

Selvicultura eco-hidrológica en *Pinus halepensis*. Comunitat Valenciana



R E M P
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.



Selvicultura eco-hidrológica en *Pinus halepensis*. Comunitat Valenciana

Breve Resumen

Esta Buena Práctica refleja los estudios que se están realizando para evaluar como diferentes tratamientos selvícolas mejoran las condiciones de resistencia hidrológica de masas de pino carrasco frente a la sequía en rodales en la Comunitat Valenciana.



Figura nº1. Parcela de implementación de la acción C3 dentro del proyecto Life Adapt-Aleppo (Comunitat Valenciana). Selvicultura aplicada por calles. Autor: Red Estatal de Montes Públicos (REMP) Año: enero de 2025.



Contexto

Las masas de pino carrasco (*Pinus halepensis*) en la cuenca mediterránea han sufrido un cambio en su estado vegetativo, causado por el cambio climático. Destacamos las problemáticas siguientes:

- **Decaimiento del área de distribución de su hábitat**, debido a:
 - **AUMENTO DE LA TEMPERATURA.** Estrés térmico, desplazamiento de zonas climáticas y alteración de sus interacciones biológicas.
 - **VARIABILIDAD EN LA PRECIPITACIÓN.** Sequías frecuentes e intensas, eventos de lluvias extremas y disminución de la recarga de los acuíferos.
 - **INCREMENTO EN EL RIESGO Y LA SEVERIDAD DE LOS INCENDIOS FORESTALES.** Mayor frecuencia e intensidad, ciclos de recuperación prolongados y alteración de la estructura y composición del suelo.
 - **PROPAGACIÓN DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.** Si aumentan las temperaturas se favorece su proliferación.
 - **PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD.** Reducción/fragmentación/ampliación de los hábitats.
 - **ALTERACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.**
- La aridificación del clima en la región mediterránea.

La preocupación por el decaimiento de la especie llevaron a la creación de diversas iniciativas para identificar sus posibles causas, desde la administración y siguiendo la línea con proyectos de colaboración, como el LIFE.

Sin necesidad de buscar ser la mejor opción (ya que se barajaron varias de ellas), esta Buena Práctica se centra en masas forestales densas sin gestión, donde el desequilibrio eco-hidrológico y la tangencia de copas reducen la disponibilidad hídrica y limitan el crecimiento.

Resumen

El pino carrasco, ampliamente distribuido en el entorno mediterráneo, es clave en los bosques del Mediterráneo occidental. En España, la especie ocupa más de 2 millones de hectáreas y es muy vulnerable al cambio climático.

Como se ha comentado anteriormente, se planteó la necesidad de ejecutar el proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO (LIFE20 CCA/ES/001809) en el periodo 2021-2025, el cual ha pretendido contribuir a identificar estas carencias, mediante dos líneas de acción:

1. La ausencia de diagnósticos de idoneidad del hábitat bajo los escenarios de cambio climático, así como de herramientas de seguimiento de procesos de decaimiento específicas para estas masas.



2. La ausencia de modelos de gestión forestal adaptativa para estas masas.

Esta Buena Práctica ensaya herramientas de adaptación al cambio climático en bosques de pino carrasco, aplicando principalmente diferentes modelos selvícolas eco-hidrológicos en montes públicos en la Comunitat Valenciana.

Se realizaron **claras con diferentes intensidades** para evaluar el efecto de reducción de la densidad sobre la mejora al acceso del recurso hídrico. El ensayo (dentro del proyecto) se llevó a cabo en casi 45 hectáreas, repartidas en 9 rodales demostrativos. Se ubicaron en distintas zonas de España. **El rodal analizado** se encuentra concretamente en la zona de **La Hunde**, MUP número 154.

Concretamente, el fundamento de esta relación gestión-bosque-agua, es que, mediante la gestión forestal, principalmente la eliminación de un alto porcentaje de pies mediante claras y con la reducción de la cobertura, aumenta la precipitación neta y la energía solar (menor sombreado) que llegan al suelo. Esto desencadena una serie de cambios en los procesos ecosistémicos que varían en función del tipo de bosque, clima, intensidad y tipo de tratamiento.

