

De plantaciones a bosques - Proyecto FORTRESS. Guadalajara



REMP

Red Estatal de
Montes Públicos



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

REMP cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.

De plantaciones a bosques - Proyecto FORTRESS. Guadalajara

Breve Resumen

El proyecto FORTRESS (2022-2026) se enfoca en la restauración de 4,2 millones de ha de repoblaciones de *Pinus pinaster*, vulnerables al cambio global. Evalúa tratamientos selvícolas adaptativos (cortas de mejora, madera muerta, plantaciones de enriquecimiento) para diversificar la estructura, aumentar la biodiversidad del sotobosque y mejorar las funciones ecosistémicas del suelo, buscando la resiliencia.

Contexto

Las repoblaciones de *Pinus pinaster* en España son vulnerables al cambio climático por su homogeneidad genética y estructural. FORTRESS surge como continuación del proyecto FORADMIT, enfocándose en masas de Guadalajara repobladas en los años 60. Estas plantaciones, inicialmente para protección hidrológica y suelo, **carecen de gestión adaptativa**, lo que limita su biodiversidad y resiliencia. El contexto **exige equilibrar producción forestal y conservación**, especialmente en áreas Red Natura 2000.

El proyecto aborda tres ejes: dinámica forestal (crecimiento, carbono), funciones del suelo (ciclos de C/N) y biodiversidad (sotobosque, insectos saproxílicos). La hipótesis central es que tratamientos selvícolas diversificados (claras, biomasa forestal muerta, bosquetes) mejoran la adaptación y servicios ecosistémicos.

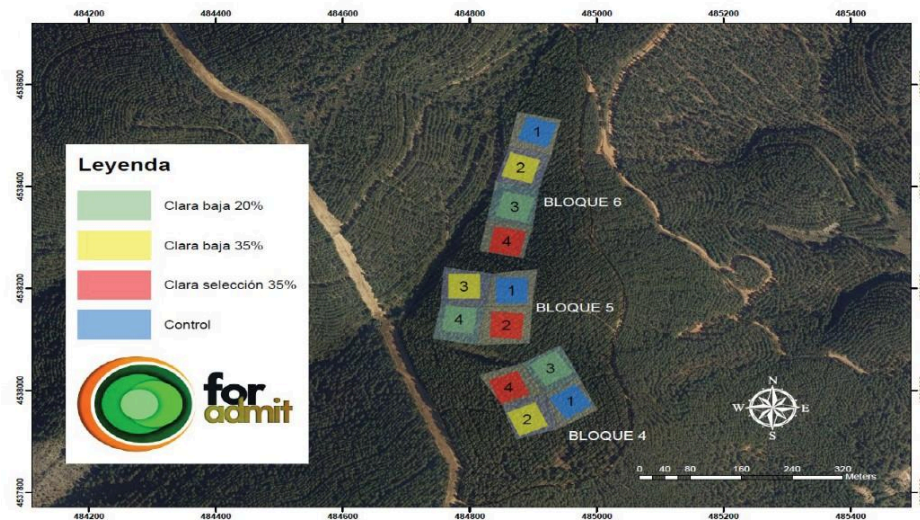


Figura 1. Ubicación de los tres bloques experimentales, cada uno conteniendo cuatro parcelas que reciben los tratamientos de clara experimental (Oliet et al, 2022)

Resumen

FORTRESS analiza repoblaciones de *Pinus pinaster* en Guadalajara mediante un dispositivo experimental instalado en 2017. Evalúa dos estrategias: **claras** (por lo bajo/alto) y **entresaca por bosquetes** (1,5-2,5 veces la altura dominante), combinadas con enriquecimiento de especies y retención de necromasa. Los resultados preliminares indican que:

- **Claras** moderadas **aumentan la diversidad estructural y el crecimiento residual** (20% más en claras altas).
- **Los bosquetes** pequeños **favorecen la regeneración natural** y reducen el impacto erosivo/paisajístico.
- La necromasa incrementa la biodiversidad de coleópteros saproxílicos y hongos.
- Plantaciones bajo cubierta muestran mayor supervivencia con aclimatación previa.

El proyecto también monitoriza ciclos de carbono y nitrógeno en el suelo, **identificando microorganismos clave**. La transferencia de resultados incluye publicaciones científicas, tesis doctorales y colaboración con gestores forestales.

