Cofinanciado por la Unión Europea









LIFE AgroForAdapt (2021-2026)

Sistemas AgroForestales para la adaptación al cambio climático de espacios agrícolas y forestales mediterráneos

LIFE20 CCA/ES/001682

Informe Layman

Contexto

La cuenca mediterránea es uno de los "puntos críticos" o *hotspots* más vulnerables al cambio climático a nivel mundial. En este escenario de incremento de temperaturas, regímenes cada vez más irregulares de precipitación y cambios en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, la gestión de nuestros espacios agrarios y forestales requiere tomar medidas urgentes de adaptación.

Los principales procesos que han modelado el paisaje rural de la Europa mediterránea desde mediados del siglo XX son, por un lado, la intensificación agraria y, por otro, el abandono rural. En las zonas llanas, se promovió una agrupación progresiva de campos de cultivo para crear terrenos cada vez más grandes y simplificados, destinados principalmente a monocultivos. Una de las consecuencias fue la pérdida del 70% de los márgenes leñosos en Francia entre 1962-99 y el 50% en Cataluña entre 1957-81. También se perdieron más del 90% de los sistemas combinados frutal-cultivo en Francia y España entre los años 60 y 90 del siglo XX.





Ejemplos de simplificación agraria: izquierda: los cultivos llegan prácticamente hasta el cauce del río, y el bosque de ribera ha quedado muy degradado o ha desaparecido. Derecha: "mar de cereal", un paisaje totalmente desprovisto de árboles.

Algunas consecuencias de esta simplificación son:

Vulnerabilidad económica: fuerte dependencia de insumos externos (agroquímicos, energía y combustible), necesidad de maquinaria cada vez más grande y costosa y exposición a las fluctuaciones de los mercados de un único producto. Esto reduce progresivamente la rentabilidad, provocando la desaparición de empresas agrarias familiares y dificultades para el relevo generacional.

Vulnerabilidad ambiental y climática: la pérdida progresiva de fertilidad del suelo y de biodiversidad reduce la capacidad de los ecosistemas para resistir fenómenos climáticos extremos, aumentando su vulnerabilidad a plagas y enfermedades. El abandono de las masas forestales provoca una excesiva densidad de vegetación, incrementando su vulnerabilidad a sequías, problemas sanitarios e incendios.

Contaminación: la contaminación de cursos de agua por nitratos y otros agroquímicos es un problema ambiental de primer orden en áreas de predominio agrícola.



Bosque ocupando espontáneamente antiguas terrazas de uso agrario.

Por otro lado, en los últimos sesenta años, el abandono de la agricultura y la ganadería en España, principalmente en zonas de media montaña, ha dado lugar a un incremento de más de siete millones de hectáreas de superficie forestal, es decir, un aumento de dos tercios respecto a la superficie forestal en la década de 1950. De los 28,5 millones de hectáreas forestales actuales, una parte mayoritaria se encuentra abandonada: en España solo se aprovecha el 15% de la madera acumulada cada año, si se exceptúa la cornisa cantábrica.

La masa forestal resultante, continua y con densidad a menudo excesiva, está expuesta a problemas crecientes:



Sistemas agroforestales: soluciones antiguas frente a retos presentes y futuros

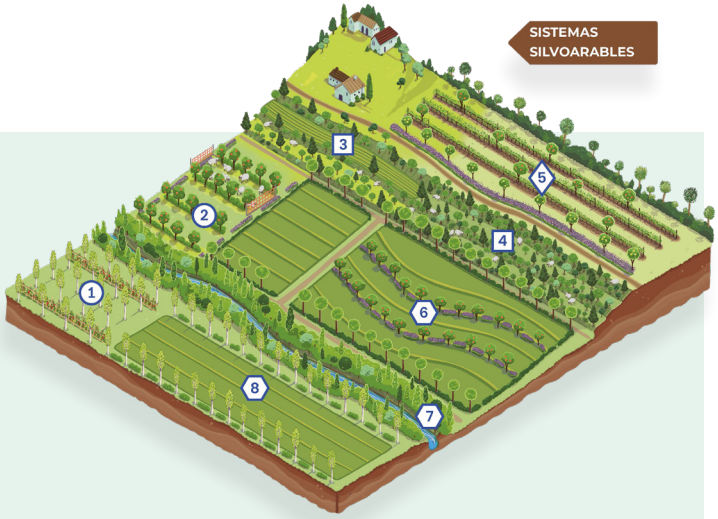
Las limitaciones económicas, sociales y ambientales del modelo agrario y forestal predominante han dado lugar al surgimiento de corrientes de uso del territorio que buscan recuperar la viabilidad de las explotaciones familiares. Este replanteamiento pasa por un mejor conocimiento de los ecosistemas agrarios y forestales, para buscar un aprovechamiento más eficiente de los recursos localmente disponibles y aumentar así la sostenibilidad económica, social y ambiental de las fincas. Este proceso incluye incorporar avances recientes en el conocimiento del funcionamiento del suelo, microbiología, ecología, fisiología o genética, pero también la consideración y actualización de prácticas tradicionales, incluyendo lo que hoy llamamos sistemas agroforestales.



Paisaje tradicional agroforestal (Solsonès, Lleida).

> *Llamamos sistema agroforestal a la práctica de combinar deliberadamente vegetación leñosa (árboles o arbustos) con sistemas agrícolas y/o ganaderos para generar beneficios de sus interacciones ecológicas y económicas, donde:*
> *· al menos un 5% de la superficie del sistema está ocupado por las copas de la vegetación leñosa cuando esta alcanza su pleno desarrollo.*
> *· al menos un tercio de la superficie está ocupado por el componente agrícola y/o ganadero.*

Dos de los tipos principales de sistemas agroforestales en el contexto mediterráneo son los **sistemas silvoarables** (combinación de vegetación leñosa con cultivos) y los **sistemas silvopastorales** (combinación de un componente leñoso -arbustivo y/o arbóreo- con ganado o producción pastoral). En ambos casos, la situación de partida puede ser un terreno de uso previo agrario (donde se añade el componente leñoso) o un sistema leñoso (plantación o bosque) donde se añade el componente agrícola o ganadero. El componente leñoso puede incluir frutales, viña, árboles y arbustos madereros o forrajeros, y especies que hagan una función auxiliar: cortavientos, mejora del suelo, refugio de la fauna auxiliar, etc. El componte agrícola sería cualquier cultivo, herbáceo o leñoso.

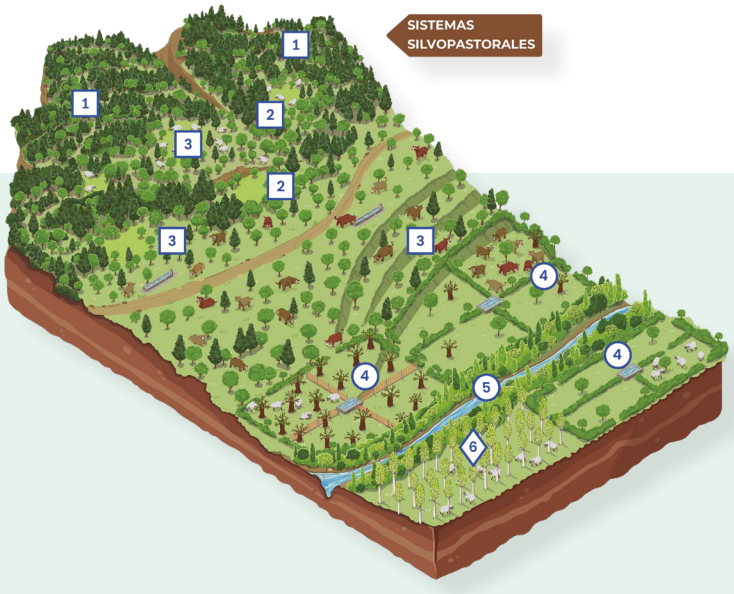


1 / Cultivos hortícolas y forrajeros entre los chopos
2 / Forrajeras herbáceas y leñosas entre frutales. Márgenes leñosos y márgenes herbáceos (especies de floración complementaria)

3 / Recuperación de cultivo y pasto en antiguas terrazas.
Clara (reducción densidad arbolada) en taludes
4 / Adehesamiento de antiguas terrazas.
Clara (reducción densidad arbolada) en taludes

5 / Márgenes leñosos (arbustos, árboles, aromáticas) y herbáceos (especies de floración complementaria). Cubiertas verdes. Frutales dispersos en las hileras de viña

6 / Hileras de frutales y aromáticas siguiendo línea clave (diseño hidrológico). Márgenes leñosos (arbustos, árboles)
7 / Restauración del bosque de ribera
8 / Márgenes leñosos (arbustos, árboles)



1 / Bosque aclarado
2 / Recuperación de espacios abiertos
3 / Bosque adehesado

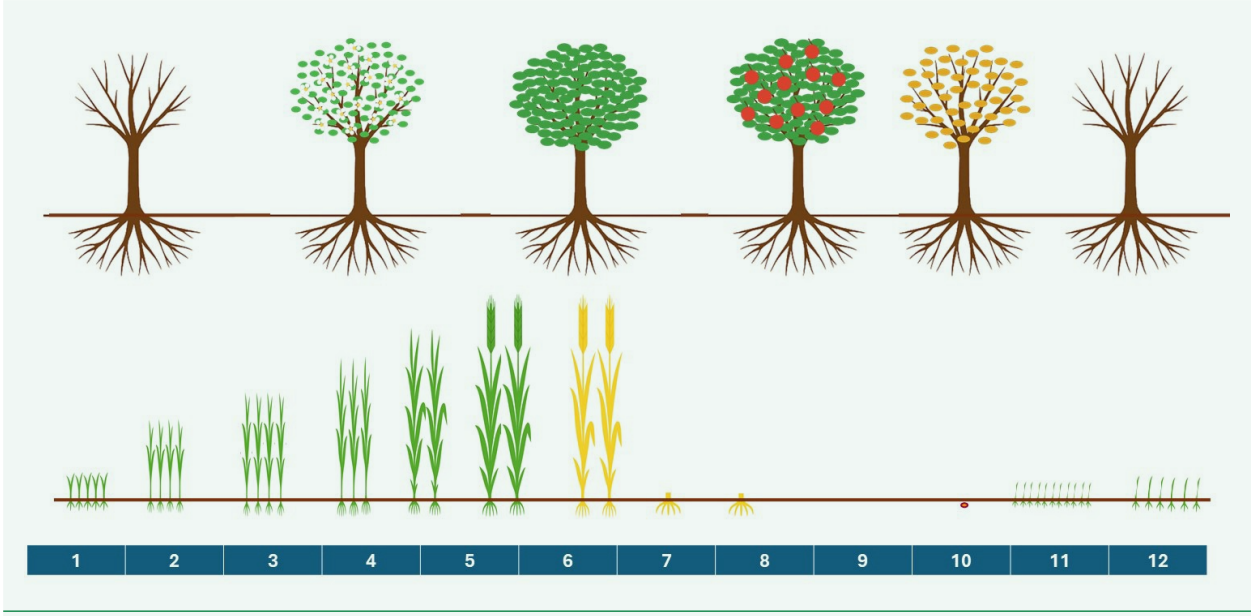
4 / Diversificación forrajera con arbustos y árboles forrajeros (trasmochos o no). Creación de recintos pastorales para pastoreo racional
5 / Restauración del bosque de ribera

6 / Pastoreo entre hileras arboladas

Los sistemas silvoarables

El diseño de un sistema silvoarable busca optimizar el reparto del espacio asignado al componente leñoso y al componente agrícola para maximizar la complementariedad en el aprovechamiento de la luz, el agua y los nutrientes del suelo, y también las interacciones positivas: mejora del microclima, fertilización indirecta, acogida de fauna auxiliar...

La complementariedad se basa en que cada componente ocupa distintas alturas y distintas profundidades del suelo, y además están activos (es decir, haciendo fotosíntesis) en momentos del año que no siempre coinciden. Como consecuencia, se consigue aprovechar más eficazmente la luz y el agua, aumentando la infiltración y reduciendo los problemas de encharcamiento y erosión.



Esquema del estado de desarrollo del cereal de invierno y de un frutal de hoja caduca en los diferentes meses del año (numerados del 1 al 12). Si se producen por separado, existen largos períodos del año en los que no se aprovechan los recursos (agua, luz) disponibles. En cambio, si se combinan, es posible disponer de al menos uno de los dos componentes activos todos los días del año.



Sistema silvoarable con frutales en Charente Marítimo (Francia).

Las interacciones son los efectos del componente leñoso sobre el agrícola, y viceversa. Por ejemplo, los árboles generan un microclima para el cultivo más húmedo y menos expuesto al viento y la insolación, acogen fauna auxiliar e incrementan la materia orgánica y el carbono del suelo, aunque también causan un sombreo parcial. Por otro lado, la gestión agrícola permite regular la competencia de la vegetación adventicia sobre los árboles.