Objetivos

1. Objetivo general:

Los tratamientos eco-hidrológicos implementados en la implementación de esta buena práctica buscan **reducir la densidad de la masa arbórea, basándose en las relaciones bosque-agua**. Estos tratamientos, buscan que al disminuir la densidad por el efecto de las cortas realizadas, aumente el agua (verde y azul¹) disponible para lograr masas forestales más estables y resilientes.

2. Objetivo específico:

- Mejorar el estado hídrico de las masas forestales densas de pino carrasco.
- Cuantificar los depósitos y flujos del ciclo eco-hidrológico mediante modelos como a través de mediciones directas sobre las parcelas para evaluar su efecto ante el decaimiento.
- Orientar la reducción de la masa según las cuatro funciones eco-hidrológicas que se plantean: la intensidad de cortas, la precipitación anual, la pendiente y la capacidad de retención del suelo.

¹ **Agua verde:** parte de la precipitación que cae al bosque y que acabará devolviendo a la atmósfera a través de la misma vegetación (Ramon Revilla, A. 2024).

Agua azul: diferencia entre la precipitación y el agua verde, y corresponde a la parte de la precipitación que no utilizará la vegetación y, por tanto, que no vuelve a la atmósfera, sino que se escurre por la superficie del terreno o se infiltra en el suelo hasta llegar a los ríos o acuíferos (Ramon Revilla, A. 2024).



Metodología

Los actuales contextos climáticos y socioeconómicos **requieren de estrategias de gestión que mejoren la resiliencia de los bosques y con ello su adaptación a las condiciones futuras**, donde la **selvicultura adaptativa** debe jugar un papel crucial en la generación de información técnica (Molina et al., 2021).

En zonas mediterráneas con poca disponibilidad de agua, esta influye directamente en procesos ecosistémicos clave como el crecimiento, la productividad, el estrés hídrico y el riesgo de incendios. **Se consideraron 4 funciones eco-hidrológicas principales:**

FUNCIÓN ECOHIDROLÓGICA	OBJETIVO DE LA FUNCIÓN	ESTRUCTURA DEL SISTEMA FORESTAL
Regulación	Principalmente enfocado a la retención temporal de agua proveniente de una precipitación intensa.	Masas muy densas y con una gestión de muy baja intensidad (normalmente ausente).
Retención	Prioriza la generación de agua verde, para aumentar la resiliencia del sistema.	Masas con una competencia reducida (intervenciones moderadas) y con especies de bajo consumo hídrico, para favorecer el aumento y reserva de la humedad del suelo.
Provisión	Prioriza la generación de agua azul.	Se busca una mayor apertura de la masa con espacios libres de vegetación (intervenciones de moderadas a fuertes), aunque teniendo en cuenta el posible riesgo de erosión.
Uso eficiente	Prioriza la generación de biomasa, concretamente optimizar la relación biomasa:agua (maximizar el uso eficiente de agua o cociente Carbono/Agua usada). Por lo que busca una selvicultura más productivista con una explotación plena del espacio y de los recursos suelo, luz y agua por parte del bosque.	Masas con los individuos repartidos homogéneamente optimizando el espacio, enfocando a la producción primaria.

Tabla nº1: Funciones eco-hidrológicas de interés en la gestión forestal ecohidrológica consideradas por el proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO. Fuente: Implementación de la selvicultura ecohidrológica en los pinares de pino carrasco (Proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO, 2025).

Para llevar a cabo la implementación, el análisis y seguimiento se plantea la siguiente **metodología de actuación**:

- **SELECCIÓN DE LA ZONA DE IMPLEMENTACIÓN.**
- **DISEÑO DEL TIPO DE TRATAMIENTO.**

Realización de claras para eliminar entre el 40 y 50% del área basimétrica (AB) a través de tratamiento homogéneo o por calles.



