

Un cambio muy bien documentado

En esta ocasión El Monte Cambia se centra en un rodal donde durante más de 20 años se han desarrollado investigaciones sobre modos y efectos de cortas de regeneración. Se han ejecutado diferentes operaciones y se han realizado minuciosas observaciones periódicas de diferentes procesos. Esto ha dado lugar a obtener conclusiones sobre el mejor modo de proceder en la regeneración de las masas de pino piñonero semejantes a esta, analizando y comprendiendo los factores que en ella intervienen. Documentar los continuos cambios que las masas forestales tienen es imprescindible para orientar su tratamiento, evitando el estancamiento y la desestabilización. Se ha trabajado en los rodales 7 y 8, Tramo II, cuartel B, del monte Corbejón y Quemados nº 43 del CUP de la provincia de Valladolid, ubicado en el término municipal de La Pedraja de Portillo (ver mapa topográfico), y propiedad del Ayto. de Portillo. La zona de estudio ocupa una superficie del orden de 38 hectáreas (Gordo *et al.*, 2012). El espacio ocupado por el diseño experimental fue del orden de 10 hectáreas.

El MUP 43 forma parte del grupo de Montes de Viana, y en unión con estos montes tiene proyecto de ordenación vigente aprobado en 1894 (comienzo ejecución 1899), siendo la última revisión (la 8ª) del año 2006. El monte tiene una superficie total de 1170 ha, dividido en dos cuarteles (A y B), cuatro tramos por cuartel, y cuatro rodales por tramo. El monte está ordenado por el método de tramos permanentes, siendo el tramo en estudio (cuartel B - tramo II), uno

de los tramos en regeneración para el periodo 1993-2022. Una vez finalizado el periodo de vigencia de la presente revisión se considerará el monte totalmente transformado. El turno del monte queda fijado en 120 años, actualmente con un periodo de regeneración de 30 años. Las especies principales del monte son *Pinus pinea* y *P. pinaster*, considerándose apropiada la mezcla de las dos especies. A nivel de monte la especie más representada es *P. pinaster*, pero la mezcla no se produce de forma íntima, sino que hay rodales en los que domina una u otra especie. En el cuartel B, donde se ubica el ensayo de regeneración, la especie dominante es el *Pinus pinea*. Las principales producciones del monte son madera, piña y resina. El plan especial de aprovechamiento del monte para el periodo 2007-2022 contemplaba la corta de unos 25000 m³ de madera, del orden de 1 m³/ha/año. La producción de piña se concentra sobre un total 410 ha, excluyendo las masas con dominancia de *Pinus pinaster* y áreas en regeneración con acotado a la recolección de piña, siendo la producción media anual de la serie 1960 – 2015 de 188 kg de piña por hectárea, con un máximo de 1500 kg/ha en la excepcional campaña del año 1980, y valores superiores cercanos a los 900 kg/ha en el bienio 2011-2012. Por el contrario, a lo largo de la serie es habitual encontrar años con cosechas prácticamente nulas (p.ej. 2004) en las que la baja producción de piña no hace rentable su aprovechamiento. En cuanto a la resina, a partir de 2012 se ha producido un resurgimiento de la actividad en el monte, alcanzando en 2020 una superficie en resinación

Rafael Serrada Hierro¹,
Rafael Calama Sainz⁴,
Juan Ignacio García Viñas²,
Valentín Gómez Sanz²,
Celso Coco Megía³,
Pepa Aroca Fernández²,
Javier Gordo Alonso⁵,
Marta Pardos Mínguez⁴

¹Sociedad Española de Ciencias Forestales

²ECOGESFOR.

Universidad Politécnica de Madrid

³CESEFOR

⁴ICIFOR-INIA-CSIC

⁵S.T. Medio Ambiente de Valladolid

Primera ortofoto disponible, 1956.