Objetivos

El proyecto FORTRESS persigue cinco objetivos principales:

1. **Analizar la evolución de la estructura** de las masas de *Pinus pinaster*, evaluando el efecto de los tratamientos selvícolas en la diversificación estructural, el crecimiento, la productividad y la resiliencia frente a sequía.
2. **Evaluar el éxito de la regeneración** (natural inducida por entresaca por bosquetes o artificial mediante plantaciones de enriquecimiento bajo cubierta).
3. **Estudiar la evolución del funcionamiento ecosistémico del suelo**, focalizándose en los cambios en los ciclos de C y N y la diversidad fúngica.
4. **Incrementar y evaluar la biodiversidad del sotobosque** (plantas vasculares e insectos saproxílicos) asociada a los tratamientos selvícolas y a la gestión de la madera muerta.
5. **Elaborar una propuesta de gestión integral** para las masas artificiales de *Pinus pinaster* que optimice la estructura, la riqueza de especies y la provisión de servicios ecosistémicos.

Metodología

La toma de datos del proyecto FORTRESS se realiza en el dispositivo experimental preexistente del proyecto FORADMIT. Este se localiza en el Monte de Utilidad Pública (MUP) número 261 Júcar, en Arbancón (Guadalajara), dentro del Parque Natural de la Sierra Norte.

El área corresponde a una repoblación de *Pinus pinaster* Ait. subsp. *mesogeensis* llevada a cabo entre 1969-1970, con una única clara previa en 1999.

El dispositivo experimental analiza dos estrategias selvícolas principales.

- **La primera** incluye ensayos de **Claros** (por lo bajo y por lo alto de distinto peso) para la mejora y la diversificación estructural.
- **La segunda** consiste en el inicio de la Regeneración de la masa a través de la **entresaca por bosquetes** circulares de dos tamaños distintos (1,5 y 2,5 veces la altura dominante).

Sobre estas estrategias se aplicaron actuaciones complementarias como la Plantación Bajo Cubierta o en bosquetes y el Mantenimiento de Restos de Madera (necromasa gruesa sobre el suelo y árboles anillados en pie).

FORTRESS mantiene el seguimiento de estas experiencias e incorpora tareas y análisis adicionales. Actualmente, se **monitoriza la estructura forestal**, la **regeneración**, las **variaciones del vuelo y el suelo**, la **diversificación estructural y específica**, y se utiliza la flora y fauna (coleópteros saproxílicos) como indicadores de la dinámica, funcionamiento y producción de servicios ecosistémicos.

Resultados

Los proyectos FORADMIT y FORTRESS han generado una **base sólida de resultados**, la mayoría ya publicados en revistas científicas y de divulgación.

Se ha confirmado que la modificación de las condiciones de masa mediante **tratamientos selvícolas** es un **vehículo eficaz para transformar la composición y estructura del sotobosque** en las repoblaciones de pino resinero.

Específicamente, las Claras de distintos tipos y pesos han demostrado su interés en el crecimiento de los árboles remanentes, con un **éxito notable de las claras altas** en el señalamiento de árboles de porvenir. Además, estas claras **mejoraron la supervivencia y el establecimiento de las especies** introducidas bajo cubierta, junto con una incorporación efectiva de nuevas especies vasculares.

En cuanto a la **biodiversidad**, la presencia de necromasa y la mayor diversidad estructural de la masa se asociaron directamente con un **aumento en la diversidad y abundancia** de coleópteros saproxílicos.

La **entresaca por bosquetes** se ha validado como una **alternativa viable** para la **regeneración y la irregularización de masas de especies intolerantes**, promoviendo la diversificación estructural y específica y minimizando el impacto paisajístico.

No obstante, los **resultados señalan una limitación en la diversificación específica** natural del arbolado, subrayando la **necesidad de fuentes semilleras cercanas**.

Finalmente, se ha realizado un seguimiento exhaustivo de la dinámica edáfica, incluyendo los ciclos de Nitrógeno y Carbono, la descomposición de materia orgánica y el crecimiento de raíces, con trabajos en curso sobre el inventario de hongos y otros indicadores del funcionamiento ecosistémico.

Validación y Monitorización.

