

Nota técnica

Selvicultura adaptativa en los bosques mediterráneos de *Pinus halepensis*

Adaptative silviculture of Mediterranean *Pinus halepensis* forests

Díaz-Montero, A.^{1*}; Vázquez-Camaño, M.¹; Riesco-Amurrio, M.I.¹;
Fajardo-Cantos, Á.¹; Peña-Molina, E.¹; Cano, M.C.¹; Moya, D.¹;
De Las Heras, J.¹; Martín, S.²; Tomé Morán, J.L.²; E. Jordán Gonzalez, E.³;
Ameztegui, A.⁴; Torné-Solà, G.⁴; del Campo, A.⁵; Blanco-Cano, L.⁵

¹ Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes
y Biotecnología, Albacete, España,

² Agresta Sociedad cooperativa, España,

³ Ingeniería del Entono Natural, España,

⁴ Universidad de Lleida, España,

⁵ Universidad Politécnica de Valencia, España.

* Autor de correspondencia: asuncion.diaz@uclm.es

Resumen

En los últimos años la gestión forestal está evolucionando para hacer frente a las consecuencias futuras y actuales del cambio climático. Para prepararse mejor se están ejecutando diferentes proyectos como el LIFE ADAPT-ALEPPO que tiene como objetivo el desarrollo de herramientas de adaptación de los bosques de pino carrasco frente al cambio climático.

Esta nota se centra en la gestión adaptativa post-incendio para mejorar la resiliencia de bosques incendiados hace 20 o 30 años. Los tratamientos consisten en una reducción aproximada al 95% de la densidad en rodales situados en Castilla-La Mancha, Comunidad Valenciana, Cataluña y Aragón, siguiendo un gradiente climático. Se medirán parámetros de calidad del suelo, biodiversidad, crecimiento y producción de semillas y viabilidad.

Los futuros resultados se quieren transmitir al mundo de la investigación y de la gestión forestal en todas las escalas para mejorar las herramientas frente al cambio climático en bosques ibéricos de pino carrasco y otros ecosistemas con similitudes.

Palabras claves: cambio climático, diversidad, gestión post-incendio, pino carrasco.

Abstract

Nowadays, forest management has been evolving to face the current and future consequences of climate change. To better prepare, various projects are being implemented, such as LIFE ADAPT-ALEPPO, which aims to develop adaptation tools for Aleppo pine forests in the face of climate change.

This article focuses on post-fire adaptive management to improve the resilience of forests that were burned 20 or 30 years ago. The treatments involve reducing approximately 95% of the density in plots located in Castilla-La Mancha, Valencia, Catalonia, and Aragón, following a climatic gradient. Parameters such as soil quality, biodiversity, growth, seed production and seed viability will be measured.

The future results aim to be shared with the research and forest management communities at all levels to enhance tools for dealing with climate change in Iberian Aleppo pine forests and other similar ecosystems.

Keywords: Aleppo pine, climate change, diversity, post-fire management.

1. Introducción

El cambio climático es uno de los grandes desafíos para la silvicultura en las próximas décadas, actualmente ya se están viendo cambios en las condiciones de crecimiento de las plantas (Resco De Dios *et al.*, 2007). En el ámbito de la gestión forestal adaptativa nos queda mucho por investigar, existen grandes desfases entre la ejecución de las medidas y la madurez de los árboles y cierta incertidumbre sobre las futuras condiciones climáticas (Sousa-Silva *et al.*, 2018). Concretamente, los bosques de la cuenca Mediterránea, y entre ellos los pinares ibéricos de pino carrasco, han sufrido un aumento en el número de grandes perturbaciones, especialmente de incendios forestales (Pausas *et al.*, 2008).

Como respuesta a estos cambios en los bosques de pino carrasco, salió adelante el proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO. Este proyecto tiene como objetivo principal el desarrollo de nuevas herramientas para la adaptación de estos bosques (subtipo 42.841 del Hábitat 9540 de la Directiva Hábitats, Anexo I) al cambio climático, así como su aplicación demostrativa. Estas herramientas se centran en la detección temprana de decaimiento y en la mejora de la resiliencia para mejorar la capacidad de adaptación a la aridificación climática y la capacidad de recuperar sus funciones tras las perturbaciones naturales.