Se observa la gran homogeneidad en la
espesura de la masa del rodal 7 y que ya

en esa fecha se reconoce

la división dasocrática, mantenida

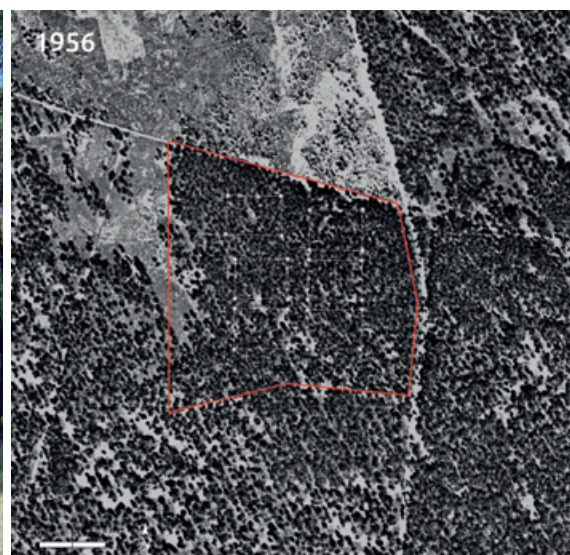
hasta la actualidad.

Foto 1 – Parcela de control o testigo.

Indica el estado de la masa antes

de las cortas de regeneración.

Rodal 8. 2005. Foto Rafael Calama.



Horizonte		Espesor (cm)	Tierra fina (%)	Arena USDA (%)	Limo USDA (%)	Arcilla USDA (%)	MO (%)	PMB	CRA (mm)	pH agua	CE (dS/m)
1	A	20	96,91	93,81	6,13	0,06	0,81	5	15.5	6.2	0,30
2	C	> 20	99,11	94,08	5.87	0,05	0,06	5	55.0	7.2	0,10

MO, materia orgánica; CE, conductividad eléctrica; PMB, parámetro permeabilidad (Gandullo, 1994); Capacidad de Retención de Agua (Gandullo, 1994). Analítica: Celia Gómez Muñoz, técnica especialista. Laboratorio de la Unidad de Edafología de la ETSIMFMN-UPM.

Tabla 1. Variables de estado del suelo del rodal 7, tramo II (Coordenadas ETRS89 UTM Huso 30: X = 356011 – Y = 4592738; fecha de muestreo 30/09/2025)

de 580 ha, correspondiente a 11 lotes, en los que se obtiene resina en más de 31000 árboles.

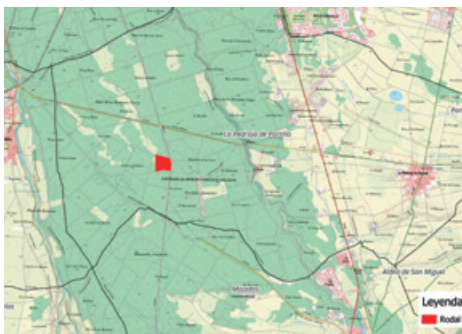
Fisiográficamente, toda la zona es una llanura estructural situada a una altitud de 700 m s.n.m. limitada por los cauces de los ríos Cega y Eresma-Adaja, que está cubierta de un manto continuo y potente de arenas cuarzosas de movilización eólica que muestran un alto grado de selección (IGME, 1979). Estas arenas constituyen un sustrato litológico silíceo, incoherente y resistente a la meteorización, de tamaño muy homogéneo, con ausencia prácticamente total de elementos gruesos y finos.

Las condiciones climáticas (AEMET, 2025) manifiestan caracteres marcadamente mediterráneos (algo más de 3 meses de aridez, extendiéndose de primeros de junio a finales de septiembre) y continentales (amplitud térmica anual superior a 30 °C, con un período de heladas que va de octubre a marzo). La precipitación media anual supera ligeramente los 400 mm y el régimen térmico puede calificarse como mesotérmico según Thornthwaite (1948), quedando encuadrada en la subregión IV(VI)₁, mediterráneo subnival, de Allué (1990).

Los suelos desarrollados están muy condicionados por el material mineral de partida (material sedimentario detrítico de tamaño arena, extraordinariamente homogéneo). La tabla 1 incluye los resultados de laboratorio de las muestras obtenidas de la descripción en campo de un perfil abierto, hasta la profundidad de 1 m, en el rodal estudiado (Foto 7).