Las principales consecuencias de los procesos de complementariedad e interacción son una mayor productividad total (considerando los dos componentes), una diversificación de los productos obtenidos y una mayor capacidad de adaptación al cambio climático. Además, estos sistemas dan lugar a importantes mejoras ambientales: protección del suelo, de la calidad del agua (filtrado de lixiviados agrícolas) y de la biodiversidad.

El componente leñoso se dispone principalmente en los márgenes de la parcela o como de hileras intercaladas.

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOARABLES

VENTAJAS COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS SILVOARABLES

Ventajas productivas y socioeconómicas

- Diversificación de la producción (agrícola + otra agrícola y/o forestal y/o ganadera)
- Más productividad total por hectárea
- Productos de alto valor añadido (ventajas sociales y ambientales)
- Valor patrimonial del terreno
- Percepción social de la propiedad
- Nuevas fuentes de financiación: créditos climáticos, apicultura, mejora del paisaje...

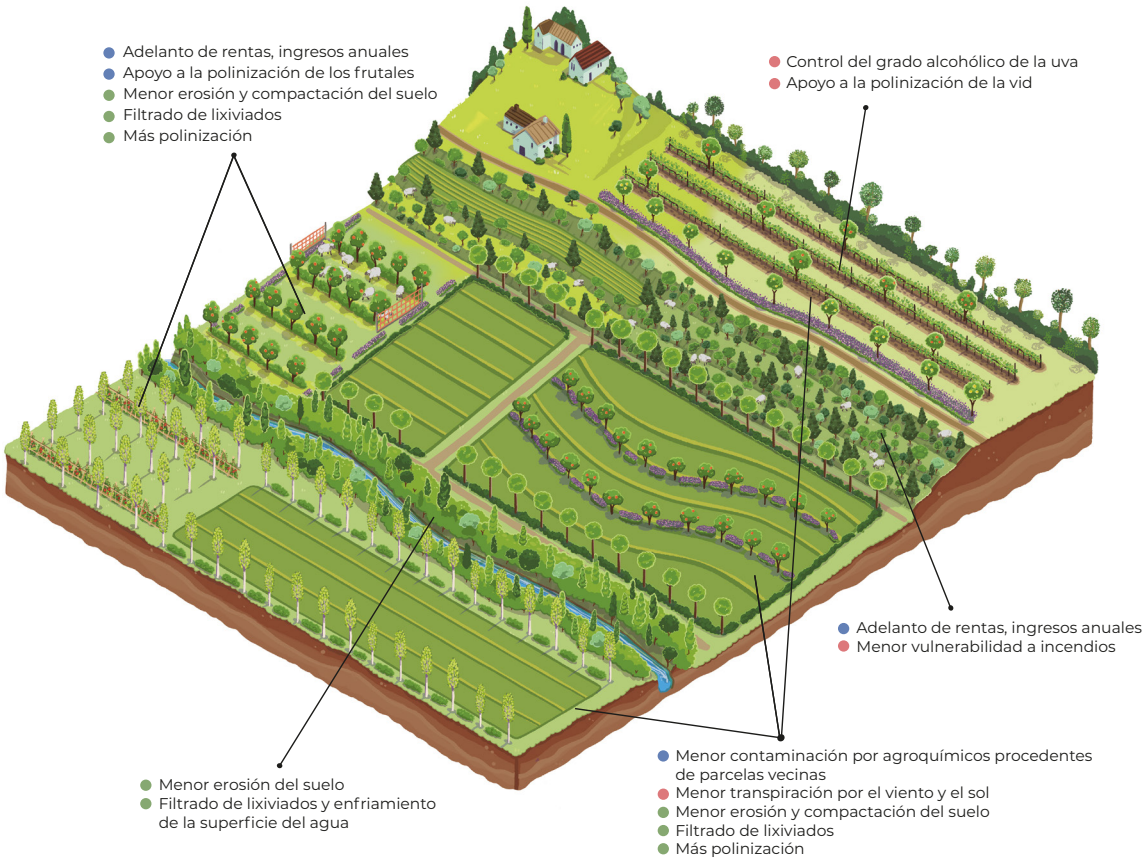
Adaptación al cambio climático

- Temperaturas extremas suavizadas, menor impacto en caso de sequía o tormenta

Ventajas ambientales

- Más biodiversidad (diversificación de hábitats) y mejor conectada
- Más fijación de carbono

VENTAJAS ESPECÍFICAS DE CADA SISTEMA SILVOARABLE



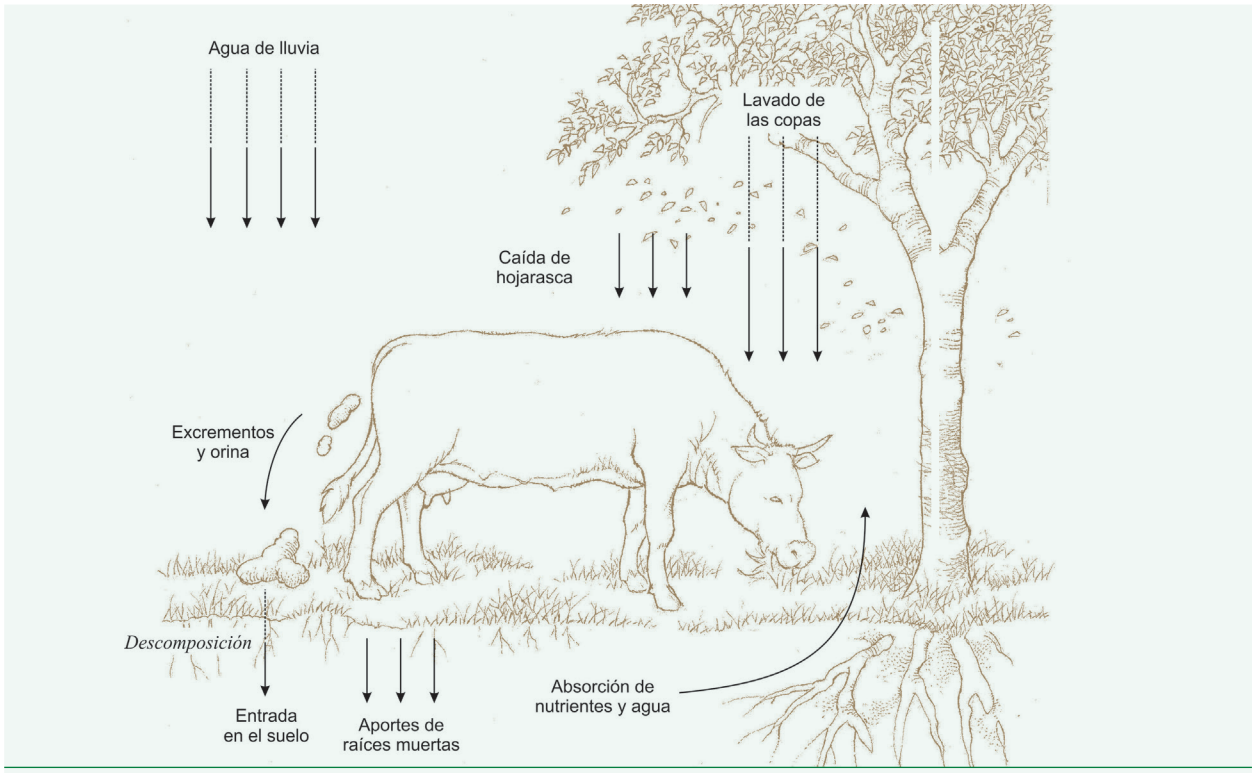
Sistemas silvopastorales

Al igual que en los sistemas silvoarables, los sistemas silvopastorales buscan crear complementariedades e interacciones positivas entre el componente leñoso y el componente pastoral o ganadero.



Sistema silvopastoral bajo bosque donde se ha realizado una clara y desbroce selectivo (Sant Climent de Llobregat - Barcelona).

Las principales interacciones de los árboles sobre el componente ganadero son la creación de un microclima más suave para el pasto y los animales, que prolonga el tiempo en el que el pasto está verde y mejora el bienestar animal. Además, el componente leñoso puede ser una fuente complementaria de alimento, en forma de hojas y ramas tiernas (árboles y arbustos forrajeros) y de los frutos (bellotas, castañas, fruta...). Por su parte, los animales fertilizan los árboles con sus excrementos y, en el caso del silvopastoralismo en bosque, ayudan a limitar el desarrollo del sotobosque, reduciendo la competencia para los árboles y manteniendo un bosque poco vulnerable a incendios forestales.



Interacciones entre los distintos componentes de un sistema silvopastoral.

Para implantar un bosque en un sistema silvopastoral suele ser necesario aplicar un tratamiento selvícola (claras y desbroces) para crear las condiciones para que el ganado pueda acceder, transitar y encontrar diversos forrajes herbáceos y leñosos. Si el sistema silvopastoral se establece en un terreno de pasto, lo habitual es añadir la vegetación leñosa en el perímetro del terreno o en su interior, de forma agrupada o dispersa, y siempre con un sistema de protección adecuado para los árboles.

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES

VENTAJAS COMUNES DE TODOS LOS SISTEMAS

Ventajas productivas y socioeconómicas

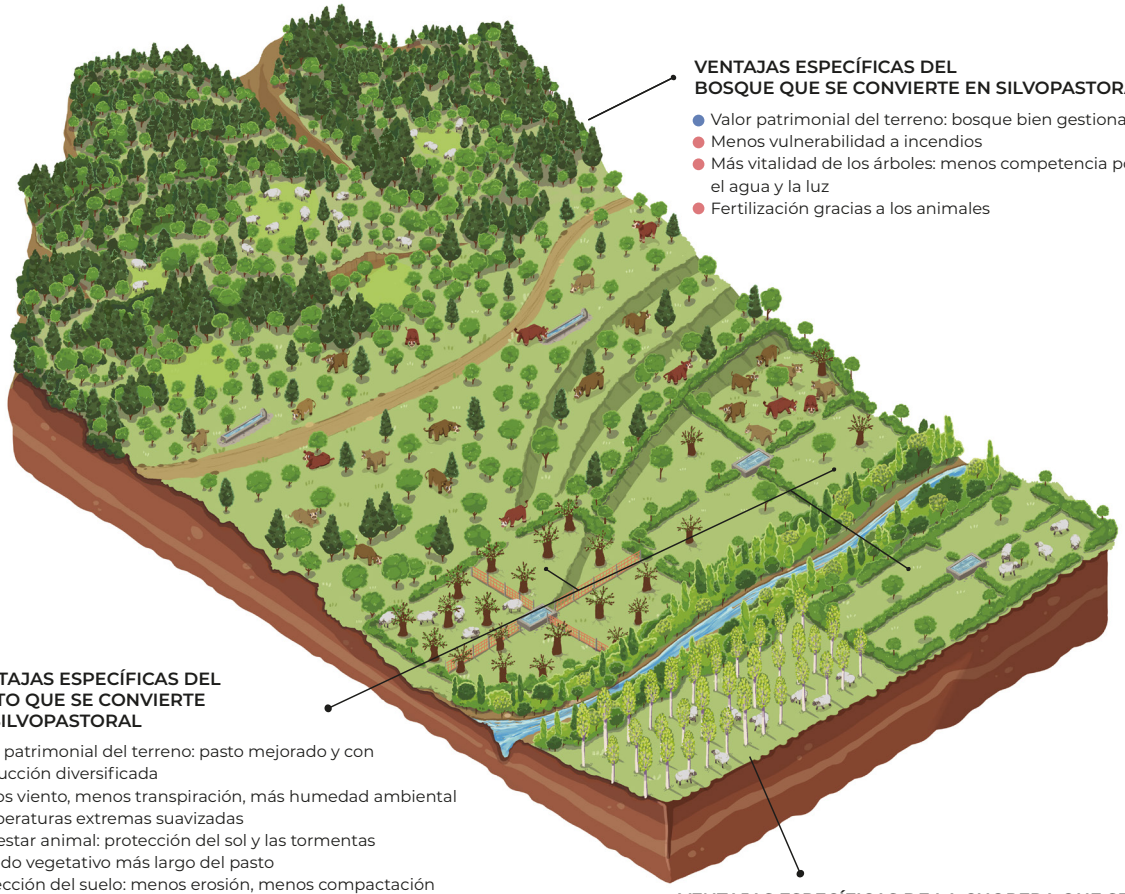
- Diversificación de la producción (productos ganaderos y forestales)
- Diversificación de los recursos forrajeros: hierba, ramón, frutos, bellotas...
- Más productividad total por hectárea
- Productos de alto valor añadido gracias a los beneficios sociales y ambientales
- Percepción social de la propiedad
- Nuevas fuentes de financiación: créditos climáticos, apicultura, mejora del paisaje...