1.1. Acciones del proyecto

De forma inicial se hace un mapeo de la idoneidad del hábitat y desarrollo de herramientas para el seguimiento del decaimiento del pino carrasco. Consiste en poner a disposición pública una herramienta de visualización y seguimiento del estado de los pinares. Esta herramienta se puede encontrar ya operativa en la página web: <https://lifeadaptaleppo.agrestaweb.org/> Después se realizan acciones de implementación demostrativa en rodales con diferentes tratamientos selvícolas en bosques donde domina el pino carrasco (*Tab 1*). Estos tratamientos dependen del obje-

Tabla 1. Rodales demostrativos de las acciones según la región.

Región	Murcia-Albacete	ValenciaCastellón-Barcelona-Lleida	Teruel Zaragoza	Total
Características bioclimáticas	Mediterráneo árido y subárido	Mediterráneo costero	Mediterráneo continentalizado de veranos cálidos	
C2- Migración asistida en reforestación	5	5	2	12
C3- Silvicultura ecológica	3	3	3	9
C4- Diversificación estructural y florística	5	3	4	12
C5- gestión regenerado postincendio	1	6	1	8
Total	14	17	10	41

tivo que tengamos que cumplir. Hay 4 tipos de acciones diferentes: migración asistida, ecohidrología, mejora de la diversidad y gestión post-incendio.

La migración asistida consiste en la translocación intencionada de especies, subespecies o poblaciones de una misma especie fuera de su distribución natural, como una respuesta de gestión frente al cambio climático (Hewitt *et al.*, 2011; Vitt *et al.*, 2010). El objetivo de la acción es hacer una restauración forestal usando la migración asistida de 20 procedencias regionales de *Pinus halepensis* (por ejemplo, Alta Cataluña, Ibérico Aragonés, Levante Interior, etc.) en terrenos con alta degradación dentro de la distribución natural de la especie. Se utilizarán individuos de diferentes procedencias regionales y otras especies arbóreas acompañantes para fomentar la diversidad genotípica, observando cuál es su adaptación a lo largo de su distribución en la península Ibérica.

La silvicultura ecohidrológica se basa en el estudio del ciclo del agua usando diferentes tratamientos selvícolas para aumentar la disposición de agua azul o agua verde, dependiendo del objetivo del tratamiento y la zona de estudio (del Campo *et al.*, 2014; Fernandes *et al.*, 2016). Los tratamientos consisten en reducir la densidad de las masas para optimizar la disponibilidad hídrica de los árboles (agua verde) o aumentar la cantidad de agua que llega a los acuíferos o a los cursos de agua (agua azul).

Las masas de pino carrasco presentan altas densidades, especialmente los rodales monoespecíficos con poca diversidad estructural y florística (Hernandez-Tecles *et al.*, 2015). La diversificación tiene como objetivo el incremento sustancial de la diversidad estructural del monte y de la diversidad de especies, tanto a nivel de rodal como a escala de monte/paisaje, con el fin de potenciar los atributos que aseguren la persistencia a medio y largo plazo del ecosistema forestal natural (Sánchez-Pinillos *et al.*, 2016).

El pino carrasco es una especie con serotinia, una adaptación frente a los incendios (Barbero *et al.*, 1998). Las piñas serótinas al someterse a altas temperaturas se abren y germinan muy fácilmente en suelos incendiados. Con tal germinación, las densidades post-incendio pueden ser mayores de 100000 pies ha⁻¹ al cabo de unos pocos años. La regeneración post-incendio tiene problemas por competencia intraespecífica, que disminuye el crecimiento óptimo del pino carrasco y la producción de piñas (De Las Heras *et al.*, 2002; Moya, *et al.*, 2008a). Este monte al ser tan denso y tener una gran continuidad de combustible, hay un mayor riesgo de incendio. La gestión post-incendio tiene como objetivo principal la ejecución de tratamientos selvícolas innovadores en bosques de pino carrasco afectados por grandes incendios forestales para la mejora de su resiliencia frente a nuevas perturbaciones como su capacidad adaptativa frente al cambio climático. Un tratamiento selvícola a tiempo en rodales de alta densidad de pino puede reducir los costes de la gestión del incendio posteriori (Moya *et al.*, 2008).