La validación de los resultados se logra mediante la publicación en revistas científicas nacionales e internacionales, y la transferencia directa a la formación forestal (clases, tesis y trabajos de fin de máster/grado). **El proyecto se monitoriza a través del dispositivo experimental permanente en el MUP Júcar**, que permite el seguimiento a largo plazo de indicadores clave como la estructura forestal, la dinámica edáfica y la respuesta de la regeneración y biodiversidad a los tratamientos aplicados.

Número de réplicas y/o escalado.

El proyecto se desarrolla en un dispositivo experimental replicado en el Monte de Utilidad Pública Júcar, proporcionando una base empírica robusta. **El objetivo final es la transferencia y escalabilidad de las alternativas** de gestión integral a todas las masas artificiales de *Pinus pinaster* en riesgo en el territorio español. El proyecto promueve activamente la colaboración con grupos de investigación nacionales e internacionales y la transferencia a través de plataformas digitales.

Documentación Adjunta

Bibliografía

1. Aroca-Fernández, M.J., Gastón, A., López-Leiva, C., Ribas-Costa, V., Gómez-Lancha, C., Bravo-Fernández, J.A., García-Viñas, J.I. 2023. *Efecto de las cortas de entresaca por bosquetes sobre la biodiversidad de plantas vasculares en un pinar de repoblación (Pinus pinaster Ait.) en la provincia de Guadalajara*. VI Reunión del Grupo de Trabajo en Selvicultura de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, Madrid y Cogolludo (Guadalajara). 26 y 27 octubre.
2. Bravo Fernández, A.; Oliet Palá, Juan A.; Roig Gómez, S.; De Frutos López, S.; Rubio Gómez, A. 2022. *Proyecto FORADMIT: diversificación estructural y específica de pinares mediterráneos de repoblación*. Seminario “Restauración de hábitats forestales para la adaptación. Criterios científicos y técnicos para la adaptación de bosques al cambio climático”. Parque Natural Sierra Norte de Guadalajara, 19-21 de octubre de 2022. Proyecto LIFE RedBosques.
3. Bravo-Fernández JA; Oliet, J. 2022. *Proyecto FORADMIT: diversificación estructural y específica de pinares mediterráneos de repoblación. Dispositivo experimental sobre repoblación protectora de Pinus pinaster (M.U.P. 261, Arbancón, Guadalajara)*. Seminario “Restauración de hábitats forestales para la adaptación. Criterios científicos y técnicos para la adaptación de bosques al cambio climático” Parque Natural Sierra Norte de Guadalajara, Tamajón, 19-21 de octubre de 2022.
4. de Frutos López, S. 2024. *Gestión forestal para la adaptación al cambio global. Evaluación de tratamientos selvícolas para la diversificación y regeneración de masas de repoblación*. Tesis doctoral, PD Investigación Forestal Avanzada. ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural. UPM.
5. de Frutos S, Bravo-Fernández JA, Roig S, Ruiz-Peinado R, del Río M. 2023. *La entresaca por bosquetes pequeños sobre repoblaciones protectoras de Pinus pinaster Ait.: ¿una alternativa interesante para la regeneración y diversificación de masas de repoblación?* VI Reunión del Grupo de Trabajo en Selvicultura de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, Madrid y Cogolludo (Guadalajara). 26 y 27 octubre.
6. de Frutos S, de la Cámara A, Bravo-Fernández JA, Roig S, Rodríguez J, Ruiz-Peinado R, del Río M. 2024a. *La entresaca por bosquetes, explorando alternativas para la irregularización y diversificación de las repoblaciones forestales*. Revista Foresta, nº 89 2024 (112-119).
7. de Frutos S, Roig S, del Río M, Ruiz-Peinado R, Bravo-Fernández JA. 2024b. *Group selection system cuttings as a strategy to diversify Pinus pinaster plantations*. IUFRO. 24-29 junio 2024. Forests & Society Towards 2050. Stockholm, Sweden 23-29 June 2024.