Adaptación al cambio climático

- Más tolerancia a la sequía y a eventos meteorológicos extremos

Ventajas ambientales

- Más biodiversidad (diversificación de hábitats) y mejor conectada



VENTAJAS ESPECÍFICAS DEL BOSQUE QUE SE CONVIERTE EN SILVOPASTORAL

- Valor patrimonial del terreno: bosque bien gestionado
- Menos vulnerabilidad a incendios
- Más vitalidad de los árboles: menos competencia por el agua y la luz
- Fertilización gracias a los animales

VENTAJAS ESPECÍFICAS DEL PASTO QUE SE CONVIERTE EN SILVOPASTORAL

- Valor patrimonial del terreno: pasto mejorado y con producción diversificada
- Menos viento, menos transpiración, más humedad ambiental
- Temperaturas extremas suavizadas
- Bienestar animal: protección del sol y las tormentas
- Periodo vegetativo más largo del pasto
- Protección del suelo: menos erosión, menos compactación
- Protección del agua: filtrado de deyecciones y lixiviados
- Fijación de carbono en la madera
- Menos impacto de crecidas del río

VENTAJAS ESPECÍFICAS DE LA CHOPERA QUE SE CONVIERTE EN SILVOPASTORAL

- Fertilización gracias al ganado
- Protección del suelo: menos erosión

El proyecto LIFE AgroForAdapt

El proyecto **LIFE AgroForAdapt** (octubre 2021 – diciembre 2026) tiene como objetivo promover los sistemas agroforestales como una solución multifuncional que promueve la adaptación al cambio climático de espacios agrícolas y forestales mediterráneos.

Socios

El proyecto cuenta con ocho entidades beneficiarias de naturaleza complementaria, coordinadas por el Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya. También se ha contado con dos entidades co-financiadoras y la colaboración de otras instituciones en las áreas de trabajo: Cataluña, Castilla y León, Occitania y Provenza – Alpes – Costa Azul

CTFC	**Centre de Ciència y Tecnologia Forestal de Catalunya:** Centro de investigación y transferencia
Diputació Barcelona	**Diputació de Barcelona:** Administración pública
Diputació de Girona	**Diputació de Girona:** Administración pública
AMB Àrea Metropolitana de Barcelona	**Àrea Metropolitana de Barcelona:** Administración pública
Generalitat de Catalunya	**Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació:** Administración pública
fundació emys recerca i conservació del patrimoni natural	**Fundació Emys:** ONG de conservación de la naturaleza
agresta	**Agresta S. Coop.:** Sociedad cooperativa de consultoría forestal y ambiental. Responsable de la implementación del proyecto en Castilla y León
Agroof agroforesterie	**Agroof, SCOP. :** Sociedad cooperativa de consultoría agroforestal. Responsable de la implementación del proyecto en Francia

Entidades co-financiadoras:

Diputació Tarragona	**Diputació de Tarragona:** Administración pública
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Liberté Égalité Fraternité / agence de l'eau RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE	**Agencia del Agua Ródano Mediterráneo Córcega:** Administración pública

Además, se ha contado con la participación de un comité asesor externo compuesto por 44 personas, que ha contribuido al buen desarrollo de las acciones mediante cuatro reuniones temáticas donde se ha abordado el diseño, gestión y seguimiento de sistemas agroforestales, los retos y oportunidades de la promoción normativa y comercial de los sistemas agroforestales, y cómo promover la visibilidad y el asociacionismo agroforestal.

Impacto territorial del proyecto

AgroForAdapt ha trabajado en 75 sistemas silvoarables y silvopastorales demostrativos, en los que se hace un seguimiento a lo largo del proyecto, además de casi 300 sistemas de replicación, en los que se ha realizado una implementación y/o un acompañamiento técnico. En total, se ha actuado sobre más de 4.000 hectáreas:

- 38 sistemas silvoarables demostrativos (226 ha) y 99 de replicación (670 ha). Estos sistemas cuentan con gran variedad de especies agrícolas (cereales, plantas aromáticas, viña, forrajeras…) y leñosas (frutales de hueso, fruto seco, árboles para madera de calidad, micorrizados…).

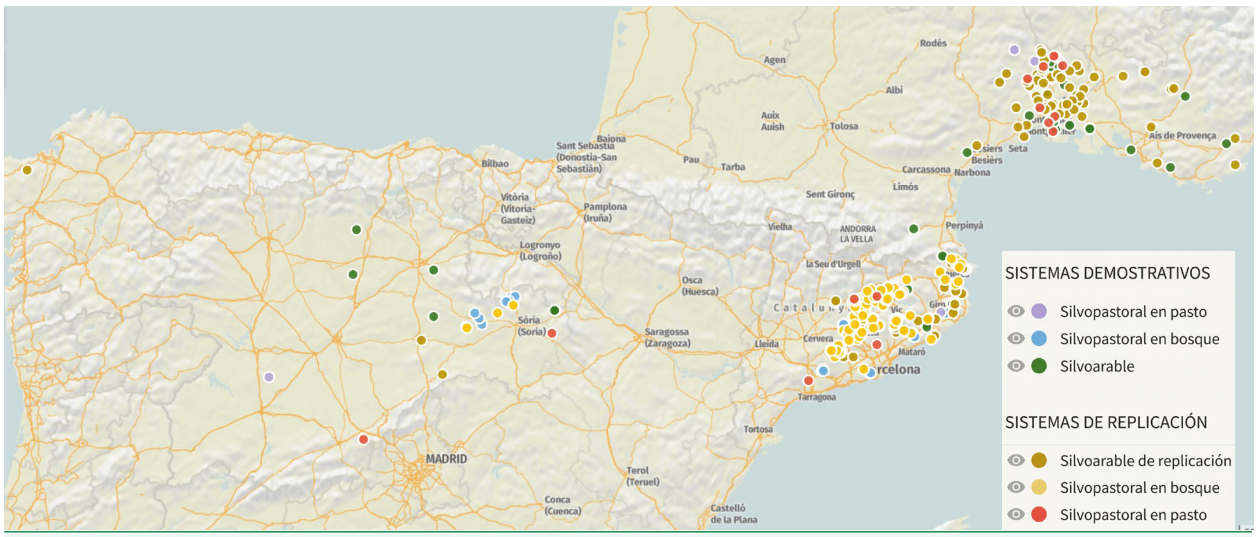


Sistema silvoarable con encinas truferas combinadas con cultivo de plantas aromáticas.

- 11 sistemas silvopastorales demostrativos en pastizales (144 ha) y 15 sistemas de replicación (129 ha).
- 26 sistemas silvopastorales en bosque, con 477 ha demostrativas: 51% de pinares (principalmente, pinos silvestre y carrasco), 22% de encinar y robledal y 27% de bosques mixtos. Además, se ha realizado la replicación de estos sistemas en 184 bosques, con 2.398 ha. De estas superficies, cerca del 15% ha sido adehesada (reducción intensa de la densidad arbolada), mientras que en el resto se han aplicado claras y desbroces más suaves, manteniendo un ambiente de bosque.



Bosque aclarado y desbrozado (Sora, Barcelona).



Visor de sistemas agroforestales demostrativos y de replicación del proyecto LIFE AgroForAdapt. Consultable aquí.



Seguimiento y resultados de los sistemas silvoarables demostrativos AgroForAdapt

Se ha realizado un seguimiento detallado de los 38 sistemas agroforestales demostrativos, caracterizados por su gran diversidad de combinaciones y de contextos productivos y climáticos. De éstos, 15 sistemas eran preexistentes, lo que ha permitido ampliar el rango de edades y estados de desarrollo estudiados.

El seguimiento se ha centrado en comparar los resultados del cultivo y los árboles combinados (sistemas agroforestales) y por separado (monocultivo), en las mismas condiciones. Las principales variables estudiadas están centradas en la productividad y la adaptación al cambio climático: rendimiento y vigor vegetal, las implicaciones sobre la gestión agronómica (mecanización, insumos), el microclima inducido por los árboles sobre el cultivo (luz, humedad y temperatura del aire y del suelo) y efectos sobre el carbono del suelo y biodiversidad de aves y polinizadores. A pesar de la gran diversidad de los sistemas estudiados, y a que estos son predominantemente jóvenes (y por tanto las interacciones son incipientes), se observan algunas tendencias generales, descritas a continuación.



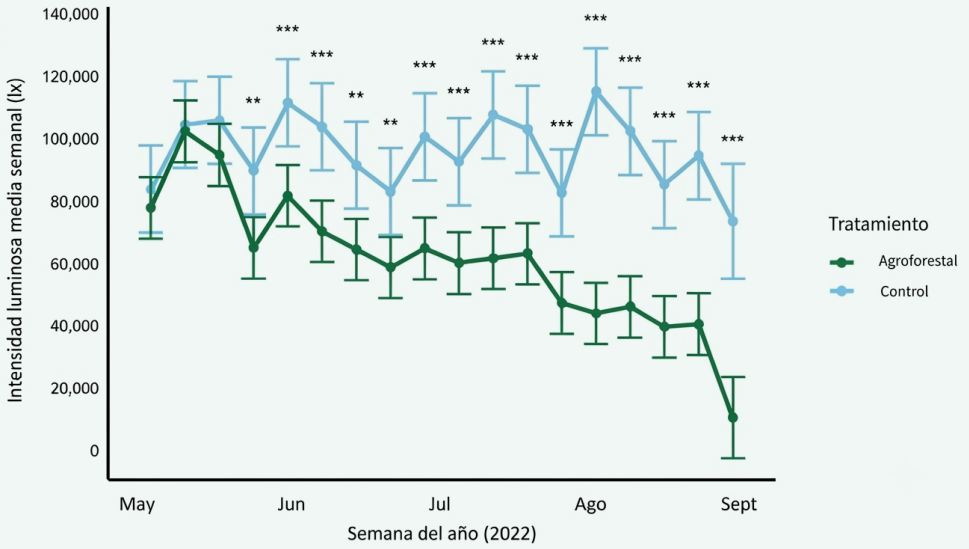
Estación de seguimiento con sensores de luz y de humedad y temperatura ambiental y del suelo en una parcela silvoarable (Sagàs-Barcelona).

Descripción general de la interacción entre árboles y cultivos

- No se han observado interacciones destacables del cultivo sobre los árboles.
- Durante los primeros años de los árboles no se detectan interacciones (positivas o negativas) sobre el cultivo. Orientativamente, las interacciones comienzan a una distancia aproximadamente proporcional a la altura de los árboles.
- Cuando las interacciones comienzan, son complejas y dinámicas: se observan algunos efectos positivos y otros negativos que, además, van variando a lo largo del tiempo, según el tamaño de los árboles, la época del año y la meteorología. Se detallan a continuación las tendencias generales observadas en sistemas en los que existen interacciones activas entre árboles y cultivos.

Efecto de los árboles sobre las condiciones en las que crece el cultivo

- **Luz:** los árboles reducen la intensidad de luz que llega al cultivo. En sistemas donde el cultivo se realiza bajo una cobertura total de las copas de los árboles, estos no reducen la disponibilidad de luz de manera perceptible antes de su brotación. Sin embargo, llegan a interceptar el 75% de la luz cuando han completado la brotación.

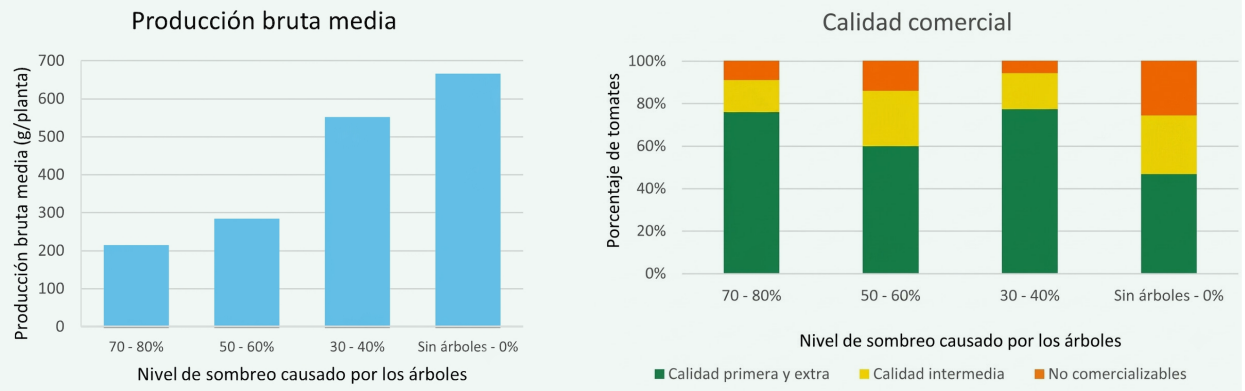


Evolución de la luz disponible (línea verde: sistema silvoarable; línea azul: monocultivo agrícola) a 1,5 m de altura, desde la primera semana de mayo (árboles sin hojas) hasta la primera semana de septiembre de 2022, en un sistema silvoarable de nogal de 12 años con aromáticas en Sagàs (Barcelona), a 3,5 m de los árboles. Hasta mediados de mayo, cuando comienza la brotación, el sombreo es imperceptible, pero se vuelve intenso según avanza el verano. Los asteriscos indican que la diferencia entre ambos tratamientos es estadísticamente significativa. Adaptado de Nyi Aung et al. (2026).