Concretamente esta nota técnica se centra en el desarrollo de la Implementación demostrativa de técnicas de gestión adaptativa de la regeneración post-incendio del pino carrasco, coordinada por el grupo ECOFOR de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes y Biotecnología (ETSIAMB) que pertenece a la Universidad de Castilla-La Mancha. Se lleva a cabo en rodales de Castilla-La

Mancha, Comunidad Valenciana, Aragón y Cataluña (*Tabla 2*), siguiendo el gradiente de la distribución del pino carrasco. Nuestra hipótesis es que en las zonas con tratamiento mejorará la resiliencia del ecosistema frente a nuevas perturbaciones al reducir la competencia intraespecífica del pino carrasco.

Tabla 2. Información relevantes sobre todos los rodales demostrativos

Nombre Rodal	Monte	Municipio	Provincia	CCAA	Tipo	Responsable	Superficie
C5_Almansa	MUP AB70 Pinar de Almansa	Almansa	Albacete	Castilla-La Mancha	C5	UCLM	2,09
C5_Andilla_A	CUP V109 Peña Parda	Andilla	Valencia	Comunidad Valenciana	C5	AGRESTA	2,64
C5_Andilla_B	CUP V109 Peña Parda	Andilla	Valencia	Comunidad Valenciana	C5	AGRESTA	2
C5_Can_Tobella	Propiedad Can Tobella	Esparreguera	Barcelona	Catalunya	C5	UDL	11,5
C5_Font_Rubi_A	MUP Z0297 Dehesa Alta, Sierra, Lid y otros	Castiliscar	Zaragoza	Aragón	C5	AGRESTA	4,89
C5_Font_Rubi_B							
C5_Jérica	Propiedad Cal Vila (Joan Queralt)	Font-Rubí	Barcelona	Catalunya	C5	UDL	4,57
	Propiedad Cal Vila (Joan Queralt)	Font-Rubí	Barcelona	Catalunya	C5	UDL	4,66
	CS3021 La Muela, Roquetillo, Feliciano	Jerica	Castellón	Comunidad Valenciana	C5	AGRESTA	2

2. Metodología de la gestión adaptativa de la regeneración post-incendio

2.1. Tratamientos post-incendio y áreas de estudio

Los tratamientos post-incendio buscan la reducción de competencia intraespecífica e interespecífica (si la hubiera) favoreciendo la diversificación de las masas desde estadios tempranos de desarrollo. Consisten en clareos de al menos del 90% de la densidad de pies. Estos tratamientos se harán lo más uniforme posibles, ya sea manualmente o con maquinaria automatizada. Cada tratamiento depende de la administración o propietario del monte y de los medios físicos y de personal que se dispongan, al mismo tiempo depende de la pendiente y del tipo de suelo, por lo que cada tratamiento se adapta a las condiciones y medios particulares de cada caso.

Se hay dos tipos de tratamiento según su densidad final para diferenciar entre una densidad más baja y otra más alta:

Tipo 1: Densidad final entre 1200 – 900 pies ha⁻¹. Se trata de una densidad más reducida, que tendría una menor competencia intraespecífica.

Tipo 2: Densidad final entre 3000 – 1300 pies ha⁻¹. Se trata de un tratamiento con una densidad más grande y competencia intraespecífica mayor.

Las áreas de estudio son zonas de alta densidad de regeneración post-incendio de pino carrasco. Son 8 rodales (un total de 34,5 ha) repartidos por el mediterráneo subárido, mediterráneo costero y mediterráneo continentalizado con veranos cálidos (*Tab. 2* y *Fig. 1*). Cada rodal ejecutado, tiene un rodal control (sin tratar) que sirve para comparar los efectos de los tratamientos.



Figura 1. Localización de las áreas de estudio de los rodales post-incendio.