El suelo del rodal presenta un grado de desarrollo muy bajo (hay una muy débil diferenciación de horizontes genéticos), con una textura arenosa y una exigua humificación, lo que implica una muy alta permeabilidad (buen drenaje y aireación) y una marcada tendencia a la aridez edáfica (capacidad de retención particularmente escasa). Es de reacción neutra a moderadamente ácida, totalmente descarbonatado y libre de influencia salina, con una fertilidad especialmente reducida. *Arenosol Aeolic*, de acuerdo con la World Reference Base for Soil Resources (IUSS, 2022), supone un excelente sustrato físico (poroso y suelto) para el desarrollo radicular, pero a su vez, tiene trascendentes limitaciones fisicoquímicas para el crecimiento vegetal (en especial, su marcada aridez e infertilidad).

La idoneidad ambiental de la estación para el pino piñonero, evaluada con el software ModERFoRest (Alonso-Ponce *et al.*, 2024), no es del todo óptima, dado que presenta una notable marginalidad



Mapa topográfico y de situación de la zona de estudio



Foto 7. Perfil edáfico del rodal 7. 30/09/2025. Foto Valentín Gómez.

edafoclimática, derivada de un régimen pluviométrico algo deficiente (especialmente en otoño) y una escasa capacidad del suelo para la retención de agua, junto con una muy reducida fertilidad mineral (marginalidad muy elevada en el contenido en arcilla y en el de materia orgánica superficial). Estas condiciones suponen un claro desafío para la instalación efectiva de la especie, haciendo que buena parte del regenerado difícilmente sobreviva al estío siguiente a su germinación.

Desde el punto de vista geobotánico los rodales se encuentran en el piso supramediterráneo, en una extensión de la provincia biogeográfica mediterránea ibérica occidental y en el tipo climático-estructural zonal esclerófilo (Ruiz de la Torre, 1990a y 1990b), si bien en condiciones de azonalidad por el tipo de suelo. La cubierta vegetal actual es un pinar de pino piñonero que en ambos rodales presenta en general dos estratos verticales: el arbóreo prácticamente exclusivo de *Pinus pinea*, con una espesura clara, con algún pie muy disperso o en golpes muy reducidos de *Pinus pinaster* y un estrato bajo de entre 10 y 30 cm, muy tupido, casi como encespedado, dominado por terófitos (*Vulpia myuros*, *Bromus tectorum*, *Corynephorus canescens*, *Trifolium angustifolium*, *Trifolium arvense*, *Tuberia guttata*, etc.) y hemicriptófitos (*Dactylis glomerata*, *Celtica gigantea*, *Eryngium campestre*, etc.), junto con algún caméfito (*Lavandula pedunculata*, *Helichrysum serotinum*, especialmente en el Rodal 8) y algún geófito (*Scilla autumnalis*, *Allium* sp., etc.), que es capaz de ejercer una importante competencia a las plántulas de pino. Dispersas por los rodales hay algunas retamas (*Retama sphaerocarpa*) y hasta escobas (*Cytisus scoparius scoparius*) y encinas (*Quercus ilex ballota*). En detalle el sotobosque presenta una variabilidad espacial respecto de las especies dominantes y del porcentaje de cubierta total. Por ejemplo, en algunas zonas es algo más bajo y claro, ocupando una parte

Fisiográficamente, toda la zona es una llanura estructural situada a una altitud de 700 m s.n.m. limitada por los cauces de los ríos Cega y Eresma-Adaja

varias especies de líquenes y de musgos y en cambio en otras, como en la que dominan pinos piñoneros jóvenes, la talla llega a ser entre media y arbustiva.

