Forestales de la Red de Parques Nacionales (RPN), iniciada en 1986, y las redes autonómicas de daños (RA), instaladas de forma progresiva desde el año 2000 en las comunidades autónomas. Ambas redes se instalaron con una metodología similar a la empleada en ICP-Forests (ADAME *et al.*, 2022a; GONZÁLEZ y TORRES, 2020).

Dentro de los patógenos identificados en las redes de daños, destaca, entre otros, el muérdago (*Viscum album* L.). Es una planta hemiparásita que vive en plantas leñosas de las que extrae agua y minerales, lo que supone condiciones de estrés para el árbol hospedante, alterando su crecimiento y capacidad reproductiva. Existe cierta especificidad con respecto a la especie hospedadora, lo que ha llevado a distinguir tres subespecies de muérdago. *V. album* subsp. *album* es parásita de especies incluidas en los géneros *Salix*, *Populus* y *Acacia*,

entre otros; *V. album* subsp. *austriacum* parasita diversas especies de coníferas, especialmente del género *Pinus* y, con menor frecuencia, a especies del género *Larix* y *Picea*; y *V. album* subsp. *abietis*, sobre *Abies* (LÓPEZ-SÁEZ y BREMOND, 1992).

Esta planta se reproduce por semilla, que es transportada fundamentalmente por pájaros, siendo los más importantes *Turdus viscivorus* L. (zorzal charlo) y *Silvia atricapilla* L. (curruca capirotada). Una vez fijada y establecida la planta de muérdago en el árbol, esta se desarrolla de forma dicotómica, bifurcándose anualmente en dos ramillas a partir de cada yema. Esta disposición da lugar a una mata semiesférica característica. Permanece entre 25 y 30 años en el mismo hospedante (MUÑOZ *et al.* 2011) y sus efectos son especialmente notables durante los periodos de sequía, debido a que el muérdago penetra en el xilema, absorbiendo agua y minerales, y agravando el estrés hídrico. Además, el debilitamiento causado en los hospedantes facilita la penetración de otros agentes patógenos (SANGÜESA-BARREDA *et al.*, 2018).

Bajo el escenario del cambio global, la tendencia hacia condiciones más cálidas puede favorecer la expansión del muérdago en zonas húmedas y frías, ampliando su área de distribución ascendente en altitud. El muérdago es muy sensible a las bajas temperaturas invernales, lo que determina sus límites de distribución más septentrionales. Sin embargo, su distribución no solo está limitada por el clima, sino también por la presencia de aves dispersoras de semillas que actúan como vectores (SANGÜESA-BARREDA *et al.*, 2018).

El objetivo general del estudio es evaluar la presencia del muérdago, *Viscum album* subsp. *austriacum*, en los principales hospedadores (*Pinus sylvestris* L., *Pinus pinaster* Ait., *Pinus nigra* Arn. y *Pinus halepensis* L.) en España, acotando el estudio al ámbito peninsular. En particular se analizará i) el grado de afección de *Viscum album* subsp. *austriacum* en los hospedadores citados anteriormente, ii) la evolución del grado de infección en el periodo comprendido entre 2005 y 2020 y, adicionalmente, iii) la relación entre la presencia de infección y la altitud media de las parcelas infectadas.

Material y métodos

Para este estudio se han utilizado los datos presentes en la red armonizada (más información de la armonización puede encontrarse en ADAME *et al.*, 2022b) que integran las tres redes de daños presentes en España en el periodo 2005-2020 (tabla 1) para el agente *V. album* subsp. *austriacum*. La red de ICP-Forests (https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/redes-europeas-seguimiento-bosques/red_nivel_1_danos.aspx) está formada por 620 parcelas de muestreo instalados en nodos de una malla sistemática de 16x16 km en las que se han evaluado 14.880 pies; la RA contempla 2.503 parcelas en una malla de 4x4 km y 62.575 pies; mientras que RPN se limita a los parques nacionales forestales, con 234 parcelas y 6.076 pies. Esto da lugar a una red armonizada de 3.357 parcelas y 83.531 pies. En la imagen 1 se ha representado la localización de las parcelas de las tres redes de seguimiento de los daños en los bosques con presencia de hospedadores y afectadas por *V. album* subsp. *austriacum*. El estudio considera redes de cobertura nacional que, en su conjunto, no es sistemática, y, como consecuencia, existen territorios representados de forma irregular.