Almansa

Rodal situado en el término municipal de Almansa (Albacete) a 760 m s.n.m, en el Monte de Utilidad Pública 70 "Pinar de Almansa". Tiene un clima mediterráneo, tipo semiárido, con precipitaciones de 400 mm al año y temperaturas medias de 14,1OC (MAPAMA). La estructura de la formación vegetal es un monte bravo de

regeneración quemado en el año 2 000, con una alta regeneración post-incendio 70 000 pies ha⁻¹. El tratamiento que se ejecuta es un clareo intenso de la masa arbórea y un desbroce del sotobosque. La densidad final media pretende llegar a los 1200 pies ha⁻¹, una reducción de la densidad alta.

Font Rubi A – B

Son 2 rodales situados en el término municipal de Font Rubi (Barcelona) a 568 m s.n.m, en un monte privado de gestión pública. Presenta un clima mediterráneo costero, tipo húmedo, con precipitaciones de 750 mm y temperaturas medias de 14 oC (MAPAMA). Es una masa de alta regeneración post-incendio, A 40 000 – B 25 000 pies ha⁻¹, de hace más de 30 años, sin gestión forestal desde el incendio.

- o En Font Rubi A, el tratamiento a aplicar es un clareo intenso, hasta reducir la densidad a unos 1200 pies ha⁻¹. El tratamiento se ha aplicado de manera semi-sistemática, si bien se procuró dejar en pie árboles de buena conformación y sin daños aparentes, y con un espaciamiento final lo más homogéneo posible. Los pies remanentes se han podado y todo el tratamiento se ha realizado con motosierra.
- o En Fon Rubi B, el tratamiento se ha aplicado de manera semi-sistemática, dejando 1000 pies ha⁻¹ y procurando dejar en pie árboles de buena conformación y sin daños aparentes, y con un espaciamiento final lo más homogéneo posible. Los pies remanentes se han podado y todo el tratamiento se ha realizado con motosierra.

Can Tobella

Rodal situado en el término municipal de Esparreguera (Barcelona) a 162.9 m s.n.m, en un monte privado de gestión pública. Presenta un clima mediterráneo costero húmedo, con 700 mm de precipitación anual y temperaturas medias de 14,5 oC (MAPAMA). Es una masa de alta regeneración post-incendio, 20 000 pies ha⁻¹, de hace 30-35 años, sin intervenciones desde el incendio. El tratamiento por aplicar es un clareo intenso, hasta reducir la densidad a unos 1500 pies ha⁻¹. El tratamiento se ha aplicado de manera semi-sistemática, dejando en pie árboles de buena conformación y sin daños aparentes, y con un espaciamiento final lo más homogéneo posible. Los pies remanentes se han podado y todo el tratamiento se ha realizado con motosierra.

Andilla I – II

Son 2 rodales situados en el término municipal de Andilla (Valencia), a 700 m s.n.m en el CUP V109 “Peña Parda”. El clima es mediterráneo seco con precipitaciones de 500 mm y temperaturas medias de 14 oC (MAPAMA). Masa de *P. halepensis* quemada con abundante regeneración natural postincendio, 100 000 pies ha⁻¹, sin intervenir desde el momento del incendio en 2012.

- o En Andilla I, el tratamiento a aplicar es un clareo intenso junto a un desbroce selectivo y una poda o realce de los árboles remanentes (pinos y especies acompañantes). La densidad final promedio está en torno a los 900 pies ha⁻¹, por lo que se considera una reducción de densidad alta tipo 1.
- o En Andilla II, el tratamiento a aplicar es un clareo intenso junto a un desbroce selectivo y una poda o realce de los árboles remanentes (pinos y especies acompañantes). La densidad final promedio está en torno a los 1300 pies ha⁻¹, por lo que se considera una reducción de densidad tipo 2.