El resumen de la cronología de los ensayos y mediciones es (Calama *et al.*, 2025):

- **Año 2002:** masas puras y regulares de 120 años, aproximadamente. Densidad media 160 - 200 pies/ha, área basimétrica 18-20 m²/ha. La altura media de los pies era del orden de 14 m. (Ortofoto 1956 y Foto 1).
- **Año 2003:** se realiza una primera corta de aclareo sucesivo uniforme (ASU) sobre todo el rodal por la administración, dejando 80 pies/ha, área basimétrica 11-12 m²/ha. (Foto 2).
- **Año 2003:** en la parte Este del rodal (la más cercana a la carretera) se intensifica la corta, para simular una corta a hecho en dos tiempos (CH2) dejando 35-40 pies/ha, área basimétrica 7 m²/ha. (Foto 3) y ortofoto 2014).
- **Año 2003:** se instalan 6 parcelas de 0,48 ha (+ 1 control fuera de la zona de intervención), y dentro de cada una se montan 32 subparcelas de 9 m² de forma sistemática, donde cada año se realiza seguimiento del regenerado (emergencia, supervivencia y crecimiento). En ellas se suspende el aprovechamiento de piña habitual en el resto del monte. (Figuras 1 y 2).
- **Años 2005 - 2012:** se realizan además ensayos de germinación, dispersión primaria y secundaria, predación por fauna y seguimiento fisiológico.
- **Año 2007:** cohorte de regeneración exitosa, con zonas donde emergen más de 100.000 plántulas por hectárea. (Figura 3).
- **Año 2012:** segunda cohorte de regeneración exitosa, aunque la mayor parte de las plántulas no sobreviven al primer verano. (Figura 3).
- **Año 2015:** las parcelas sometidas a ASU presentan en promedio una densidad de regenerado establecido superior a 5000 plantas por hectárea



(Foto 4), mientras que las sometidas a CH2 (Foto 5) no llegan a las 1000 plantas por hectárea.

- **Año 2015 - 2016:** marcaje de la primera corta aclaratoria en las parcelas ASU, bajando la densidad hasta 30-35 pies/ha, liberando bosquetes emergidos bajo copa. En la zona CH2 se eliminan unos pocos pies para liberar alguno de los escasos bosquetes de regenerado existente.
- **Años 2017 - 2023:** se continua el seguimiento del regenerado.
- **Año 2024:** el regenerado alcanza, por zonas, los 2-3 m de altura y empezando a aparecer mortalidad por autoaclareo en los bosquetes más densos. Se hace urgente aplicar la corta final en las zonas ASU e iniciar clareos sobre el regenerado. (Foto 6).

Foto 2 - Parcela de cortas de regeneración mediante aclareo sucesivo uniforme Rodal 7. 2005. Foto Rafael Calama.

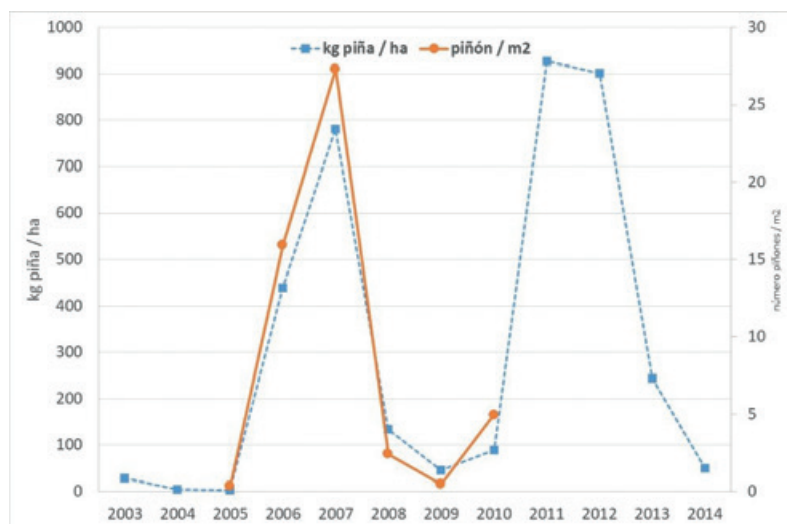
Foto 3 - Parcela de cortas de regeneración mediante cortas a hecho en dos tiempos. Rodal 7. 2005. Foto Rafael Calama.