es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/redes-europeas-seguimiento-bosques/red_nivel_1_danos.aspx) está formada por 620 parcelas de muestreo instalados en nodos de una malla sistemática de 16x16 km en las que se han evaluado 14.880 pies; la RA contempla 2.503 parcelas en una malla de 4x4 km y 62.575 pies; mientras que RPN se limita a los parques nacionales forestales, con 234 parcelas y 6.076 pies. Esto da lugar a una red armonizada de 3.357 parcelas y 83.531 pies. En la imagen 1 se ha representado la localización de las parcelas de las tres redes de seguimiento de los daños en los bosques con presencia de hospedadores y afectadas por *V. album* subsp. *austriacum*. El estudio considera redes de cobertura nacional que, en su conjunto, no es sistemática, y, como consecuencia, existen territorios representados de forma irregular.

Tabla 1. Número de parcelas y número de árboles evaluados en las redes de daños ICP-Forests

Tipo de Red	Con presencia de hospedadores		Afectadas por <i>V. album</i>	
	N.º parcelas	N.º pies	N.º parcelas	N.º pies
ICP-Forests	292	9.350	52	572
RA	1.189	26.549	182	1.771
RPN	71	1.928	8	77
TOTAL	1.552	38.639	242	2.420

Número de parcelas y número de árboles evaluados en la red de daños ICP-Forest, la red de las CCAA (RA) y la de parques nacionales (RPN), en el periodo 2005-2020, con presencia de hospedadores y afectadas por *V. album* subsp. *austriacum*

Para la realización de este estudio hemos considerado: la distribución de estas parcelas por regiones bioclimáticas (alpina (ALP), atlántica (ATL) y medi-

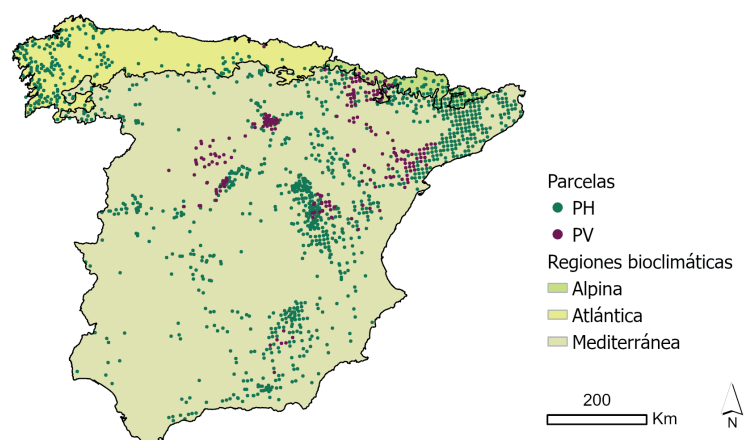


Imagen 1. Distribución en los bosques peninsulares, en el periodo 2005 – 2020, de las parcelas con presencia de hospedadores (PH) y de las parcelas afectadas por *V. album austriacum* (PV)

terránea (MED)); el tipo de masa (masas puras de coníferas (> 90 % de los pies) y masas mixtas de conífera-frondosa); y la especie hospedante (*Pinus sylvestris* (Ps), *Pinus pinaster* (Pp), *Pinus nigra* (Pn) y *Pinus halepensis* (Ph)) (tabla 2).