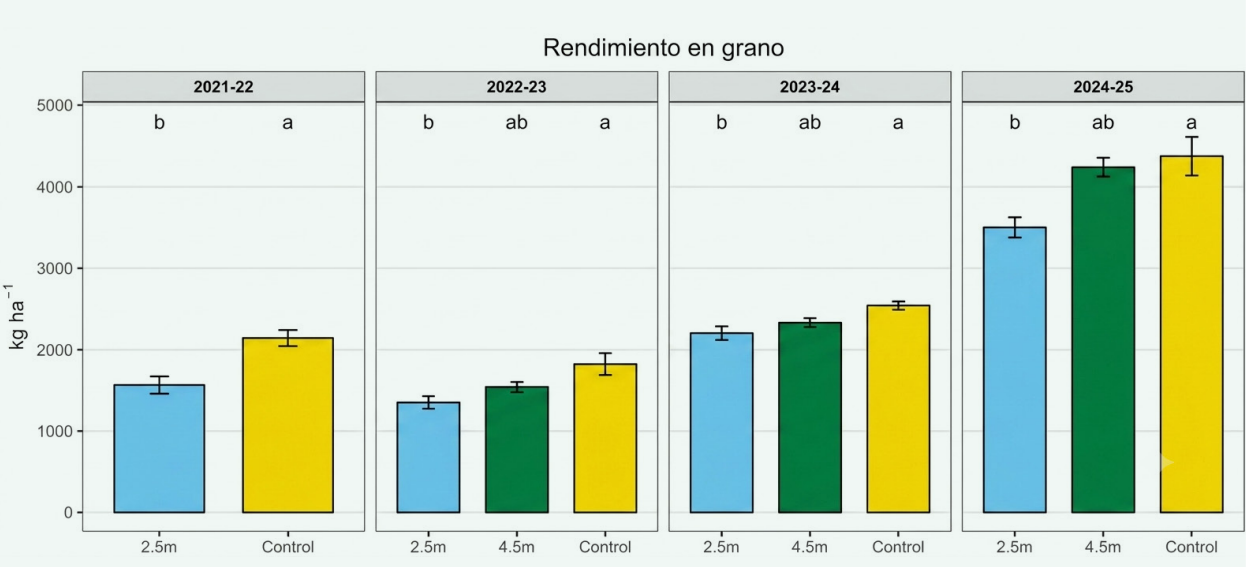
- **Temperatura:** los árboles suavizan las temperaturas extremas en las que se desarrolla el cultivo tanto en invierno como, especialmente, en verano. En un sistema silvoarable con árboles de hoja caduca de 6 m de altura se observa un incremento de la temperatura mínima del suelo de 1ºC en invierno, y una reducción de 3ºC de la temperatura máxima en verano, a una distancia de 3,5 m de los árboles.
- **Humedad:** no se ha observado un efecto generalizable de los árboles sobre la humedad ambiental y del suelo. Sin embargo, sí se observa una reducción de los períodos de encharcamiento en el caso de los sistemas agroforestales.

Resultados productivos

- **Productividad total:** los sistemas silvoarables muestran una productividad total (cultivo + árboles) por hectárea más elevada que en la misma superficie de monocultivos agrícolas y arbóreos.
- **Resultados agrícolas con sombreo moderado:** en general, se observa un efecto nulo o ligeramente positivo en años desfavorables (sequía, olas de calor), y un efecto nulo o ligeramente negativo en años favorables (precipitación bien repartida a lo largo del año). En cuanto a la calidad de los cultivos, se observa un incremento en la categoría comercial de hortícolas (ver gráfica), más contenido de proteína en cereal y menor grado alcohólico de la uva. En cambio, en el caso de la salvia no se han observado efectos sobre la concentración de aceite esencial.
- **Resultados agrícolas con sombreo intenso:** en general, se observa una disminución de la productividad. La calidad de algunos cultivos puede verse mejorada (tomate) pero en otros casos se observa una disminución de la calidad (melisa).
- **Orientación de las hileras:** el efecto del sombreo es más intenso al norte de las hileras arboladas que al sur de éstas.



Productividad y calidad de tomates en sistemas silvoarables con un nivel decreciente de sombreo, de izquierda a derecha: la productividad es proporcional a la luz disponible, mientras que la calidad es proporcional al sombreo. Los mejores resultados agregados (alta productividad, alta calidad) se consiguen con un sombreo ligero (30-40%).



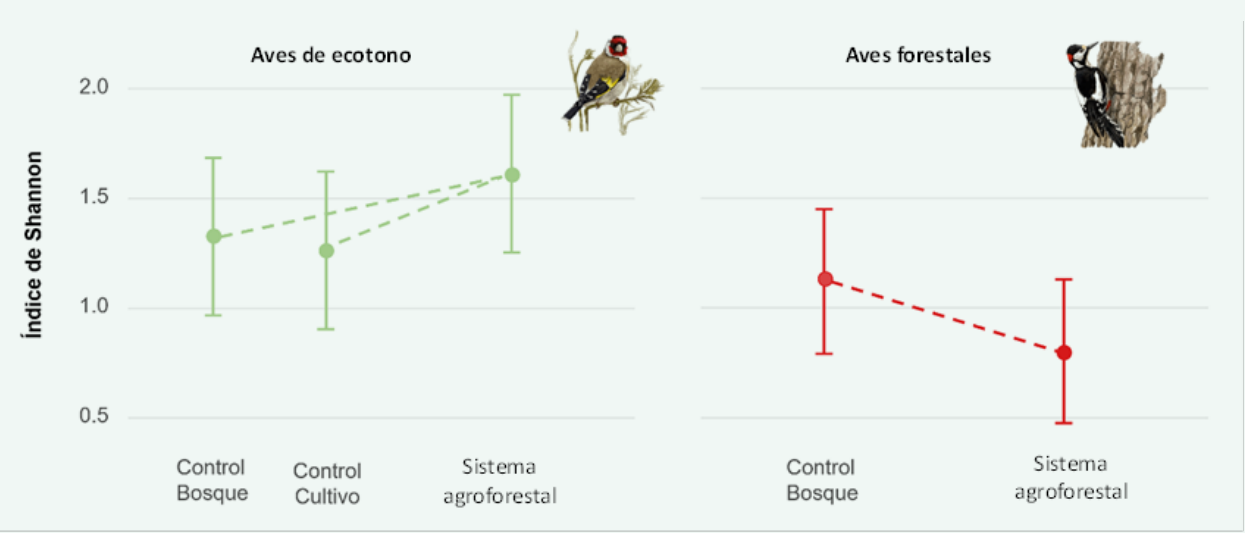
Evolución del rendimiento en grano de cebada (2021-22) y trigo (2022-23 en adelante) agroforestales a diferentes distancias de hileras de nogal (2,5 y 4,5 m) y en condiciones de monocultivo (control). La altura media de los árboles es de 3 m (2021), 3,5 (2023) y 5 m (2025). Las letras (a, ab, b) muestran la agrupación estadística de los tratamientos.

Efectos sobre la gestión agronómica

- **Percepción del gestor:** la percepción generalizada de las personas que gestionan estos sistemas es muy favorable: los árboles jóvenes no suponen un problema para el desarrollo de los cultivos ni para su gestión, aunque es clave ajustar la distancia entre las hileras leñosas para no condicionar la mecanización. Uno de los factores más valorados es el aumento del valor patrimonial de la parcela gracias a la presencia de árboles.
- **Complejidad:** a medida que los sistemas se desarrollan, hay que gestionar el componente agrícola, el componente arbóreo y también las interacciones entre ambos. Por ejemplo, si el sombreo de los árboles se considera excesivo puede ser necesario adelantar o hacer más intensas las podas. Además, el sombreo prolonga el período vegetativo del cultivo, lo que puede ser favorable (más meses de producción de hortícolas) o desfavorable (maduración desigual del cultivo).
- **Servicios auxiliares ofrecidos por los árboles:** se ha observado una menor incidencia de plagas y enfermedades en cultivos combinados con árboles, lo que reduce la dependencia de agroquímicos. En sistemas agroforestales con hortícolas se aprecia una reducción de hasta el 50% de la necesidad de riego.
- **Fauna salvaje:** en algunos casos se ha percibido un aumento de la presencia de corzo y jabalí ligada a la presencia de árboles. Por otra parte, plantar lavandín en plantaciones arboladas parece ahuyentar al jabalí.

Efectos sobre la biodiversidad

- **Aves:** en sistemas silvoarables de más de 10 años se observa un incremento de la riqueza de aves típicas de ambientes de "ecotono" (zonas de encuentro entre espacios abiertos y formaciones arboladas), como son los paseriformes (curruca, alcaudón, escribano). No se han observado efectos en grupos de aves de ámbitos estrictamente agrícolas o forestales, ni tampoco en sistemas silvoarables más jóvenes.
- **Insectos polinizadores:** la abundancia de abejas de la miel, abejorros, otras abejas silvestres y sírfidos depende principalmente de la disponibilidad de flores, ya sean de especies leñosas o herbáceas.



Diversidad de especies de aves en distintos sistemas (monocultivo agrícola, silvoarables predominantemente jóvenes y en bosque). En los sistemas silvoarables se observa un aumento de las especies típicas de ecotonos ("agroforestales").

Efectos sobre el suelo

- Se observa un incremento progresivo del contenido de carbono orgánico del suelo gracias a la presencia de árboles. El incremento es especialmente marcado en la hilera arbolada, donde el suelo no se laborea, pero es detectable también en el cultivo asociado. En un sistema silvoarable de nogal de 12 años con cereal se ha observado un incremento del carbono orgánico del suelo del 37% en la hilera arbolada, del 25% a 2,5 m de los árboles y del 13% a 4,5 m de los árboles. El incremento total a escala de la parcela es del 7%, una cifra relevante considerando que los árboles aún están en el primer cuarto de su vida.

Conclusión

Los sistemas silvoarables, bien diseñados y gestionados (sombreo moderado y regulado), dan lugar a ventajas productivas (más productividad total, más estable, menos dependiente de insumos externos), de adaptación al cambio climático y a mejoras ambientales (biodiversidad, suelo). La intensidad de estos efectos es dinámica en el tiempo.

Para más detalles sobre los resultados de los sistemas silvoarables demostrativos: https://agroforadapt.eu/publicacions-agroforadapt/



Seguimiento y resultados de los sistemas silvopastorales demostrativos AgroForAdapt

Para evaluar los sistemas silvopastorales demostrativos se ha realizado el seguimiento y la evaluación de las dinámicas de crecimiento y vigor de los árboles y del estrato herbáceo; vulnerabilidad frente a incendios forestales, efectos sobre el microclima (luz, temperatura y humedad ambiental y del suelo) y diversidad de flora y fauna.

Para ello, se ha creado una red de 13 bosques demostrativos en Soria, Barcelona, Girona y Tarragona. En cada uno se han aplicado tres tratamientos adaptados a las condiciones de cada bosque:



Control: zona no intervenida en cada bosque, para poder comparar su evolución con los otros tratamientos.



Clara y desbroce: reducción selectiva de la densidad de árboles y del sotobosque, manteniendo un ambiente de bosque pero permitiendo el acceso del ganado.



Adehesamiento: reducción importante de la densidad arbolada, creando un paisaje de densidad arbolada intermedia o baja para aumentar notablemente el potencial ganadero del terreno.

Aspecto del bosque demostrativo de Aiguamúrcia (Tarragona), con el aspecto después de cada tratamiento.