Jérica

Rodal situado en el término municipal de Jérica (Castellón) a 700 m s.n.m, en el Monte CS3021 “La Muela, Roquetilla, Feliciano”. El clima es mediterráneo costero con precipitaciones de 500 mm y temperaturas medias de 14 oC (MAPAMA). Es un monte bravo quemado en un incendio de 2012 con abundante regeneración natural post-incendio, 100 000 pies ha⁻¹. El tratamiento aplicado es un clareo intenso junto a un desbroce selectivo y una poda o realce de los árboles remanentes (pinos y especies acompañantes). La densidad final promedio está en torno a los 900 pies ha⁻¹, por lo que se considera una reducción de densidad alta.

Castiliscar 1 -2

Son 2 rodales situados en el término municipal de Castiliscar (Zaragoza), a 700 m s.n.m. en el MUP 297 “Dehesa Alta, Sierra, Lid y Otros”. Presenta un clima mediterráneo continentalizado con precipitaciones anuales del 500 mm y temperaturas medias de 12 oC (MAPAMA). Se trata de una masa monoespecífica de pino carrasco procedente de regeneración natural post incendio del año 1994, con elevada densidad sin tratar, 40 000 pies ha⁻¹.

- o En **Castiliscar 1**: se hizo un clareo y poda con motosierra y motodesbrozadora, sin trituración de restos. Los restos se mantienen en el suelo controlando la respuesta del estrato arbustivo. La densidad final es de 1700 pies ha⁻¹, siendo una reducción de densidad alta.
- o En **Castiliscar 2**: se realizó por calles con tractor y desbrozadora, posterior clareo y poda con motosierra y motodesbrozadora en el espacio entre calles. La densidad final es 3000 pies ha⁻¹ en el total del rodal, siendo una reducción de densidad más baja.

2.2. Muestreos de campo

Se realizará un programa de seguimiento anual que durará hasta el fin del proyecto. Se instalan 3 parcelas de seguimiento de 10x10 metros en cada rodal (control y tratamiento) marcado los pies con spray. Se muestrearán las zonas gestionadas

(tanto los rodales con tratamiento tipo 1 y 2) y las zonas no gestionadas (rodales control) para observar los efectos de los clareos en el bosque mediterráneo.

2.2.1. *Cronograma de mediciones*

Se realizan varias mediciones durante el proyecto, pretratamiento, postratamiento y mediciones anuales que dependen de la ejecución de los trabajos:

- Una medición pretratamiento para ver cuál es el estado inicial de la masa, caracterización de la zona. Si es posible la caracterización se realizarán en primavera-verano para poder determinar mejor la flora de la zona.
- Una medición postratamiento para ver cuál es el estado de la masa justo después de la ejecución de los tratamientos selvícolas.
- Una o dos mediciones anuales, una vez ya realizado el tratamiento se hará una medida anual, si es posible durante la primavera o principios de verano para ver mejor las especies florísticas. Estas mediciones anuales se realizarán hasta agosto de 2025, fecha límite en la que acaba el proyecto.

2.2.2. *Mediciones y parámetros*

En estos muestreos se realizan mediciones sobre la vegetación herbácea, arbustiva y arbórea, suelos y semillas que servirán para sacar los siguientes parámetros:

- Estado del banco de semillas aéreo: conteo del número de piñas según la edad (nuevas, maduras, serótinas y abiertas) por individuo, número de semillas según la edad por individuo y viabilidad de las semillas germinadas sometidas al test de Tetrazolio para calcular el número de semillas que germinarían de forma viable por hectárea de tratamiento (Cottrell, 1947; Moreno *et al.*, 2001). Para saber la viabilidad de las semillas, se recogen 5-6 piñas por tratamiento, las piñas se recogen fuera de las parcelas señaladas para no intervenir en el conteo de piñas según la edad por individuo.
- Actividad microbiana del suelo: utilización del Índice de las Bolsas de Té (Keuskamp *et al.*, 2013) como medida de la descomposición de la materia orgánica del suelo que sirve como indicador indirecto de la calidad del suelo. Se colocan 9 bolsas por cada tipo de infusión en cada parcela a principios de verano. Las bolsas se dejan 90 días, hasta finales de septiembre, época con mayor actividad de microorganismos. Una vez recogidas, en laboratorio se secan en una estufa a 70°C durante 48 horas. Las bolsas se pesan antes de ser enterradas y después de secarse en la estufa para calcular el TBI (Índice de las Bolsas de Té).
- Tasa anual de crecimiento de los árboles: se toman los datos del diámetro

base, diámetro de copa, altura total y altura de copa para ver cuanto crecen anualmente los pies en cada localización y tratamiento empleado. Las mediciones se realizan en primavera- principios de verano.