Ortofoto de 2014. Se ha escogido presentar esta ortofoto pues en otras muchas la sombra de las copas de los pinos modifica la apreciación de la espesura. En esta ortofoto se aprecia la diferente espesura tras las cortas de 2003 en las parcelas de ensayo



En el texto publicado por Calama *et al.* (2025) se presentan con detalle todas las operaciones y procesos que se han resumido en las líneas anteriores. También se reflejan los resultados que se presentan a continuación:

- En relación con el **proceso de germinación y supervivencia** de las plantas del regenerado, la Tabla 2 resume resultados según tratamientos. Se comprueba la mayor supervivencia en las parcelas ASU, después en las parcelas CH2 y nula en la parcela Testigo. El 75 % de las posiciones en las que hay emergencia de regenerado se localizan bajo la copa, y el 90 % a una distancia máxima del fuste de 1,5 radios de copa.
- La **dispersión primaria** de semillas se inicia en 2005 mediante trampas en las que se comprueba que la dispersión se inicia entre junio y julio y se mantiene a lo largo del verano. Existe una gran variabilidad interanual o vecería (Figura 3). La cantidad media de semilla dispersada es, en el conjunto del plazo estudiado, suficiente para asegurar la regeneración natural, con cifras del orden de 8 piñones/m²/año.
- La **germinación** se produce, según condiciones meteorológicas, bien en otoño, bien en primavera y en proporciones variables. En la campaña 2006-2007, se produce una germinación superior al 90 %, en otoño en su totalidad. En la campaña siguiente la tasa anual de germinación cae al 43 %, siendo la germinación otoñal inferior al 10 % y produciéndose la mayor parte de la germinación durante la primavera. La tercera campaña (2008-09) marca un mínimo, con una tasa total del 8 %. Las dos últimas campañas presentan un patrón similar, con tasas totales entre 70-80 %, con la mayor parte de la germinación concentrada en los meses de otoño. Los otoños fríos reducen posibilidad de germinación y aumentan riesgo de predación.



Tratamiento	Parcela	Emergidas m ⁻²	Establecidas m ⁻²	% supervivencia	Cero Emerg/total	Cero Superv/total
CH2	1	8,74	0,17	1,43 %	0/32	17/32
CH2	2	7,78	0,04	1,55 %	0/32	16/32
CH2	3	8,50	0,07	0,63 %	0/32	18/32
Total CH2		8,34	0,09	1,20 %	0/96	51/96
ASU	4	6,27	0,34	6,02 %	0/32	13/32
ASU	5	9,77	1,61	12,13 %	0/32	9/32
ASU	6	7,56	0,12	0,60 %	1/32	16/32
Total ASU		7,87	0,69	6,34 %	1/96	38/96
CONTROL	7	0,34	0,00	0,00 %	13/32	20/32
Total general		7,00	0,33	3,54 %	14/224	109/224

Tabla 2. Número medio de plántulas emergidas m⁻² a lo largo del periodo 2004-2014, número de plantas establecidas m⁻² (supervivientes a comienzo de 2015), % de supervivencia (establecidas/emergidas); número de subparcelas donde no ha habido emergencia entre 2004 y 2014 (Cero Emerg/total); número de subparcelas donde no hay regenerado establecido a comienzo de 2015 (Cero Superv/total)

De arriba hacia abajo:
Figura 1 – Localización del dispositivo experimental de las parcelas, (Calama *et al.*, 2025).

Figura 2. Plántula recién emergida (invierno 2005), y conteo del regenerado emergido en febrero de 2007, (Calama *et al.*, 2025).

Figura 3. Relación entre la producción anual de piña (kg por hectárea) observada en el MUP43 (2003 - 2014) y la lluvia de piñón detectada en el experimento de dispersión (2005-2010), (Calama *et al.*, 2025).