8. de Frutos S, Ruiz-Peinado R, Bravo-Fernández JA, Roig-Gómez S, del Río M. 2022. *Group selection system to diversify regeneración of natural Pinus sylvestris stands in Northern Spain*. International Scientific Joint IUFRO Conference: “Abies & Pinus 2022. Fir and pine management in a changeable environment: risks and opportunities”. Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, September 2022.
9. de Frutos, S. 2023a. *Diversificación estructural y específica mediante bosquetes: dispositivo experimental*. VI Reunión del Grupo de Trabajo en Selvicultura de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, Madrid y Cogolludo (Guadalajara). 26 y 27 octubre.
10. de Frutos, S. 2023b. *Structural and species diversification of Pinus pinaster Ait. reforestations using group selection system cuttings*. First US-Spanish Summer School on Climate Change and Ecosystem Management , Aguilar de Campoo, 25 -29 de septiembre.
11. de Frutos, S., Bravo-Fernández, J.A., Roig-Gómez, S., del Río, M., Ruiz-Peinado, R. 2022. *Natural regeneration and species diversification after seed-tree method cutting in a maritime pine reforestation*. iForest 15: 500-508.
<https://doi.org/10.3832/ifor4088-015>.
12. de Frutos, S., Fortin, M., Roig-Gómez, S., Ruiz-Peinado, R., del Río, M., Bravo-Fernández, J.A. 2023 c. *Group selection cutting for regenerating Mediterranean Pinus pinaster plantations: gap effects on seedling survival*. Forest Ecology and Management 544: 121219.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121219>.
13. de Frutos, S., Manso, R., Roig-Gómez, S., Ruiz-Peinado, R., del Río, M., Bravo-Fernández, J.A. 2024. *Height increment patterns in Pinus pinaster seedlings emerging in naturally regenerated gaps*. Forestry, 2024, 1-14.
<https://doi.org/10.1093/forestry/cpae002>
14. Fernández Maestre, R., de Frutos, S., Benavides, R., Fernández Moya, J., Bravo Fernández, J.A. 2023 a. *Respuesta morfo-fisiológica del regenerado de Pinus pinaster Ait. a corta a hecho por bosquetes en repoblaciones protectoras*. VI Reunión del Grupo de Trabajo en Selvicultura de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, Madrid y Cogolludo (Guadalajara). 26 y 27 octubre.
15. Fernández-Maestre, R., de Frutos, S., Benavides, R., Fernández-Bravo, A. 2023 b. *Respuesta funcional de la regeneración de Pinus pinaster a la entresaca por bosquetes en repoblaciones protectoras*. XVI congreso Nacional de la AEET, 16-20 octubre, Almería.
16. BRANG, P.; SPATHELF, P.; LARSEN, J.B.; BAUHUS, J.; BONČINA, A.; CHAUVIN, C.; DRÖSSLER, L.; GARCÍA-GÜEMES, C.; HEIRI, C.; KERR, G.; LEXER, M.J.; MASON, B.; MOHREN, F.; MÜHLETHALER, U.; NOCENTINI, S.; SVOBODA, M. 2014. *Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change*. Forestry 87(4), 492–503.
<https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018>

17. GARCÍA-GÜEMES, C.; CALAMA, R. 2015. *La práctica de la selvicultura para la adaptación al cambio climático*. En: Herrero, A. y Zavala, M.A. (eds). Los Bosques y la Biodiversidad frente al Cambio Climático: Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente, pp. 501–512.
18. Lorente-Casalini, O.; Villar-Salvador, P. Andivia Muñoz, E.; Valenzuela Celís, P.A.; Soneira Martínez, F.; García Pérez, J.L.; Oliet Palá, J.A.; Rey Benayas, J.M. 2023. *El papel de los remanentes forestales y sus atributos en la eficiencia colonizadora difiere entre especies de quercíneas mediterráneas*. XVI Congreso Nacional de la AEET. 16-20 octubre. Almería.
19. Martos, I., Dominguez-Nuñez JA, 2024. *Soil fungal pathogens in Pinus pinaster mature reforestation. Silvicultural treatments effects*. Pathogens. Special Issue: “Advanced Research on Soil-Borne Diseases”. Pathogens 2024, 13(8), 637; <https://doi.org/10.3390/pathogens13080637>.
20. Mas i Gisbert, H.; Valenzuela Celis, P.; Lencina, J.L.; Gallego, D., Pérez-Laorga, E.; Bravo, A.; Oliet Palá, J. 2024. *Efectos de los tratamientos selvícolas y el abandono de restos de madera en la diversidad de coleópteros saproxílicos en una plantación de Pinus pinaster en Guadalajara (España)*. V Reunión Científica de Sanidad Forestal. 19-21 junio 2024.
21. Oliet Palá, J.; García Pérez, J.L.; Villar Salvador, P.; Rodrigo García, M.; Berzal Martínez, A.; Bravo Fernández, J.A. 2023. *¿Mejoran las claras el potencial facilitador del dosel? Ambiente del sotobosque, supervivencia y crecimiento de cuatro especies plantadas a los cinco años bajo claras en un pinar de pino resinero del centro peninsular*. VI Reunión del Grupo de Trabajo en Selvicultura de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, Madrid y Cogolludo (Guadalajara). 26 y 27 octubre.
22. Oliet Palá, J.A., Bravo Fernández, A., Rubio Sánchez, A., de Frutos López, S., Roig Gómez, S. 2022. *Descripción del dispositivo experimental del proyecto FORADMIT: acciones selvícolas para la diversificación de pinares artificiales*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 89 pp. ISBN: 978-84-19516-00-8. <https://oa.upm.es/80752/> Archivo digital UPM.
23. Oliet Palá, J.A., García Pérez, J.L., Villar Salvador, P., Rodrigo García, M., Berzal Martínez, A., Bravo Fernández, J.A.. 2023. *Influencia de los tratamientos selvícolas y el abandono de restos en la comunidad de coleópteros saproxílicos en una repoblación de pino negral en el Parque Natural de la Sierra Norte de Guadalajara*. VI Reunión del Grupo de Trabajo en Selvicultura de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, Madrid y Cogolludo (Guadalajara). 26 y 27 octubre.
24. Oliet, J., García-Pérez, J.L., Villar-Salvador, P. 2024. *Silvicultural tools for enriching planted forests*. PEN-CAFoRR Final Conference. Cost Action Programm EU. 4-6 septiembre 2024.