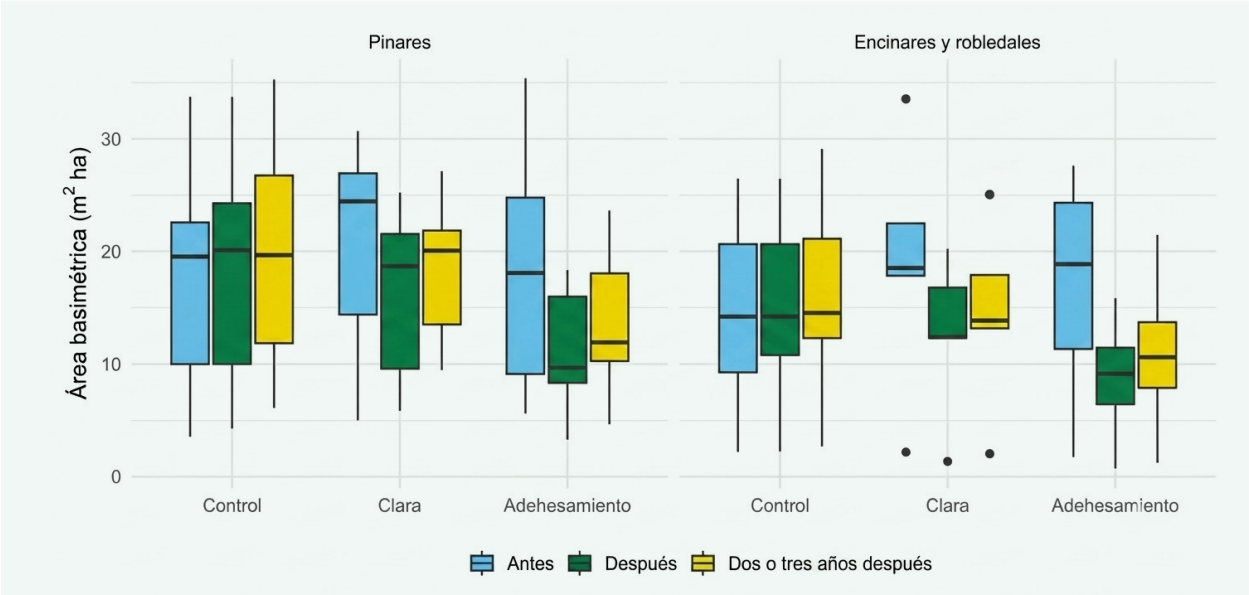
El seguimiento de estos bosques demostrativos se ha realizado en tres momentos: antes e inmediatamente después de los tratamientos y a finales de 2025, es decir, dos o tres períodos vegetativos después de los tratamientos. El seguimiento se aplica en parcelas permanentes de inventario.



Parcela de seguimiento silvopastoral: en primer plano: jaula de exclusión al ganado para estudiar la evolución del estrato herbáceo sin ser consumido; en segundo plano: estación de seguimiento de la luz, humedad ambiental y temperatura (Sant Climent de Llobregat, Barcelona).

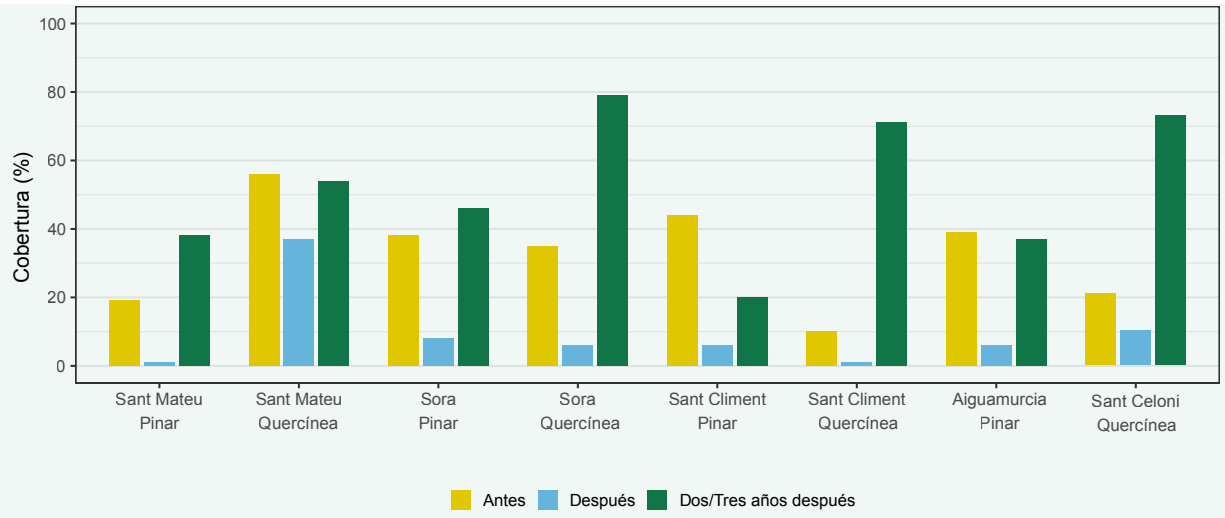
Dinámica y vigor del bosque

- Mayores crecimientos del arbolado en los tratamientos de adehesamiento y de clara, en comparación con las zonas control, gracias al incremento de la luz y el agua disponibles para cada árbol mantenido.

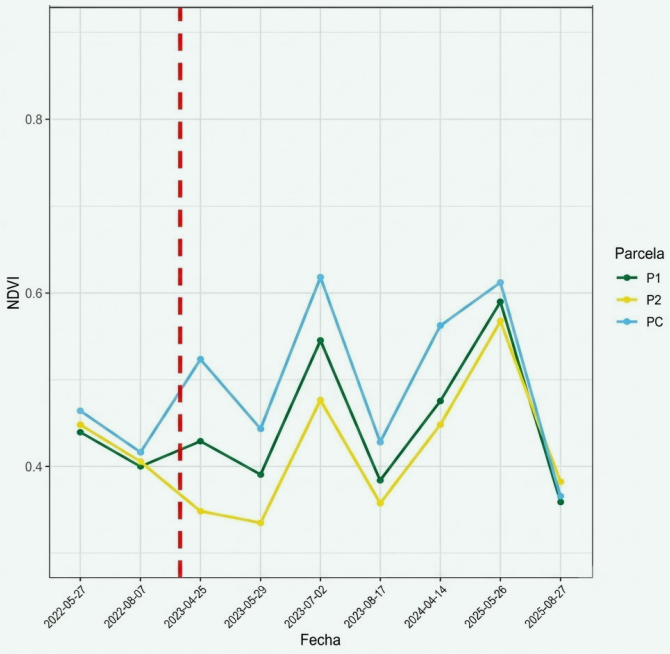


El área basimétrica (m2/ha) es una medida para expresar cuánto espacio ocupan los troncos de los árboles en una superficie determinada. En el gráfico se muestra esta variable según el tipo de masa forestal antes, justo después de los tratamientos y pasados dos o tres años. La amplitud de los diagramas de caja refleja la variabilidad de los datos.

- La evolución de los recursos forrajeros (arbustos y hierba) de interés pastoral tras los tratamientos selvícolas ha estado condicionada por el grado de pastoreo: en general, este ha sido menos intenso de lo previsto, por lo que se han aprovechado estos recursos con menos intensidad de la deseable.
- Los tratamientos de clara y adehesamiento redujeron notablemente la biomasa y cobertura de los recursos forrajeros de interés pastoral (80 y 95% de media, respectivamente). Sin embargo, tras dos o tres años, éstos muestran un grado de recuperación que, en la mayoría de casos supera los valores iniciales, especialmente en adehesamientos en robledales y encinares.
- En las parcelas adehesadas se ha triplicado el número de especies herbáceas de interés pastoral.
- Los tratamientos selvícolas causan un descenso de la fotosíntesis total. Sin embargo, en tan solo dos o tres años la vegetación muestra una rápida recuperación, alcanzando niveles similares a los de la zona no intervenida.



Efecto del tratamiento de Clara sobre la cobertura de especies (arbustivas y herbáceas) de interés pastoral en ocho bosques demostrativos de Catalunya. Se muestran los datos antes de aplicar el tratamiento, justo después y pasados dos o tres años.

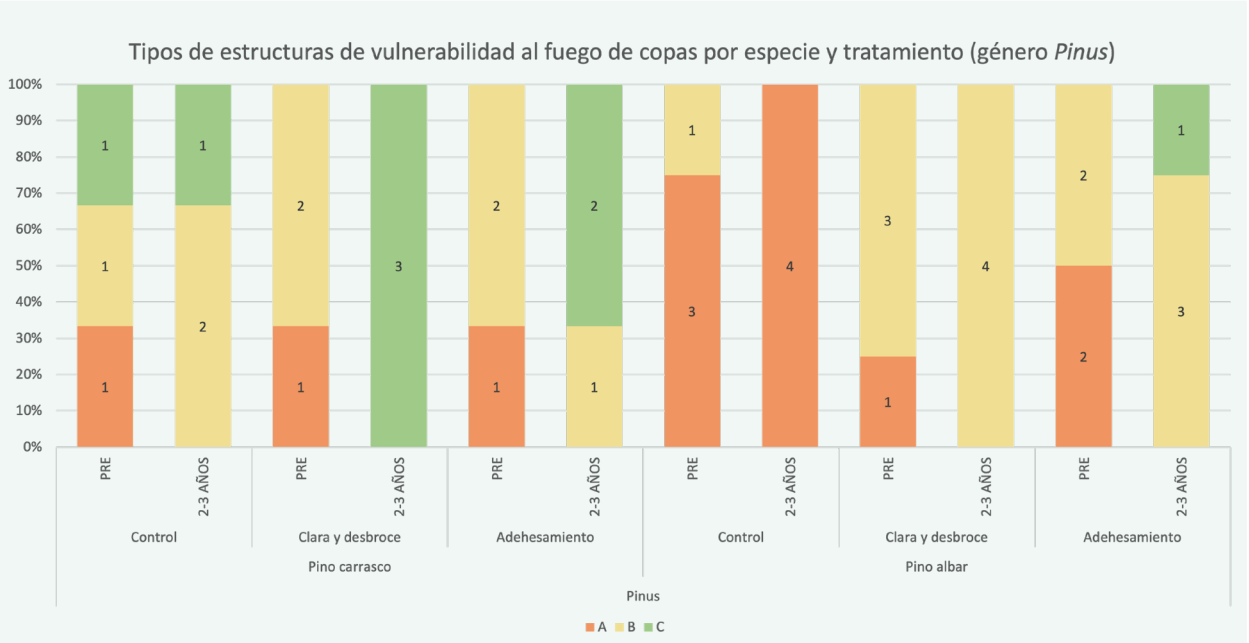


Evolución del índice NDVI (actividad vegetativa) en las parcelas de inventario del bosque demostrativo de Aiguamúrcia (Tarragona). Inicialmente, las tres parcelas muestran condiciones similares, pero tras la intervención (línea roja) la actividad vegetativa decae como consecuencia de la reducción de la densidad arbolada, tanto en el tratamiento de clara (P1) como especialmente en el adehesamiento (P2), en comparación con la zona control (PC). Sin embargo, en tres años, la actividad vegetativa tiende a igualarse en los tres tratamientos, lo que indica una rápida recuperación.

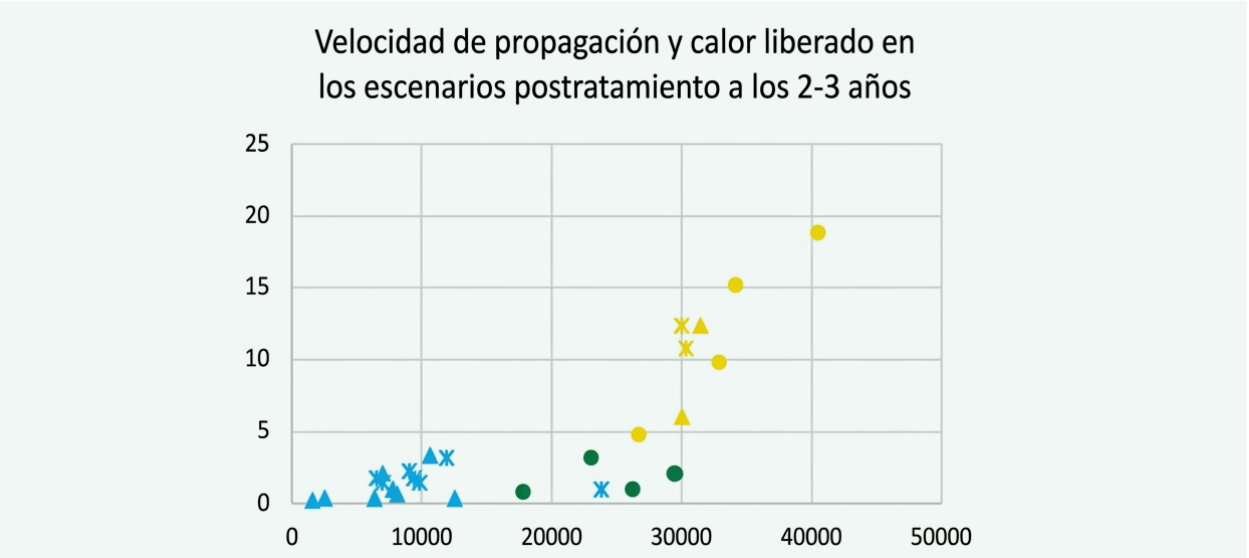
Vulnerabilidad frente a incendios forestales

La vulnerabilidad estructural de los bosques a generar incendios de copas, que son los más peligrosos, se analizó mediante la metodología TV-FoC. Además, se realizó una modelización con el modelo *Behave* para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el comportamiento de un incendio tipo. Los principales resultados son:

- Los tratamientos de clara (62% de las parcelas) y sobre todo de adehesamiento (82%) permiten conseguir una reducción de la vulnerabilidad a incendios forestales, a los 2-3 años después de la intervención.
- La mejora es especialmente notable en el caso de los pinares, mientras que en encinares y robledales se pierde parte del efecto debido a la capacidad de rebrote de estas especies tras su corta.
- Las zonas no tratadas (Control) son las que presentan las mayores intensidades de calor generado y las mayores velocidades de propagación en caso de incendio. El 44% de los bosques no intervenidos generarían fuegos de copas, frente al 22% de los bosques intervenidos.