- Indicadores de Biodiversidad de la masa: se hacen 3 transectos de 10 metros con una anchura de banda de 1 metro, contando el número de especies por transecto y su anchura. A partir de estos datos, se calculan los indicadores de biodiversidad:

- o Índice de Shannon (Shannon y Weaver, 1949)

$$H' = -\sum p_i \cdot \log_2(p_i)$$

Donde p_i es la proporción de individuos de la especie i . Se calcula dividiendo el número de individuos de la especie i entre el número de individuos totales.

- o α -diversidad, β -diversidad y γ -diversidad (Whittaker, 1977): α es la diversidad de especies a nivel local, γ es la diversidad de especies a nivel regional, β es la relación entre ambas (γ/α).

Con todos estos datos se quiere estudiar la relación suelo-planta y biodiversidad de las zonas tratadas frente a las no tratadas. Como futuros resultados se quiere ver si hay una relación positiva planta-suelo y si existen diferencias significativas entre zonas tratadas y no tratadas en la diversidad de la masa.

3. Resultados y replicabilidad

Con los resultados de estas intervenciones se va a elaborar de una serie de “Guías técnicas para la Adaptación al Cambio Climático en pinares de *P. halepensis* en el mediterráneo” que contengan las metodologías y técnicas selvícolas usadas y en las otras acciones del proyecto. Se pretende transferir los conocimientos y técnicas al personal de la administración, organizaciones, centros de investigación y gestores forestales en torno a los bosques mediterráneos.

Además de la creación de estas guías, se publicarán los resultados más relevantes del estudio en revistas de alto impacto a nivel internacional para dar a conocer en el ámbito más científico y experimental la investigación del proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO.

Agradecimientos/Financiación

Este proyecto está financiado por el Programa LIFE de la Unión Europea bajo el Acuerdo de Subvención LIFE20 CCA/ES/001809. Gracias a nuestro coordinador del proyecto Ingeniería del Entorno Natural, y asociados AGRESTA S Coop, la Di-

rección General del Medio Natural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, Universidad Politécnica de Valencia y Universidad de Lleida por su trabajo e implicación. Gracias a los Contratos Predoctorales para personal investigador en formación en el marco del Plan Propio de I+D+i, cofinanciada por el Fondo Social Europeo Plus (FSE+) de la que soy beneficiaria