La **predación de semilla y su dispersión** secundaria también fue estudiada: el principal predador del piñón es el ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*), responsable de más del 80 % de los visionados de captura de piñón, seguido del rabilargo (*Cyanopica cooki*), responsable del 16 % de las visualizaciones, y de la corneja (*Corvus corone*) responsable del 3 % de visualizaciones. Este patrón tiene una marcada diferencia estacional, siendo el ratón el responsable del 100 % de capturas en los meses de invierno, meses en los que además se concentra la mayor tasa de predación. Sin embargo, la fauna predatora puede actuar también como potencial dispersor, por olvido de los almacenes, o pérdida accidental de la semilla.

- En relación con la **tasa de mortalidad** de las plántulas durante el primer verano tras la emergencia, es superior al 80 %, pero se atenúa en condiciones de media luz y algo de precipitación (Calama *et al.* 2015). Una vez superado el primer verano, la tasa de supervivencia se estabiliza y, transcurridos unos cinco años, puede considerarse ya establecido el regenerado (Figura 4). Estudiando cuándo se produce esta mortalidad se observa que la mayor parte tiene lugar durante el primer año tras la germinación, y en concreto, a lo largo del primer verano. Otro resultado básico obtenido es que la tasa de asimilación neta fotosintética se maximiza en posiciones de media sombra, especialmente en los meses de verano.
- El análisis de las **alturas de las plantas** en 2015, justo antes de la corta aclaratoria, revela que existen diferencias significativas entre tratamientos, habiendo alcanzado mayor altura las plantas situadas en subparcelas del tratamiento CH2 que las del tratamiento ASU, excepto en el caso de la cohorte de 2012.

Como una conclusión particular de las observaciones realizadas y documentadas en el caso que acabamos de exponer, es que se puede formular una nueva selvicultura de regeneración para la especie en esta estación, basada en el mantenimiento de densidades no inferiores a 150 pies ha^{-1} a lo largo del turno, y la aplicación de cortas de aclareo sucesivo uniforme. En estas cortas se realiza una única corta preparatoria-diseminatoria, en la que se alcanza un área basimétrica remanente de unos $8\text{-}10 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, retrasándose las cortas aclaratorias hasta que se haya conseguido la instalación de un regenerado suficiente y viable bajo las copas. Se considera muy adecuada la propuesta de extensión del periodo de regeneración hasta los 25-30 años, y al menos en la primera mitad del mismo debe acotarse la recogida comercial de piña. Todas las propuestas tienen su justificación en la observación detallada

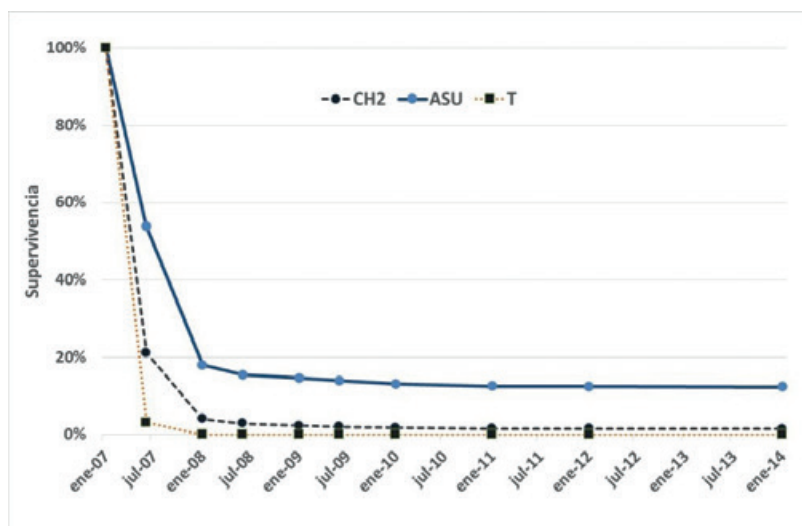


Figura 4. Patrón de supervivencia inicial según tratamiento en la cohorte 2007, (Calama *et al.* (2025).

de los factores y condicionantes implicados en este complejo proceso de regeneración natural.