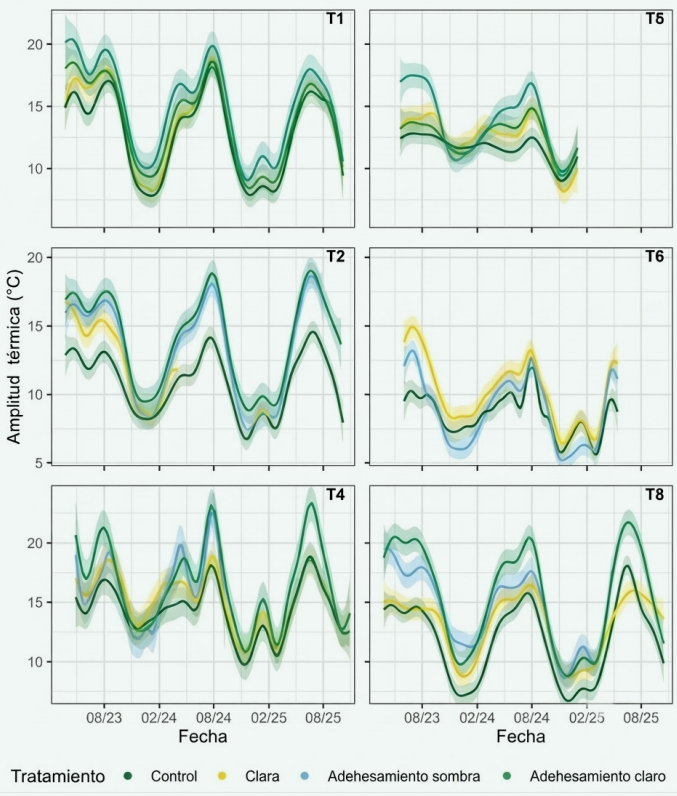
Tipos de estructura de vulnerabilidad al fuego de copas por especie y tratamiento de los pinares. Los números indican el número de parcelas de cada categoría de vulnerabilidad.



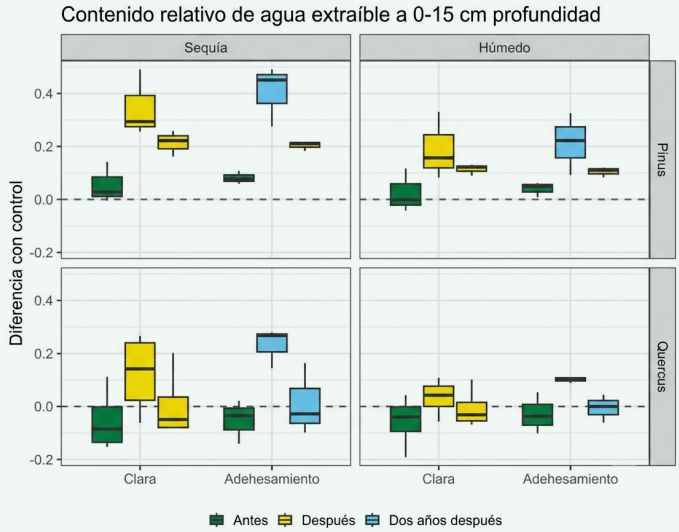
Velocidad de propagación (m/min - Eje vertical) y calor liberado (kJ/m² - eje horizontal) por un incendio tipo, 2-3 años después de los tratamientos, en parcelas control (círculos), aclaradas (triángulos) y adehesadas (cruz). Los incendios de superficie (los menos graves) se representan en color azul, mientras que los incendios más graves – fuego de copas pasivo y activo - se representan en verde y amarillo, respectivamente.

Regulación del microclima

- Los tratamientos selvícolas permiten aumentar notablemente la incidencia de luz en el sotobosque: +236% con el adehesamiento (+61% bajo los árboles) y +114% con la clara y desbroce.
- Además, estos tratamientos permitieron aumentar el contenido de agua en los primeros 15 cm del suelo, de acuerdo con una simulación con el modelo *Medfate*. Este efecto fue solo temporal en el caso de los encinares y robledales, mientras que en pinares se mantuvo durante los 3 años de seguimiento.
- Sin embargo, la pérdida de cobertura arbórea incide negativamente en el microclima en el que se desarrolla el pasto: en las zonas intervenidas, y especialmente en las adehesadas, aumentan las temperaturas extremas en verano y las oscilaciones térmicas diarias, mientras que la humedad relativa disminuye.
- En conjunto, se han mejorado las microcondiciones para el desarrollo del pasto gracias a los tratamientos selvícolas en comparación con la situación inicial (zona control), donde la falta de luz limita el desarrollo del pasto herbáceo. Por otra parte, se espera que el microclima generado sea más favorable (temperaturas suavizadas, humedad relativa mayor) que el esperable en un pastizal completamente desprovisto de árboles.



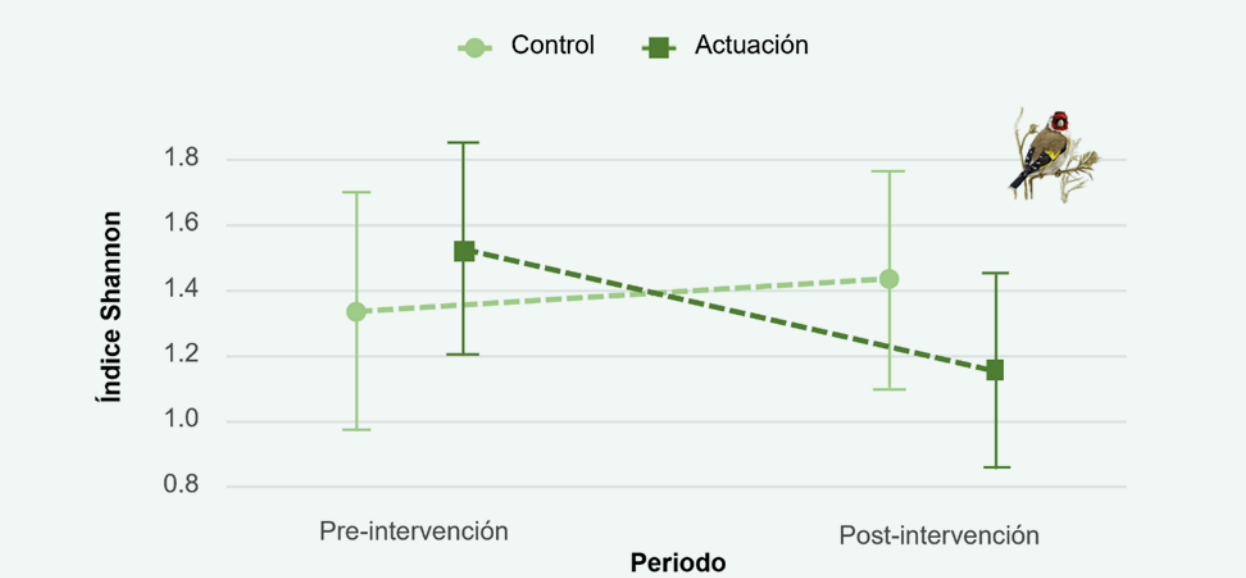
Amplitud térmica media diaria recibida en el sotobosque (1,5 m) en distintos tratamientos: control, clara, y adehesamiento (sombra: punto de medida bajo un árbol; claro: punto de medida en un espacio abierto).



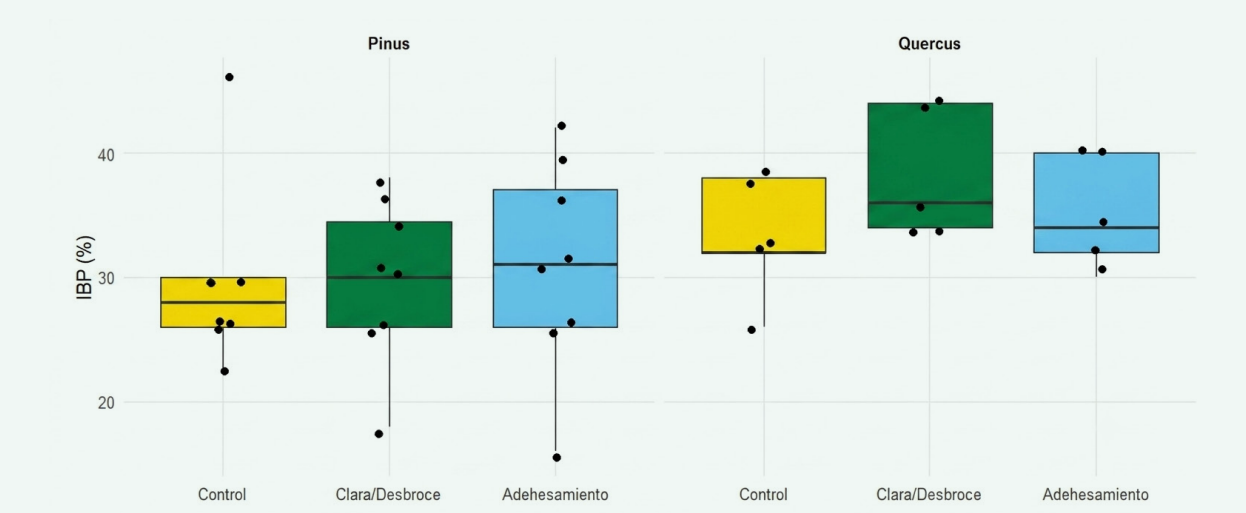
Diferencia entre el contenido de agua extraíble (aprovechable por las plantas) en los 15 cm superficiales del suelo en los bosques intervenidos (clara, adehesamiento) frente a los rodales control, según tipo de masa forestal y año seco o húmedo. Valores por encima de la línea discontinua indican un incremento en el contenido de agua respeto el control.

Biodiversidad

- El efecto global de los tratamientos selvícolas sobre los indicadores de biodiversidad es, en general, poco perceptible, tanto en relación con la diversidad florística como con el potencial de acogida de biodiversidad, estimada con la metodología IBP.
- El único grupo de aves afectado negativamente por los tratamientos ha sido el de especies propias de hábitats de transición entre espacios abiertos y cerrados, que han mostrado un descenso en el caso del tratamiento de adehesamiento.
- En cambio, se observa un incremento de las poblaciones y diversidad de mariposas (especialmente, las propias de espacios abiertos) en varios de los bosques tratados, en comparación con las zonas control.



Índice de diversidad de Shannon de la comunidad de aves de hábitats mixtos en zonas control y en sistemas adehesados, antes y después de la intervención. Los puntos representan las medias estimadas por el modelo y las barras verticales corresponden a los intervalos de confianza del 95 %.



Valores medios del Índice de Biodiversidad Potencial (IBP) 2-3 años después de las actuaciones, en función del tratamiento aplicado (control, clara/desbroce y adehesamiento), en pinares (izquierda) y encinares - robledales (derecha). Cada punto representa una parcela de seguimiento.

Para más detalles sobre los resultados de los sistemas silvopastorales demostrativos: https://agroforadapt.eu/publicacions-agroforadapt/

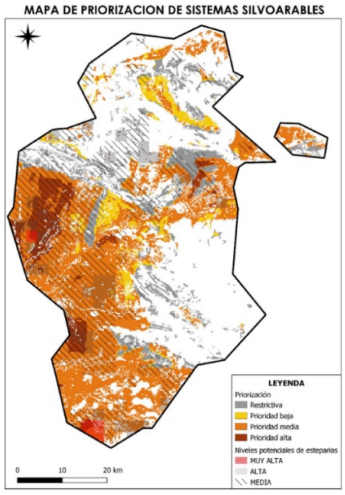
Principales productos del proyecto

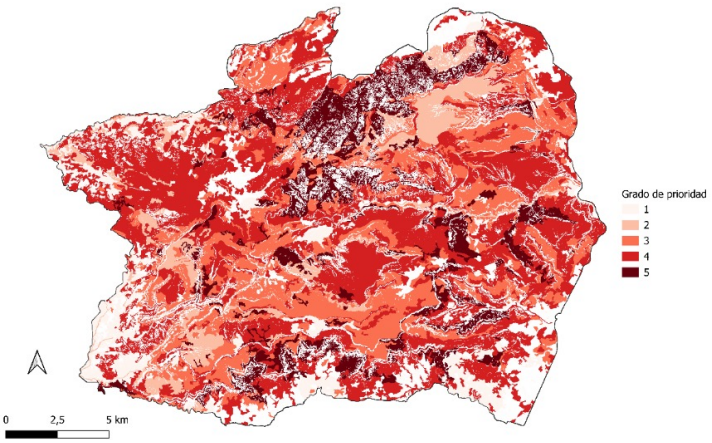
Herramientas de priorización

Se han creado dos herramientas para identificar áreas donde implantar sistemas agroforestales sería especialmente prioritario, basadas en técnicas de información geográfica, geoestadística y conocimiento experto.