Tabla 2. Parcelas con presencia de hospedadores (PH) y parcelas afectadas por muérdago (PV)

Clasificación	Número de parcelas	
Región bioclimática	PH	PV
Alpina	90	18
Atlántica	212	1
Mediterránea	1.250	223
Tipo de masa		
Conífera	1.236	200
Conífera-Frondosa	340	45
Especie hospedante		
<i>P. halepensis</i>	408	65
<i>P. nigra</i>	409	26
<i>P. pinaster</i>	485	33
<i>P. sylvestris</i>	527	126

Número de parcelas con presencia de hospedadores de *V. album* subsp. *austriacum* (PH) y afectadas por el muérdago (PV) según región bioclimática, tipo de masa (C: puras de coníferas; CF: mixta de conífera-frondosa) y especie hospedante (*P. halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster* y *P. sylvestris*), evaluadas en el periodo 2005-2020

Para evaluar el grado de afección (GA) se estimó la proporción del número de pies afectados (NV) frente al total de los cuatro posibles hospedadores (NH) a nivel de parcela, expresada en porcentaje:

GA (%) = $\frac{NV}{NH}$

Se analizó el efecto de los siguientes factores: región bioclimática, tipo de masa y especie hospedadora en el grado de afección y su evolución en el tiempo para las parcelas con presencia de *V. album* subsp. *austriacum*.

Otra variable de interés es la ocurrencia de afección (OC), que se calcula como la proporción de parcelas afectadas (PV) frente al total (PH), expresada en porcentaje. La ocurrencia de afección y su evolución



Pinus pinaster afectado por *Viscum album* subsp. *austriacum* en Quintanilla del Onésimo (Valladolid, septiembre 2023)

en el tiempo se analizó en función de la región bioclimática, el tipo de masa y la especie hospedadora. Por último, se ha estudiado la variación de la altitud y su evolución en el tiempo en función de la región bioclimática, el tipo de masa y la especie hospedadora, teniendo en cuenta para este análisis únicamente las parcelas correspondientes a la red ICP-Forests, por ser las que presentan una representación homogénea y constante espacio temporal.

Resultados

La media del grado de afección (GA) se sitúa en 37,9 %, mostrando una tendencia creciente con un incremento anual medio de 0,6 % en el periodo de estudio (2005-2020). La media de la ocurrencia (OC) se encuentra en 14,2 %, mostrando una tendencia

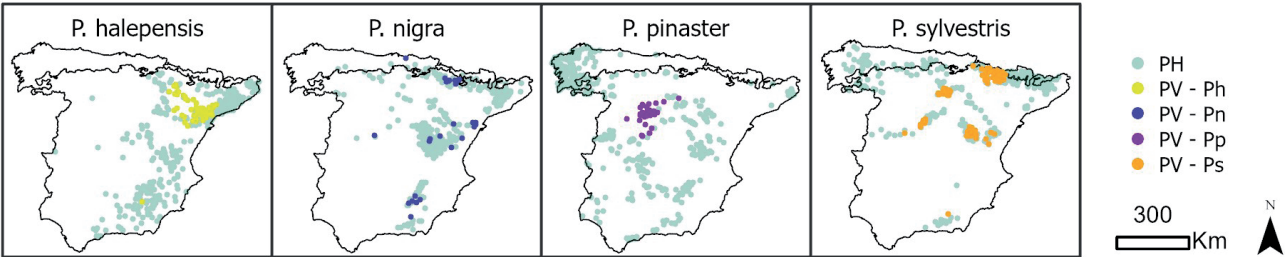


Imagen 2. Distribución de parcelas con presencia de hospedadores (PH) y afectadas por *V. album* subsp. *austriacum* (PV) para cada especie hospedante (Ph: *P. halepensis*; Pn: *P. nigra*; Pp: *P. pinaster*; Ps: *P. sylvestris*) en el periodo de 2005 a 2020

igualmente creciente con un incremento anual medio de 0,6 % (imagen 3).

Analizados los efectos por región bioclimática, los resultados muestran similar grado de afectación tanto en la región mediterránea (38,5 %) como en la alpina (31,2 %); así como de OC, con un 17,5 % y 16,7 % respectivamente. Sin embargo, la región alpina presenta un incremento anual medio de la OC superior (tabla 3, imagen 3.a). En la región atlántica se ha registrado por primera vez en 2019 una parcela de *P. nigra* afectada por muérdago con un grado de afectación de 12,5 %.