Se llevaron a cabo 2 tipos de cortas (dejando el rodal control a parte):

- **Control:** consiste en la masa densa/hiperdensa objetivo sin actuar. Al tener un número elevado de pies pueden servir como resistencia para minimizar impactos como riadas, aludes o impactos de rocas.
- **Tratamiento de corta homogénea y/o selectiva:** extracción de pies en toda la superficie. Puede hacerse de manera uniforme (corta homogénea) o según criterios como el tamaño, la edad, estado de salud o valor (corta selectiva). Por ello, tienen un efecto comparable sobre las distintas funciones eco-hidrológicas. Aumentan el agua verde al disminuir la competencia por el recurso, esto favorece la relación biomasa: agua, mejorando el crecimiento y vigor de la masa.
- **Tratamiento de corta por calles:** se divide la parcela en calles rectas teniendo en cuenta la distribución de los pies de pino carrasco (como es el caso de la parcela de la Hunde y, como se puede observar en las fotografías (figura 1 y figura 2) y se corta 1 de cada 3. Se presentan en función de su orientación:
 - ORIENTADAS CON CRITERIOS INTRÍNSECOS DE LA MASA. **Eliminación de las filas de árboles dejando franjas de vegetación intactas**, generalmente alineadas con la pendiente o las líneas de plantación de la repoblación. Mantiene a los árboles en competencia (excepto los que están en el borde de la calle) y genera zonas abiertas (sin vegetación), lo que favorece la producción de agua azul.
 - ORIENTADAS A LA PRODUCCIÓN DE AGUA. **Eliminación de filas de árboles dejando franjas de vegetación intactas**. aunque la orientación y tamaño de las calles se optimizan para aumentar el sombreado en la franja abierta y por tanto reducir la evaporación asociada al suelo. Las calles se orientan de Este a Oeste.

Al optimizar el sombreado, puede tener un impacto **positivo en la función de provisión**.



Figura nº2. Vista de los tipos de tratamiento aplicados, clareo homogéneo y clareo por calles. Life Adapt-Aleppo.
Autor: Adaptaleppo.eu 2.021



Figura nº3. Parcela de control dentro situada al lado de la parcela estudiada (Comunitat Valenciana). Selvicultura aplicada por calles Autor: Red Estatal de Montes Públicos (REMP) Año: enero de 2025.

• EJECUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.

Las administraciones responsables en cada región han llevado a cabo la aplicación de estos tratamientos selvícolas.

Se utilizó la maquinaria que se detalla a continuación:

- **Procesadora.**
- **Motosierra.**
- **Procesadora y motosierra.**
- **Cizalla TMF500R.**

Resultados

En los análisis preliminares de los resultados obtenidos dentro del mismo proyecto (no haciendo referencia al rodal estudiado directamente), se ha estudiado el impacto del tratamiento en el movimiento de agua profunda.

Concretamente, se está monitoreando la columna de agua en la salida de dos cuencas pareadas (una cuenca tratada y otra cuenca control) situadas en Sierra de



Luna (Zaragoza), donde se implementaron actuaciones similares a las visitadas en la zona de La Hunde. El tratamiento implementado es un tratamiento por calles orientadas con criterios intrínsecos de la masa.

Tras el monitoreo se ha observado un mayor movimiento de agua en la cuenca tratada frente a la cuenca control, tanto en días que se ha registrado agua como en el flujo medio del periodo monitoreado.