La herramienta PrioSilvAra clasifica las áreas agrarias según su potencial para acoger sistemas silvoarables y según el efecto que tendrían éstos sobre servicios ecosistémicos relacionados con el suelo (carbono orgánico), la calidad del agua (vulnerabilidad a nitratos) y la biodiversidad (conectividad). Se ha hecho una aplicación piloto de esta herramienta en la provincia de Burgos (más de 7.000 km^2 agrarios), por su diversidad de condiciones ecológicas y representatividad de las áreas del interior peninsular.

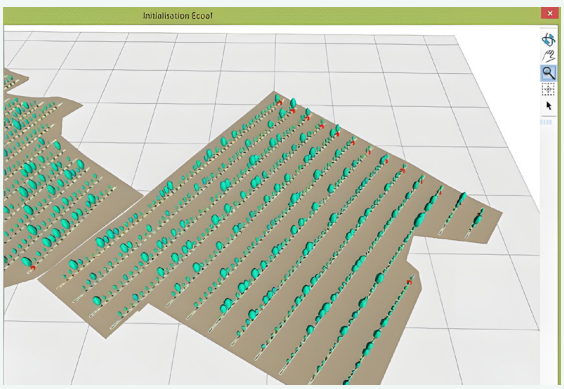
La herramienta SilPas identifica las áreas forestales donde la gestión silvopastoral sería más viable técnicamente (considerando diversos tipos de ganado) y tendría, además, un mayor impacto sobre la reducción de la vulnerabilidad a incendios forestales. Se ha hecho una prueba piloto en el macizo de Prades (Tarragona), con cerca de 40.000 ha. Posteriormente se ha creado lel portal SilPas que identifica las áreas de gestión silvopastoral más viables a nivel de toda Cataluña.





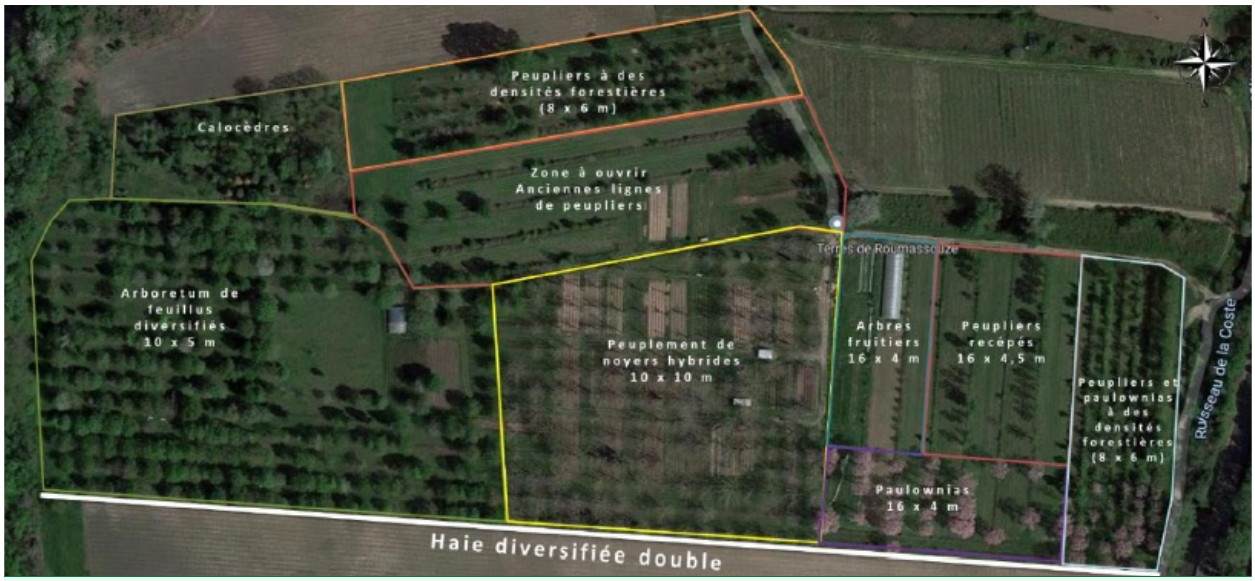
Herramientas de apoyo al diseño de sistemas agroforestales

EcoAF es una herramienta digital para facilitar el diseño de sistemas silvoarables, pensada para ser de utilidad a técnicos, agricultores, ganaderos e investigadores. En AgroForAdapt se ha realizado una actualización de la herramienta, con mejoras que permiten facilitar su utilización, diversos escenarios de partida y múltiples disposiciones de los árboles.



Modelos de planificación integral agro-silvo-ganadera

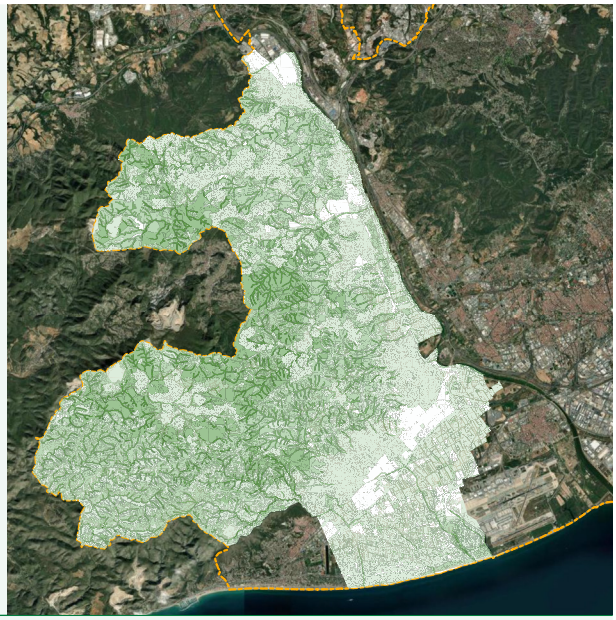
Un factor que limita la adopción de los sistemas agroforestales es la falta de herramientas de planificación que integren los usos agrario, forestal y ganadero conjuntamente. Por eso se han creado tres modelos piloto de metodologías de planificación agroforestal integral, cada uno de los cuales está adaptado a una dimensión de planificación: finca pequeña-mediana (orientativamente: 5-50 ha); finca mediana-grande (orientativamente: 25-500 ha) y escala municipal o supramunicipal (orientativamente: 1.000 - 50.000 ha).



Planificación de Terres de Roumassouze (11 ha; Gard, Francia).



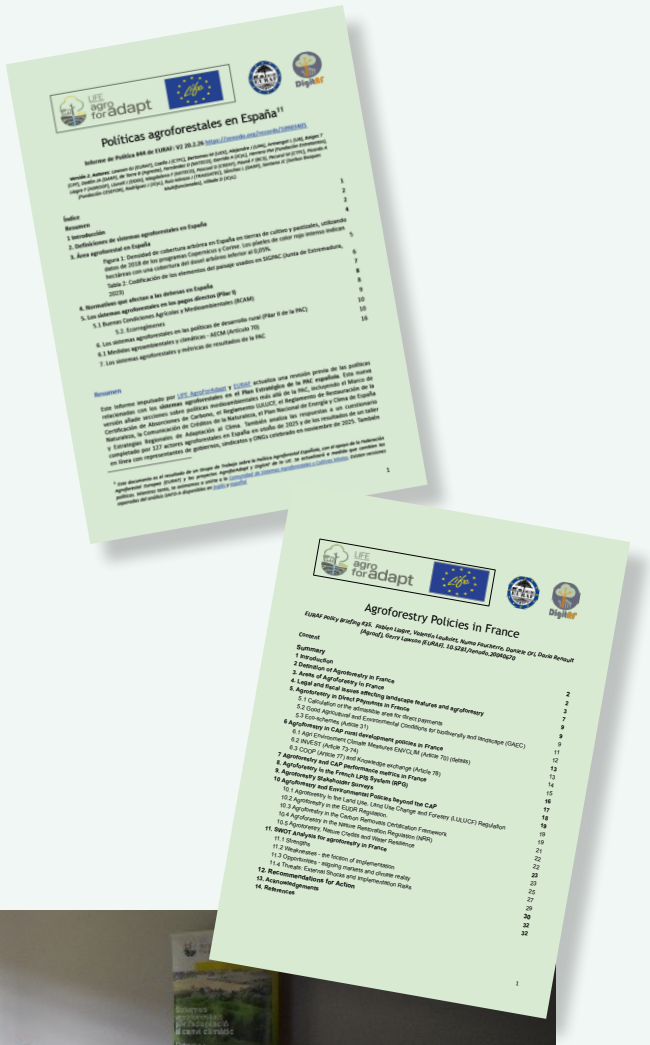
Planificación de la finca Camps i Armet (150 ha; Girona).



Una de las capas de información del plan de gestión agroforestal de las Montañas del Baix Llobregat (12.000 ha; Barcelona).

Análisis del marco normativo y político... y propuestas de mejora

El marco normativo y político de los sistemas agroforestales es muy complejo, debido a las múltiples regulaciones implicadas y a la gran diversidad de estos sistemas. Para facilitar la comprensión de este marco, se ha realizado un análisis del contexto normativo tanto de España como de Francia, incluyendo las principales normas que afectan a estos sistemas, su articulación en la Política Agrícola Común (PAC), un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) y un Plan de acción para la mejora de marco normativo.

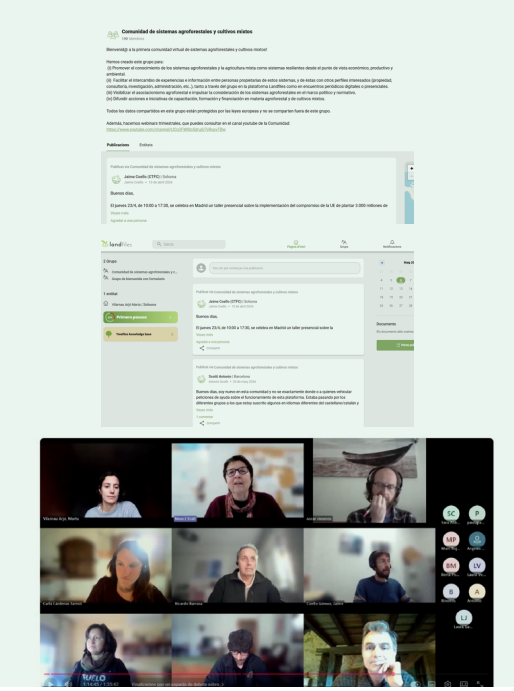


Estas publicaciones se han preparado con la participación de múltiples coautores en cada país. Además, incorporan lecciones adquiridas sobre el terreno, en conversaciones con las personas implicadas en los sistemas demostrativos del proyecto y participantes en las actividades de transferencia, así como información recabada a través de encuestas y talleres con personas expertas en políticas.



Promoción del asociacionismo en España

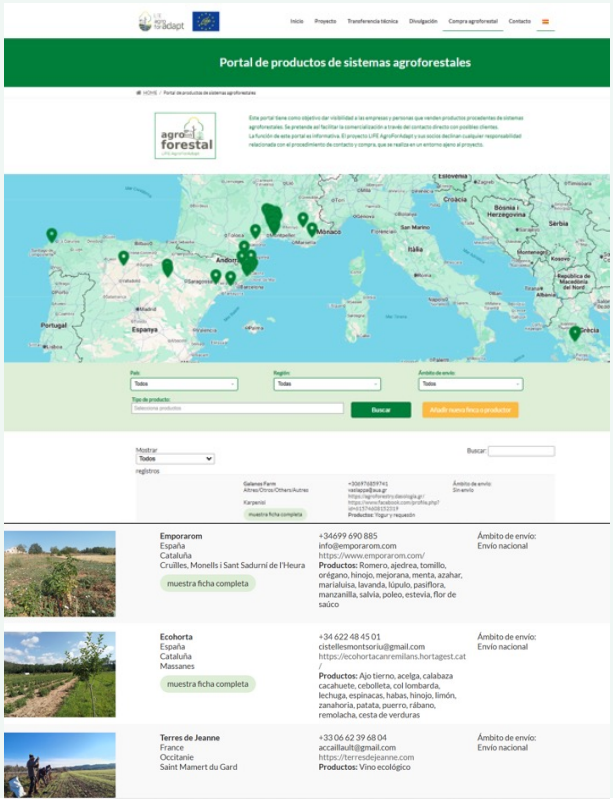
Las personas interesadas en los sistemas agroforestales forman una comunidad dinámica y motivada, pero dispersa por el territorio. Para facilitar la creación de vínculos, el intercambio directo entre productores y de éstos con personas del sector de la asesoría, investigación y administración, así como con otros grupos interesados en prácticas agroecológicas, se ha creado la Comunidad de sistemas agroforestales. Además de funcionar como una red social temática, con más de 200 miembros, y de organizar entre tres y cuatro webinars anuales, esta Comunidad es la representante de España en EURAF (Federación Agroforestal Europea).