El análisis por tipo de masa refleja valores similares, tanto de grado de afectación como de ocurrencia, en las masas puras de coníferas (37,2 % de grado de afectación y 15 % de ocurrencia) y en las masas mixtas conífera-frondosa (41,4 % grado de afectación y 12,6 % de ocurrencia) (tabla 3, imagen 3.b).

La evolución interanual en cada especie hospedadora muestra cómo *P. pinaster* es la especie con

mayor grado de afectación (61,1 %) con un incremento anual medio de 1,3 %. Sin embargo, presenta un 6,9 % de ocurrencia sin prácticamente variación interanual.

También *P. halepensis*, con un GA medio de 34,7 %, y *P. sylvestris*, con un grado medio de afectación de 33,2 %, presentan una tendencia creciente con un incremento medio anual del 0,5 % y 0,9 % respectivamente. La ocurrencia se ve más marcada, presentando *P. sylvestris* una ocurrencia del 23,2 % con un incremento anual medio del 1,0 % y *P. halepensis* una ocurrencia del 15 % con un incremento anual medio del 0,7 %, al contrario de lo que sucede con *P. pinaster*, que presenta una ocurrencia del 6,9 % y un incremento medio anual del 0,1 %.

P. nigra se mantiene en valores similares de afectación durante todo el periodo de estudio, con un incremento medio anual del grado de afectación del 0,02 % (tabla 3, imagen 3.c).

Finalmente, se analizó la variación de la altitud

media de las parcelas con presencia de muérdago. Los resultados muestran el aumento de la altitud media durante todo el periodo de estudio, con un incremento anual medio del 4,5 %. En 2005, la altitud media de las parcelas infectadas se situaba en 883 metros, con una ocurrencia del 12,5 %; y en 2020, la altitud media ha ascendido a 927 metros, con una ocurrencia de 17,7 %. Este ascenso altitudinal de las infecciones por muérdago se debe principalmente a las infecciones en *P. sylvestris* (tabla 4, imagen 4).

Discusión y conclusiones

La evaluación del nivel de afectación *Viscum album* subsp. *austriacum* a través de la información disponible en las redes de daños muestra que *P. pinaster* es la especie con mayor proporción de pies infectados, causando también afectaciones importantes en *P. sylvestris*, *P. halepensis* y, en menor medida, en *P. nigra*.