25. Santiago, C.T., Aroca-Fernández, M.J., Gastón, A., López-Leiva, C., Ribas, V.A., Gómez-Lancha, C; Bravo-Fernández, A., García-Viñas, J.I. 2023. *Efecto de las cortas de entresaca por bosquetes sobre la biodiversidad de plantas vasculares en un pinar de repoblación (Pinus pinaster Ait.) en la provincia de Guadalajara*. VI Reunión del Grupo de Trabajo en Selvicultura de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, Madrid y Cogolludo (Guadalajara). 26 y 27 octubre.
26. VALBUENA-CARABAÑA, M.; LÓPEZ DE HEREDIA, U.; FUENTES-UTRILLA, P.; GONZÁLEZ-DONCEL, I.; GIL, L. 2010. *Historical and recent changes in the Spanish forests: A socio-economic process*. Rev. Palaeobot. Palynol. 162, 492–506.

Cuadro Resumen

Tipología

ACTUACIONES DE MEJORA

- Restauración
- I + D + i

Ámbito

<input checked="" type="checkbox"/> Relacionadas con la gestión forestal en sí misma.	<input checked="" type="checkbox"/> Relacionadas con la gestión forestal y a la adaptación o mitigación al cambio climático.	<input checked="" type="checkbox"/> Relacionadas con la mejora o conservación de la biodiversidad.
---	--	--

Ubicación

CC. AA: Castilla La Mancha

Municipio: Arbancón

DATOS DEL MONTE

Nombre del monte: Júcar

Titular: Junta de Comunidades de Castilla La Mancha

Superficie: 2151 ha

Gestión: Junta de Castilla La Mancha

Clasificación: MUP N° 261 del Catálogo de Montes de Utilidad Pública de Guadalajara

FIGURA DE PROTECCIÓN:

Parque Natural Sierra Norte de Guadalajara

ZEC y ZEPA: Sierra de Ayllón

CERTIFICACIÓN DE LA GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE.

GEORREFERENCIACIÓN: Latitud 40.995833 N; longitud: 3.179722 W

Fecha de implantación

2022-2026

Datos administrativos

Entidad promotora:

- Grupo de Investigación ECOGESFOR, Universidad Politécnica de Madrid.
- Junta de Comunidades de Castilla La Mancha

Responsable. Datos contacto:

- Nombre Contacto Responsable B.P: Sonia Roig Gómez
- Puesto que desempeña: doctora ingeniera de montes y profesora en la Universidad Politécnica de Madrid
- Teléfono: 910671765
- Mail: sonia.roig@upm.es

Palabras clave:

- Silvicultura adaptativa, repoblaciones forestales mediterráneas, Pinus pinaster, diversificación estructural y específica.