Como conclusión genérica se puede exponer que la regeneración natural de todas las masas, como enseña la Silvicultura General, se consigue mediante cortas adecuadas a cada especie, en cada estación, en edades adecuadas para obtener generaciones posteriores adecuadas a las estructuras deseables y con variación de la espesura acorde al temperamento que cada especie presenta en cada lugar. Así, llegamos a una Silvicultura Aplicada de la que el caso presentado es un magnífico exponente.

El caso presentado en esta ocasión demuestra que el estudio bien documentado a lo largo del tiempo en el monte es imprescindible para obtener conclusiones que orienten la técnica forestal con base científica, evitando opiniones erróneas acerca de la dinámica forestal. Para ello es necesario que concurren una voluntad decidida por parte de las instituciones para mantener y financiar la toma de datos, en este caso gestora y de investigación, junto con personal, en este caso numeroso y eficiente, que tenga voluntad, capacidad y formación suficientes.

Finalmente, esperemos que el deseo expresado por Calama *et al.* (2025) de que se produzca continuidad en la toma de datos sobre la evolución del regenerado, incluyendo nuevas tecnologías como es LIDAR, y su elaboración apoyada en el profundo conocimiento de procesos anteriores, sea una realidad que pueda ser mantenida, al menos, otros 20 años más.



Referencias

- AEMET, 2025. Visor del Atlas Climático de la Península y Baleares. Disponible en: <https://agroclimap.aemet.es/> [fecha de consulta 1/10/2025]
- Allué J.L. 1990. Atlas fitoclimático de España. INIA-MAPA, Madrid.
- Alonso-Ponce R, López-Senespleda E, Gómez-Sanz V, Serrada-Hierro R. 2024. ModERFoRest, una útil herramienta para orientar el tratamiento de masas mixtas en su adaptación al cambio climático. Caso de Retiendas (Guadalajara). Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 50(1): 251-270 (2024). Doi: <https://doi.org/10.31167/csef.v0i50.19952>
- Calama R, Puértolas J, Manso R, Pardo M. 2015. Defining the optimal regeneration niche for *Pinus pinea* L. through physiology-based models for seedling survival and carbon assimilation. Trees 29(6): 1761-1771: DOI: 10.1007/s00468-015-1257-5
- Calama Sainz R, Gordo J, Manso R, Madrigal G, Montero G, Garriga E, Pardo M. 2025. Cerrando el ciclo: 21 años de seguimiento de la regeneración natural de *Pinus pinea* en el sitio de ensayo MUP 43 "Corbejón y Quemados" (Valladolid). Actas de 9CFE. SECF. Gijón.
- Gandullo JM, 1994. Climatología y Ciencia del Suelo. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S.I. de Montes. Madrid.
- Gordo J, Calama R, Pardo M, Bravo F, Montero G (ed.). 2012. La regeneración natural de los pinares en los arenales de la Meseta Castellana. Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (Universidad de Valladolid-INIA). Valladolid. pp.37-50.
- IGME, 1979. Mapa Geológico de España. Escala 1/50.000. Hoja 400 - Portillo. Disponible en: <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=400&language=es> [fecha de consulta 1/10/2025]
- IUSS Working Group WRB, 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Viena, Austria.
- Ruiz de la Torre J. 1990(a). Mapa Forestal de España 1:200.000 Memoria General. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Ruiz de la Torre J. (director) 1990b. Mapa Forestal de España 1:200.000 Hoja 4-4 Valladolid. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Thornthwaite CW. 1948. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.* 38: 55-94.

Foto 4 - Parcela de cortas de regeneración mediante cortas por aclareo sucesivo uniforme. 2021. Rodal 7. Foto Rafael Calama..

Foto 5 - Parcela de cortas de regeneración mediante cortas a hecho en dos tiempos. Rodal 7. 2021. Foto Rafael Calama.

Foto 6 - Detalle de la espesura que manifiestan algunos bosquetes de regeneración en los que se hace necesario realizar un claro. Rodal 7. 2024. Foto Rafael Calama.