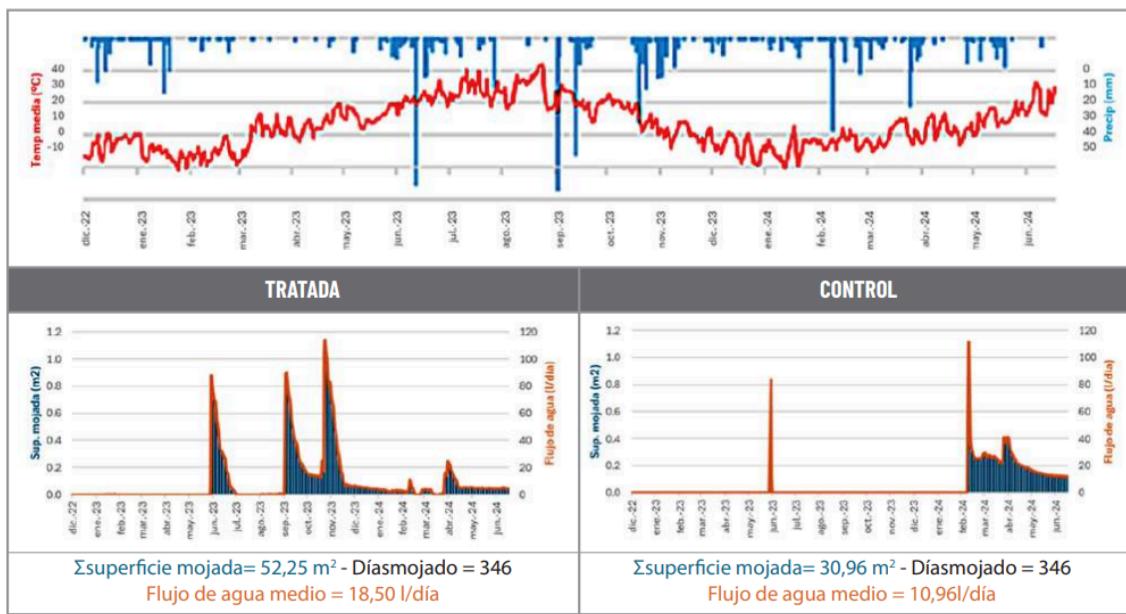


Tabla nº3: Dinámica de la superficie mojada detectada a la salida de cada cuenca (control y salida) situadas en Sierra de Luna. Fuente: Implementación de la selvicultura ecohidrológica en los pinares de pino carrasco (Proyecto LIFE ADAPT-ALEPOO, 2025).

Los resultados obtenidos, de manera general son:

- **Mayor incremento del tamaño de los árboles** en el rodal tratado en comparación con el rodal control (no tratado).
- **Mayor separación entre los anillos de los árboles** que forman los rodales tratados.
- **Cambio en el régimen hídrico de la humedad del suelo**, observando un aumento del agua capilar y mejora del estado hídrico del sistema en el rodal tratado.

Resaltamos que los datos del proyecto LIFE se publicarán en junio de 2025, en el Congreso Forestal. Y los mostrados anteriormente se encuentran dentro de la Guía técnica para la ecohidrología que se adjunta en el apartado de Documentación Adjunta.



Validación y Monitorización.

Como se ha comentado en párrafos anteriores, si existe monitorización de las actuaciones implementadas y recogidas dentro de esta buena práctica. Se plantean a continuación:

- **MONITOREO Y CUANTIFICACIÓN** (continua y puntual).

Se tomaron datos para disponer de inventarios dasométricos clásicos en el pretratamiento y postratamiento de manera anual. También, se realizaron análisis edáficos y dendrocronológicos, y puntualmente, en algunas parcelas se ha realizado (y se sigue haciendo) un seguimiento continuo a través de la sensorización.

Las mediciones puntuales se tomaron en diferentes momentos temporales y cada una de ella tenía un objetivo de caracterización distinto. Se muestra a continuación:

	Caracterización fisiográfica-edáfica-planta	Caracterización dasométrica	Caracterización dendrocronológica	Caracterización arbustiva
MEDICIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Coordenadas X e Y - Altitud - Pendiente - Orientación - Análisis de suelo para la textura y pedregosidad (si es posible) <ul style="list-style-type: none"> - FCC (fracción de cabida cubierta) - LAI (índice de área foliar, si hay disponibilidad). 	<p>Se medirán todos los árboles dentro de las parcelas de muestreo.</p> <p>Se medirán:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Número de pies mayores y menores - Altura - Diámetro 	Extracción de cores principalmente para comparar el efecto del tratamiento.	<p>En la parcela circular se realizarán 2 transectos de 1 metro de ancho en los diámetros cruzados de presencia/ausencia de especies en el estrato arbustivo para inferir el porcentaje de cobertura. Se realizarán de N-S y E-O.</p> <p>Y en la parcela rectangular, el muestreo solo será un transecto de un metro de ancho sobre las aristas longitudinales del transecto (por lo que el largo vendrá determinado por ellas).</p>
OBJETIVO	Visión general del rodal. Evolución de la masa: interceptación principalmente.	Evolución de la masa	Cambio que ha producido el tratamiento en el desarrollo de la masa respecto a su "no gestión".	Desarrollo relativo del estrato arbustivo
■ Solo una vez: a los 2-3 años del tratamiento ■ Solo una vez: pre-tratamiento ■ Pre-tratamiento, post tratamiento y anual				