Hay evidencia del aumento del daño a lo largo del periodo de

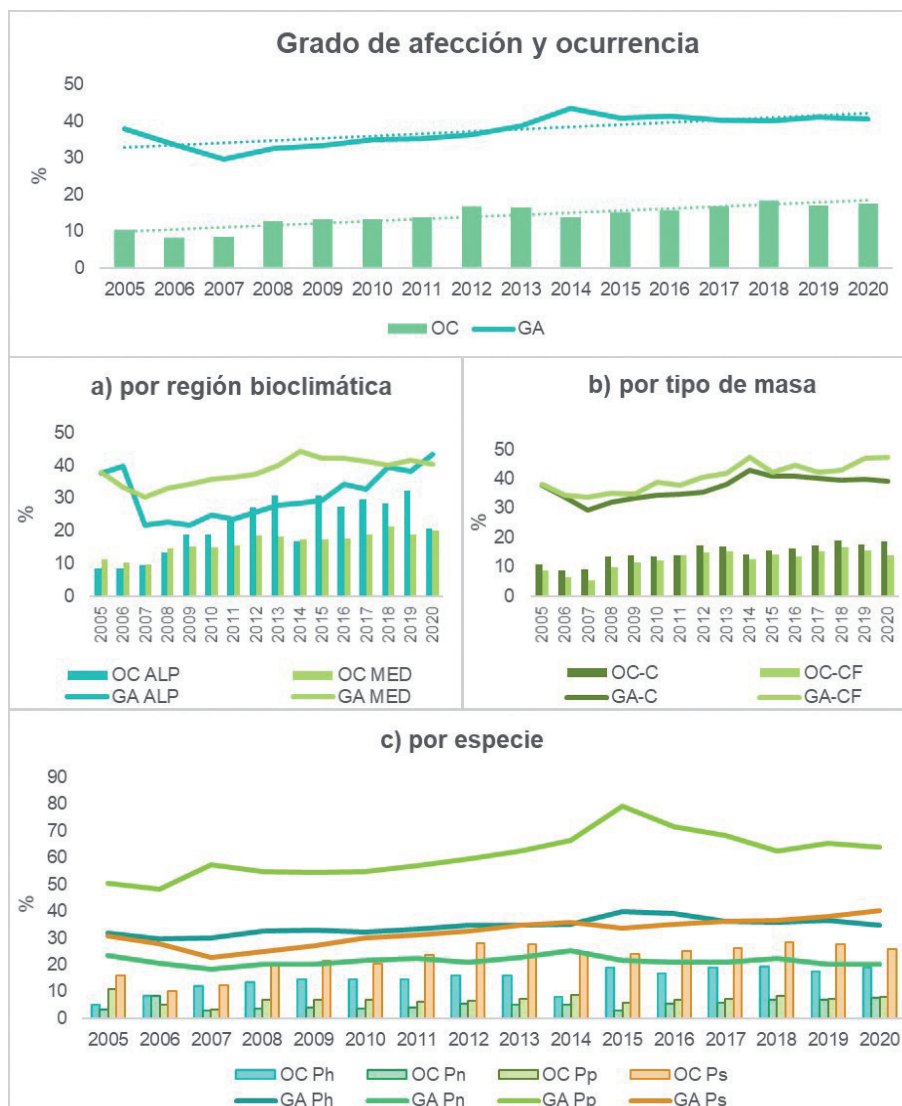


Imagen 3. Evolución del grado de afectación del muérdago (GA) en el periodo 2005-2020 y su ocurrencia (OC) sobre los principales hospedadores de masas españolas de pinares

Tabla 3. Grado de afección, ocurrencia e incremento medio anual de las parcelas afectadas por muérdago

Clasificación				
Región bioclimática	GA (%)	IMA GA (%)	OC (%)	IMA OC (%)
Alpina	31,2	0,7	17,5	1,4
Mediterránea	38,5	0,6	16,7	0,7
Tipo de masa				
Conífera	37,2	0,6	15,0	0,6
Conífera-Frondosa	41,4	0,9	12,6	0,6
Especie hospedante				
<i>P. halepensis</i>	34,7	0,5	15,0	0,7
<i>P. nigra</i>	21,2	0,0	4,9	0,2
<i>P. pinaster</i>	61,1	1,3	6,9	0,1
<i>P. sylvestris</i>	33,2	0,9	23,2	1,0

Grado de afección (GA), ocurrencia (OC) e incremento medio anual (IMA) de las parcelas afectadas por muérdago en el periodo 2005-2020

estudio con incremento anual medio del grado de afección del 0,6 % y un 0,6 % también en la ocurrencia.

Además, se ha detectado una expansión ascendente en altitud, posiblemente ligada a la aparición de condiciones favorables para *Viscum album* como consecuencia del incremento de temperaturas observado (SANGÜESA-BARREDA et al. 2018).

El aumento de probabilidad de sufrir episodios de sequía prolongada, debido al cambio climático, supone un elevado riesgo de aparición de daños severos en las masas forestales afectadas por *Viscum album*, por lo que es de vital importancia el mantenimiento de redes de seguimiento de daños, como las que se analizan en este estudio, y la generación de información necesaria para la gestión forestal a partir de los datos que nos proporcionan.

Una de las dificultades de la armonización de las distintas bases de datos radica en el diseño de cada una de las diferentes redes de daños en función de sus propias necesidades, lo que da como resultado



Viscum album subsp. *austriacum* sobre *Pinus pinaster* en Quintanilla del Onésimo (Valladolid, 2023)

una sobrerrepresentación de unas especies o estructuras de masa frente a otras que no siempre se asemejan a la realidad del territorio. La no existencia de redes en algunas CCAA hace que algunas formaciones forestales no estén bien representadas.