Además, esta Comunidad ha sido la semilla para establecer la Asociación Agroforestal Española, para promover los sistemas agroforestales y servir de punto de encuentro para las personas interesadas.

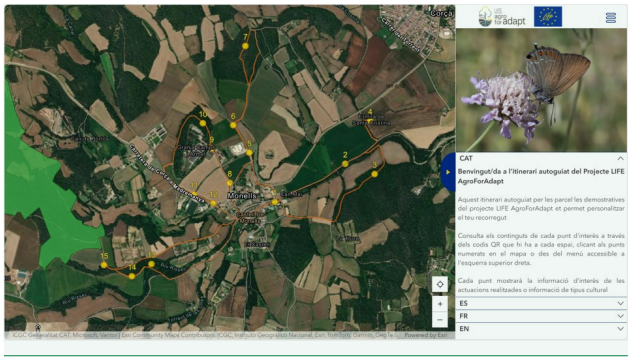
Promoción comercial

Una particularidad de los sistemas agroforestales es la diversificación de los productos obtenidos. Para dar visibilidad a las personas y entidades que hacen venta directa de productos procedentes de sistemas agroforestales, y para facilitar que potenciales compradores los puedan encontrar, se ha creado el Portal de productos de sistemas agroforestales. Este portal permite hacer búsquedas por área geográfica, tipo de producto y rango de envío, así como consultar fichas descriptivas de cada finca.



Itinerario auto-guiado en la finca agro-silvo-pastoral "Camps i Armet"

La Diputació de Girona ha creado un itinerario auto-guiado de la finca Camps i Armet, de la cual es propietaria, situada en el municipio de Cruïlles, Monells y Sant Sadurní de l'Heura (Girona). A lo largo de 12 km, la ruta permite a los visitantes conocer de primera mano la concepción, diseño y objetivos de tres sistemas agroforestales demostrativos (dos silvoarables y uno silvopastoral), y otros valores de esta finca demostrativa de 150 hectáreas. La visita puede hacerse siguiendo los postes con códigos QR instalados en el recorrido, y también se puede consultar en la web del itinerario. Esta herramienta pedagógica es un ejemplo de integración de turismo respetuoso, divulgación técnica y nuevas tecnologías.





Manuales técnicos

Diseño y gestión de sistemas silvoarables

El "Manual de diseño y gestión de sistemas agroforestales silvoarables en condiciones mediterráneas" (2026) es una guía exhaustiva para profesionales y gestores sobre la integración deliberada de vegetación leñosa con cultivos agrícolas para generar beneficios ecológicos y económicos.
A través de sus siete capítulos, el manual detalla los fundamentos científicos de la complementariedad espacial y temporal, ofrece recomendaciones prácticas para el diseño y mantenimiento de las parcelas silvoarables y analiza el marco normativo actual. Además, incluye 11 casos de estudio reales en España y Francia que muestran la viabilidad técnica y la rentabilidad de estos sistemas.



Diseño y gestión de sistemas silvopastorales

El "Manual de diseño y gestión de sistemas silvopastorales para su adaptación al cambio climático" (2026) tiene como objetivo orientar a propietarios y técnicos en la creación de paisajes mediterráneos más resilientes a los efectos del cambio climático, en concreto, a través de los sistemas silvopastorales, es decir, la combinación de vegetación leñosa con sistemas ganaderos. El documento se centra en mostrar la diversidad, los fundamentos y los criterios para concebir y gestionar sistemas silvopastorales, destacándose el papel estratégico del ganado para reducir la vulnerabilidad a incendios de los espacios forestales, y también la posibilidad de diversificar la alimentación y aumentar el bienestar animal gracias a la vegetación leñosa.



Comercialización de productos procedentes de sistemas agroforestales

El "Manual de comercialización de productos procedentes de sistemas agroforestales" es una guía estratégica orientada a mejorar la rentabilidad mediante la valorización de productos de alto valor añadido (alimentos de calidad, madera de alto valor, plantas medicinales...). Detalla las condiciones técnicas, económicas y jurídicas para mejorar los márgenes económicos, aportando ideas para la organización del aprovechamiento y la transformación. Asimismo, explora oportunidades innovadoras vinculadas a la certificación de carbono y el ecoturismo. Por último, utiliza herramientas como el Portal de productores agroforestales para dar visibilidad comercial a este modelo de negocio sostenible.



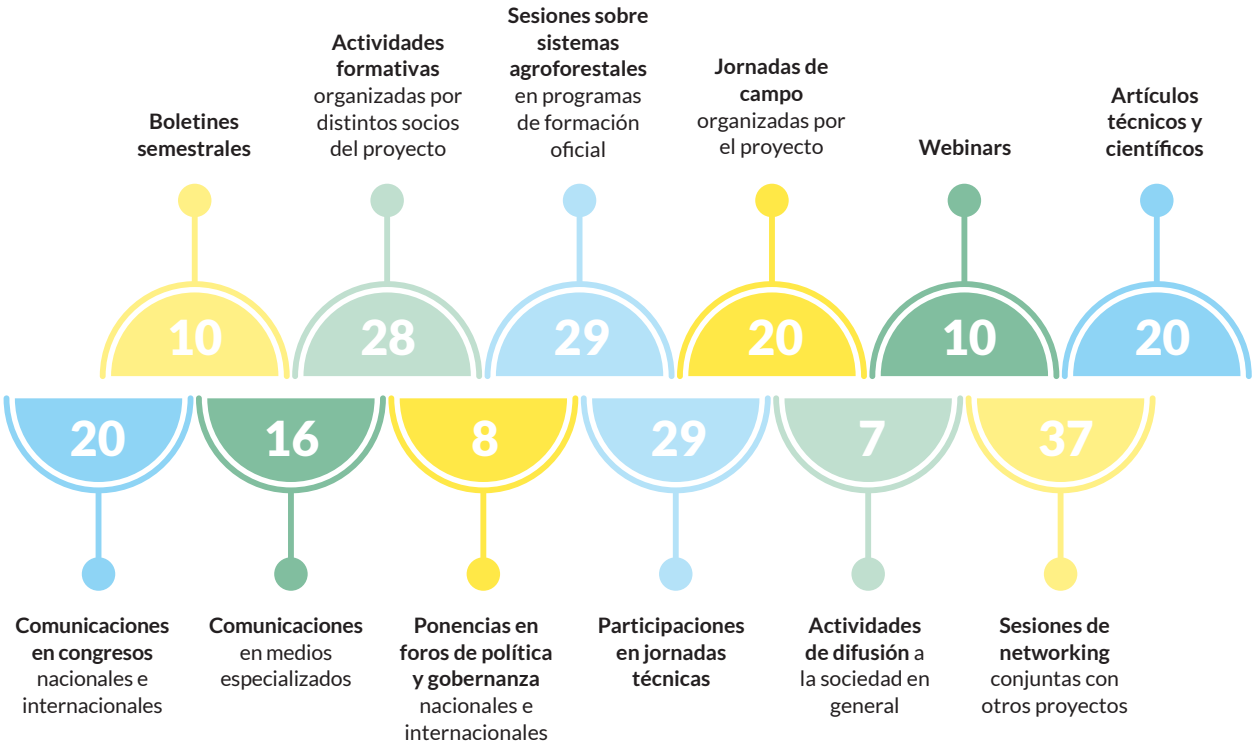
Biodiversidad en sistemas silvoarables

El "Manual sobre la biodiversidad en sistemas silvoarables" (2026) analiza cómo la integración de vegetación leñosa con cultivos potencia la biodiversidad en el Mediterráneo. Está concebido como un documento técnico-divulgativo destinado a profesionales, personal técnico y gestor de fincas, así como a responsables de políticas agrarias y ambientales.
El manual recoge conocimientos científicos y experiencias prácticas del proyecto LIFE AgroForAdapt, ofreciendo criterios de diseño, gestión y seguimiento orientados a favorecer la biodiversidad en este tipo de sistemas.



Transferencia técnica, formación y diseminación

Durante el proyecto se han realizado múltiples acciones de diseminación y transferencia dirigidas a diferentes públicos, entre las que destacan:











Retos futuros “¿y ahora qué?”

La viabilidad técnica y los beneficios socioeconómicos y ambientales de los sistemas agroforestales en el Mediterráneo son una realidad constatada. Sin embargo, el éxito de su adopción masiva depende de superar diversos retos estratégicos, sobre los que los beneficiarios del proyecto seguirán trabajando una vez finalizado este:



Incidencia política y mejora del marco normativo (hacia una PAC agroforestal)

Es necesario aclarar y mejorar el papel de los sistemas agroforestales en la futura PAC post-2027, especialmente:

- Garantizar que la presencia de arbolado en sistemas agrícolas o ganaderos no suponga un obstáculo burocrático ni una penalización en las ayudas.
- Crear incentivos estables para la implantación y el mantenimiento plurianual de sistemas agroforestales.
- Dar un apoyo a los sistemas agroforestales y otras prácticas agroecológicas que permitan avanzar hacia una agricultura y un uso del suelo más viables económica, social y ambientalmente, que permitan mantener la agricultura familiar y la soberanía alimentaria.



Comercialización y valorización económica

- Diferenciación en el mercado: lograr que el consumidor asocie los productos de los sistemas agroforestales con valores de resiliencia climática, desarrollo rural y bienestar animal.
- Herramientas de visibilidad: consolidar el Portal de productos de sistemas agroforestales para facilitar el contacto directo entre productores y consumidores.
- Nuevas vías de ingresos: explorar la certificación de créditos de carbono, créditos agrarios y el ecoturismo como complementos a la rentabilidad de la explotación.



Fortalecer el asociacionismo

- Hacer crecer la Comunidad de Sistemas Agroforestales y Cultivos Mixtos, ya en formato de asociación, como punto de encuentro cada vez más físico entre productores, asesoría, comunidad científica y administración.
- Promover acciones conjuntas con otras entidades relacionadas con los sistemas agroforestales y la agroecología

Formación técnica y acompañamiento

- Estandarización del conocimiento: Integrar los sistemas agroforestales en programas de formación oficial, tanto preuniversitarios como universitarios.
- Capacitar a productores, asesores y personal técnico de la administración en el diseño y gestión de sistemas agroforestales.
- Herramientas digitales: incorporar nuevas tecnologías y herramientas innovadoras de diseño, gestión y simulación de sistemas agroforestales para optimizar la toma de decisiones.

Sensibilización y cambio de percepción

- Dentro del sector: despertar el interés entre agricultores, ganaderos y silvicultores hacia sistemas que permitirán reducir su dependencia de insumos externos y su vulnerabilidad al cambio climático, en sinergia con otras prácticas agroecológicas.
- Sociedad en general: comunicar los beneficios directos e indirectos de los sistemas agroforestales como una práctica de uso del suelo con múltiples co-beneficios sociales y ambientales.

Investigación y generación de conocimiento

- Seguimiento a largo plazo: los sistemas agroforestales demostrativos y de replicación son laboratorios vivos que pueden generar información a medio y largo plazo. Es necesario continuar con su seguimiento desde múltiples disciplinas para generar información de primera mano que permita cuantificar sus efectos sobre múltiples servicios ecosistémicos.
- Innovación agroecológica: trabajar en la integración de los sistemas agroforestales como parte esencial de los enfoques de agricultura ecológica y regenerativa, incorporando innovaciones como los diseños sintrópicos e hidrológicos.





Contacto

Para más información sobre el proyecto y las actividades desarrolladas:

Coordinador: Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC).

contacto@agroforadapt.eu

www.agroforadapt.eu

Ctra vella St Llorenç Morunys
km 2, 25280 Solsona (Lleida).

Redes sociales:

@life-agroforadapt

@agroforadapt

@agroforadapt

@life-agroforadapt

El proyecto LIFE AgroForAdapt (LIFE20 CCA/ES/001682) está cofinanciado por el programa LIFE de la Unión Europea. No obstante, las opiniones y puntos de vista expresados son exclusivamente de los autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni los de la CINEA. Ni la Unión Europea ni la autoridad concedente pueden ser consideradas responsables de ellos.

Socios

CTFC

Diputació Barcelona

Diputació de Girona

AMB Àrea Metropolitana de Barcelona

Generalitat de Catalunya

fundació emys
recerca i conservació del patrimoni natural

agresta

Agroof agroforesterie

Entidades co-financiadoras

Diputació Tarragona

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

agence de l'eau
RHÔNE MÉDITERRANÉE CORSE