Tabla nº 2: Tipos y momentos de mediciones puntuales tenidos en cuenta para realizar el seguimiento de los rodales (tratados y controles) de silvicultura basada en la ecohidrología. Fuente: Implementación de la selvicultura ecohidrológica en los pinares de pino carrasco (Proyecto LIFE ADAPT-ALEPOO, 2025).

Las mediciones en continuo se basaron en la sensorización donde su objetivo es la cuantificación del ciclo eco-hidrológico. La medida más importante es la tomada desdel suelo, donde se pueden monitorear el contenido de humedad (siendo la principal), la temperatura y el potencial matricial.

A continuación se muestran las herramientas utilizadas:





Figura nº4: Sensorización recomendable para el seguimiento de los efectos del tratamiento en los procesos hidrológicos. Fuente: : Implementación de la selvicultura ecohidrológica en los pinares de pino carrasco (Proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO, 2025).

Número de réplicas y/o escalado.

Se tiene conocimiento de las réplicas que se han realizado dentro del ámbito del propio proyecto LIFE (en las comunidades autónomas de Cataluña, la Comunitat Valenciana, la Región de Murcia y Aragón), también de en la Sierra de Luna (Zaragoza), donde se implementaron actuaciones similares a las visitadas en la zona de La Hunde (y de las que se presentan los resultados en el apartado anterior).

Documentación Adjunta

- Entrevista a Laura Blanco Cano, investigadora de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).
- La presentación de la iniciativa y acciones se encuentra en la página web del proyecto Life Adapt - Aleppo que se adjunta a continuación: <https://adaptaleppo.eu/>
- Blanco-Cano, L., del Campo, A.D., Martín-Alcón, S., Olivar-Ruiz, J. & Ameztegui, A. 2025. Guía técnica “Implementación de la selvicultura ecohidrológica en los pinares ibéricos de pino carrasco”. LIFE ADAPT-ALEPPO (LIFE20 CCA/ES/001809). https://adaptaleppo.eu/wp-content/uploads/2025/03/AdaptAleppo-GT_03_Ir.pdf



Cuadro Resumen

Tipología

ACTUACIONES DE MEJORA

- Tratamientos selvícolas

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.	Relacionadas con la mejora o conservación de la biodiversidad.
---	--	--

Ubicación

CA: Comunitat Valenciana.

Fecha de implantación

Fecha de inicio del proyecto: 2024.

Fecha de actuación en el rodal analizado: septiembre/octubre 2024.

Datos administrativos

Entidad promotora:

- Generalitat Valenciana.
- Beneficiario coordinador: Ingeniería del Entorno Natural (IDEN)
- Beneficiarios asociados:
 - AGRESTA Sociedad Cooperativa (AGRESTA)
 - Dirección General del Medio Natural de la CARM (DGMN)



- Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)
- Universidad Politécnica de Valencia (UPV)
- Universitat de Lleida (UdL)

Responsable. Datos contacto:

- Nombre de contacto responsable: Miguel Chamón Fernández
- Puesto que desempeña: Servicio de Gestión y Protección Forestal, Subdirección de Montes, Caza y Pesca fluvial
- Teléfono: 968228876
- Mail: miguel.chamon@carm.es

Palabras clave:

- Agua verde
- Agua azul
- Fracción de cabida cubierta
- Área basimétrica
- Cuenca hidrológica
- Tratamiento homogéneo o por calles
- Selvicultura eco-hidrológica
- Selvicultura
- Ecohidrología