En nuestro estudio no se aprecia diferencia significativa entre el grado de afección por tipo de masa, como sí ocurre en otros estudios en los que se analiza la relación entre la diversidad arbórea y la resistencia asociativa del rodal. El estudio publicado por HALDER et al. (2019) obtuvo como resultados menor afectación en las parcelas mixtas frente a las monoespecíficas y concluye que los efectos en la diversidad, densidad y especies acompañantes del rodal pueden ser múltiples. En nuestros resultados también se observa cierta tendencia de prevalencia de afectación a la especie dominante de la masa.

En los últimos años se ha puesto en evidencia un incremento de las temperaturas medias a lo largo de toda la península. Se ha estudiado el desplazamiento de algunas plagas como la procesionaria en Sierra

Tabla 4. Altitud media de las parcelas con presencia de hospedadores y de muérdago

Hospedador	Altitud (m) - PH				Altitud (m) - PV			
	Media	IMA	2005	2020	Media	IMA	2005	2020
<i>P. halepensis</i>	667	-0,4	672	666	424	0,9	419	436
<i>P. nigra</i>	1.003	-1,0	1.002	1.002	1.269	-13,4	1.425	1.153
<i>P. pinaster</i>	699	1,2	697	712	858	0,0	858	859
<i>P. sylvestris</i>	1.232	1,5	1.223	1.242	1.230	8,0	1.186	1.284
TOTAL	865	0,6	864	871	900	4,5	883	927

Altitud media de las parcelas de la red ICP-Forests con presencia de hospedadores (PH) y con presencia de muérdago (PV), así como su incremento medio anual (IMA, en %) para cada hospedador

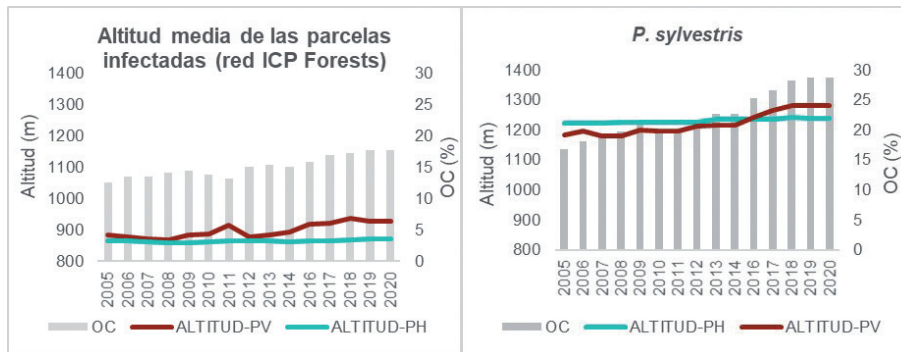


Imagen 4. Variación de la altitud media de las parcelas de la red ICP-Forests con presencia de muérdago. OC: ocurrencia; ALTITUD-PH: altitud media de todas las parcelas con presencia de hospedadores; ALTITUD-PV: altitud media de las parcelas con presencia de muérdago

Nevada (PÉREZ-LUQUE *et al.*, 2016). Nuestros resultados muestran que la ocurrencia y el grado de afección para el muérdago se ha extendido a parcelas situadas a mayor altitud, en las que no estaba presente en el inicio del estudio.

MELLADO y ZAMORA (2017) indican que estas plantas parásitas pueden actuar en la estructura, composición y productividad de los ecosistemas, modificando el equilibrio competitivo entre especies hospedadoras y no hospedadoras. Esta capacidad estructurante de las plantas parásitas en ecosistemas forestales puede ser no detectable debido a la larga vida del sistema forestal arbolado, por ello es preciso su estudio en largos periodos, poniendo en valor la importancia del mantenimiento de redes como las que se han descrito en este trabajo.

Finalmente, hay que destacar la importancia del mantenimiento de las redes de daños de los bos-

ques a nivel nacional, así como que la metodología de este estudio es transferible a otros trabajos relacionados con otros agentes que afecten al estado sanitario de los bosques.