4. Bibliografía

- Bravo, J.A.; Barbero, M.; Loisel, R.; Quézel, P.; Romane, F.; Richardson, D.M.; (1998). Pines of the Mediterranean Basin. *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 153-170. https://books.google.com/books/about/Ecology_and_Biogeography_of_Pinus.html?hl=es&id=YawYOzQmcHEC
- Cottrell, H.J.; (1947). Tetrazolium Salt as a Seed Germination Indicator. *Nature* 1947 159:4048, 159(4048), 748-748. <https://doi.org/10.1038/159748a0>
- De Las Heras, J.; Martínez-Sánchez, J.J.; González-Ochoa, A.I.; Ferrandis, P.; Herranz, J.M.; 2002. Establishment of *Pinus halepensis* Mill. saplings following fire: effects of competition with shrub species. *Acta Oecologica*, 23(2), 91-97. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(02\)01138-4](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(02)01138-4)
- del Campo, A.D.; Fernandes, T.J.G.; Molina, A.J.; 2014. Hydrology-oriented (adaptive) silviculture in a semiarid pine plantation: How much can be modified the water cycle through forest management? *European Journal of Forest Research*, 133(5), 879-894. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0805-7>
- Fernandes, T.J.G.; Del Campo, A.D.; Herrera, R.; Molina, A.J.; 2016. Simultaneous assessment, through sap flow and stable isotopes, of water use efficiency (WUE) in thinned pines shows improvement in growth, tree-climate sensitivity and WUE, but not in WUEi. *Forest Ecology and Management*, 361, 298-308. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.11.029>
- Hernandez-Tecles, E.; Osem, Y.; Alfaro-Sanchez, R.; De Las Heras, J., 2015. Vegetation structure of planted versus natural Aleppo pine stands along a climatic gradient in Spain. *Annals of Forest Science*, 72, 641-650. <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0490-9>
- Hewitt, N.; Klenk, N.; Smith, A.L.; Bazely, D.R.; Yan, N.; Wood, S.; MacLellan, J.I.; Lipsig-Mumme, C.; Henriques, I.; 2011. Taking stock of the assisted migration debate. *Biological Conservation*, 144(11), 2560-2572. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.04.031>
- Keuskamp, J.A.; Dingemans, B.J.J.; Lehtinen, T.; Sarneel, J.M.; Hefting, M.M.; 2013. Tea Bag Index: A novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(11), 1070-1075. <https://doi.org/10.1111/2041210X.12097>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ministerio de Transición Ecológica y reto demográfico (MAPAMA). <https://sig.mapama.gob.es/geoport/> Accessed 28 febrero 2024.
- Moreno, M.T.; Benito, L.F.; Herrero, N.; Domínguez, S.; Peñuelas, J.L.; 2001. Estudio de nuevos métodos de determinación de la viabilidad de las semillas forestales: test de electroconductividad e índigo carmín. Comparación con el test del tetrazolio y su aplicación a *Pinus pinaster* y *Pinus halepensis*. Congreso Forestal Español. https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/15608

- Moya, D.; De Las Heras, J.; López-Serrano, F.R.; Leone, V.; 2008. Optimal intensity and age of management in young Aleppo pine stands for post-fire resilience. *Forest Ecology and Management*, 255(8-9), 3270-3280. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.01.067>
- Moya, D.; Espelta, J.M.; López-Serrano, F.R.; Eugenio, M.; de las Heras, J.; 2008. Natural post-fire dynamics and serotiny in 10-year-old *Pinus halepensis* Mill. stands along a geographic gradient. *International Journal of Wildland Fire*, 17(2), 287-292. <https://doi.org/10.1071/WF06121>
- Pausas, J.G.; Llovet, J.; Rodrigo, A.; Vallejo, R.; 2008. Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? A review. *International Journal of Wildland Fire*, 17(6), 713-723. <https://doi.org/10.1071/WF07151>
- Resco De Dios, V.; Fischer, C.; Colinas, C.; 2007. Climate change effects on mediterranean forests and preventive measures. *New Forests*, 33(1), 29-40. <https://doi.org/10.1007/s11056-006-9011-x>
- Sánchez-Pinillos, M.; Coll, L.; De Cáceres, M.; Ameztegui, A.; 2016. Assessing the persistence capacity of communities facing natural disturbances on the basis of species response traits. *Ecological Indicators*, 66, 76-85. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.024>
- Shannon, C.E.; Weaver, W.; (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana, IL: The University of Illinois Press, 1-117.
- Sousa-Silva, R.; Verbist, B.; Lomba, Â.; Valent, P.; Suskevics, M.; Picard, O.; Hoogstra-Klein, M.A.; Cosofret, V.-C.; Bouriaud, L.; Ponette, Q.; Verheyen, K.; Muys, B.; 2018. Adapting forest management to climate change in Europe: Linking perceptions to adaptive responses. *Forest Policy and Economics*, 90, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.01.004>
- Vitt, P.; Havens, K.; Kramer, A.T.; Sollenberger, D.; Yates, E.; 2010. Assisted migration of plants: Changes in latitudes, changes in attitudes. *Biological Conservation*, 143(1), 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.08.015>
- Whittaker, R.H.; (1977) Evolution of species diversity in land communities. In: Hecht, M.K.; Steere, B.W.N.C.; Eds., *Evolutionary Biology*, Plenum Press, New York, 10, 1-67. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6953-4_1