Agradecimientos

Agradecer al Organismo Autónomo de Parques Nacionales y a las comunidades autónomas (Andalucía, Aragón, Cantabria, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Comunidad Foral de Navarra, Comunidad de Madrid, Extremadura, Galicia e Islas Baleares) la cesión de los datos, sin los cuales no hubiera sido posible este estudio. Cabe señalar que las Islas Baleares no se han incluido en el estudio al no haber presencia de muérdago.

Este trabajo se ha financiado por el proyecto MI-TECO2023-AF. 20234TE004 de la Subdirección General de Política Forestal y Lucha contra la Desertificación, Bases científicas de la información forestal según Inventario Forestal Nacional y PID2019-110273RB-I00, financiados por el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Investigación 2017-2020. Sira Suárez Herrera es beneficiaria de un contrato del Plan de recuperación, transformación y resiliencia, del Programa Investigación de la Comunidad de Madrid; referencia 13-2022-005787. 🌳

Bibliografía

- ADAME, P.; ALBERDI, I.; CAÑELLAS, I.; HERNÁNDEZ, L.; AGUIRRE, A.; RUANO, A.; MORENO-FERNÁNDEZ, D.; GONZÁLEZ, A. I.; TORRES, B.; 2022a. Drivers and spread of non-native pests in forests: The case of *Gonipterus platensis* in Spanish *Eucalyptus* plantations. *Forest Ecology and Management* 510:120104.
- ADAME, P.; ALONSO, L.; CAÑELLAS, I.; HERNÁNDEZ, L.; PASALODOS-TATO, M.; ROBLA, E.; ALBERDI, I.; 2022b. Hacia un seguimiento más completo y armonizado de los daños en los bosques: Aplicación a la defoliación arbórea en España. *Ecosistemas* 31(3):2387.
- GONZÁLEZ, A. I.; TORRES, B.; 2020. Las redes de seguimiento de daños en España en el marco del programa ICP-Forest. 142:27-33.
- HALDER, I. V.; CASTAGNEYROL, B.; ORDÓÑEZ, C.; BRAVO, F.; RÍO, M. D.; 2019. Tree diversity reduces pine infestation by mistletoe. *Forest Ecology and Management* 449:117470.
- LÓPEZ-SAÉZ, J.; BREMOND, S. D.; 1992. *Viscum album* L. y sus hospedadores en la Península Ibérica. *Sanidad Vegetal, Plagas* 18:817-825.
- MELLADO, A.; ZAMORA, R.; 2017. Parasites structuring ecological communities: the mistletoe footprint in Mediterranean pine forests. *Functional Ecology* 31:2167-2176.
- MORENO-FERNÁNDEZ, D.; ZABALA, M.; MADRIGAL-GONZÁLEZ, J.; SEIJO, F.; 2021. Resilience as a moving target: An evaluation of last century management strategies in a dry-edge maritime pine ecosystem. *Forests* 12, 9.
- MUÑOZ, C.; PÉREZ, V.; COBOS, P.; HERNÁNDEZ, R.; SÁNCHEZ, G.; 2011. *Sanidad forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. 2ª Ed. Ediciones Paraninfo S.A. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- PÉREZ-LUQUE, A. J.; BONET, F. J.; ZAMORA, R.; BAREA-AZCÓN, J. M.; ASPIZUA, R.; SÁNCHEZ-GUTIÉRREZ, F. J.; 2016. Señales del cambio global en el sitio LTER-Sierra Nevada. *Ecosistemas* 25(1):65-71.
- SANGÜESA-BARRERA, G.; JULIO CAMARERO, J. J.; PIRONON, S.; GAZOL, A.; PEGUERO-PINA, J. J.; GIL-PELEGRÍN, E.; 2018. Delineating limits: Confronting predicted climatic suitability to field performance in mistletoe populations. *Journal of Ecology* 106:2218-2229.
- SCHLHAAS, M. J.; NABUURS, G. J.; SCHUCK, A.; 2023. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology* 9,1620-1633.