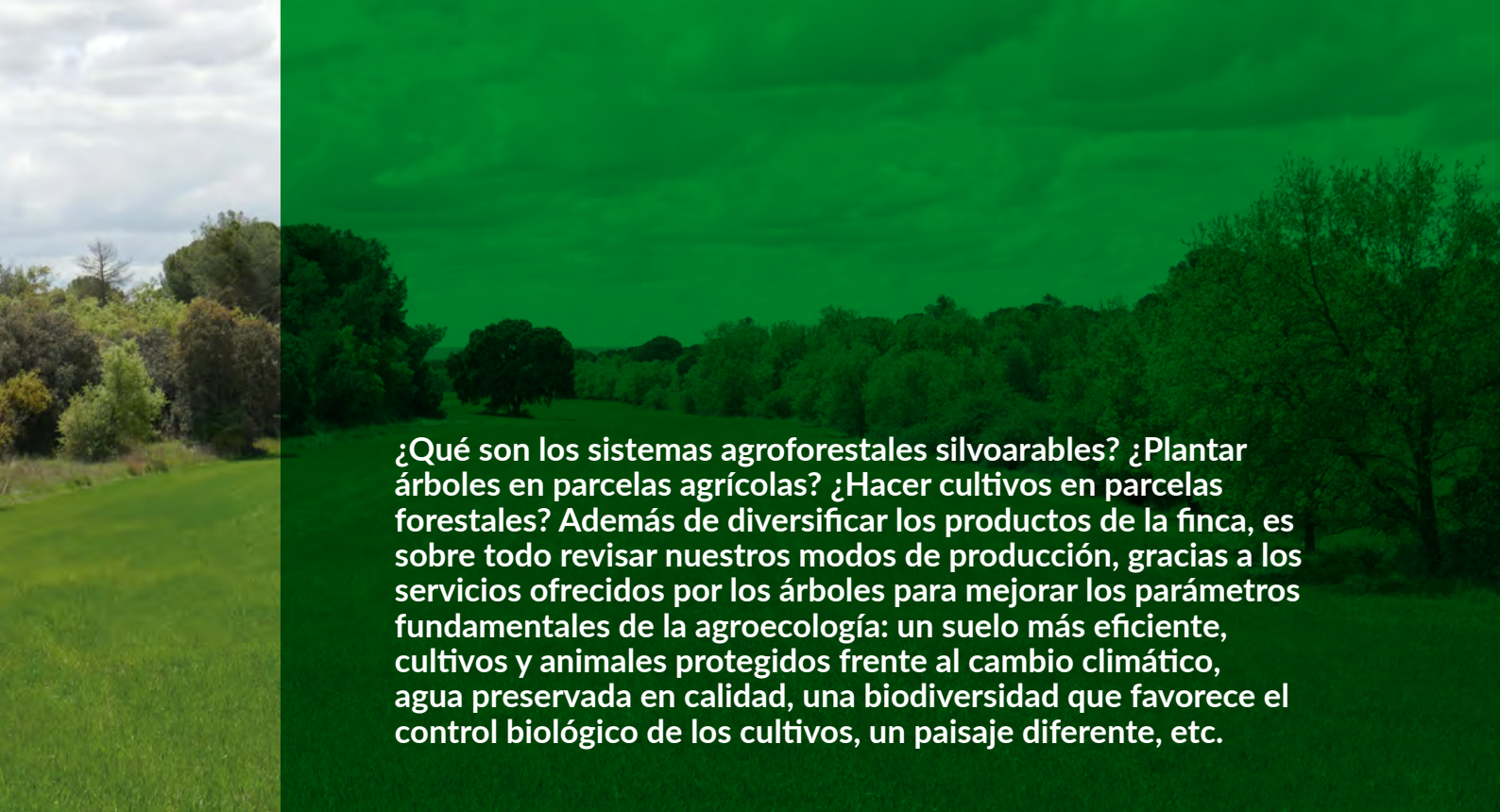


Manual
de diseño
y gestión de
**sistemas
agroforestales
silvoarables
en condiciones
mediterráneas**





¿Qué son los sistemas agroforestales silvoarables? ¿Plantar árboles en parcelas agrícolas? ¿Hacer cultivos en parcelas forestales? Además de diversificar los productos de la finca, es sobre todo revisar nuestros modos de producción, gracias a los servicios ofrecidos por los árboles para mejorar los parámetros fundamentales de la agroecología: un suelo más eficiente, cultivos y animales protegidos frente al cambio climático, agua preservada en calidad, una biodiversidad que favorece el control biológico de los cultivos, un paisaje diferente, etc.

La agrosilvicultura o los sistemas silvoarables pueden parecer un paso atrás. Está claro que es una idea que va en contra de la evolución reciente de la agricultura, en la que nos hemos acostumbrado a producir y a estudiar los árboles y los cultivos por separado. En 1900, la mitad de las viñas mediterráneas estaban plantadas junto con árboles, principalmente frutales. Las explotaciones agrícolas actuales no se parecen a las de 1900. No es necesario reproducir sistemas pasados, pero sí conocerlos para inspirarnos, junto con los nuevos conocimientos técnicos y científicos, la agricultura de precisión, las necesidades y los retos de los agricultores y de la sociedad, y la necesidad de reducir la dependencia de insumos externos para garantizar la viabilidad del sector agrícola familiar.

En una lógica de agricultura de monocultivo, cualquier combinación de especies o diversificación hace aflorar dudas: ¿cómo se repartirán los recursos, el agua, los nutrientes y la luz? ¿Las dudas crecen cuando uno de los cultivos asociados es un árbol! Plantar árboles combinados con cultivos inducirá necesariamente a una competencia, pero esta puede limitarse si el sistema está bien diseñado y si el agricultor aprende a gestionarlo (cada componente individual y sus interacciones) de acuerdo con su contexto local.

Conocer los sistemas silvoarables requiere tiempo: los árboles crecen despacio, lo que da tiempo para aprender y adaptar la gestión. Es una forma de producir dinámica en el tiempo y que resalta el valor del trabajo del agricultor.

Esperamos que este manual aporte elementos para animar a más agricultores a adoptar nuevos sistemas silvoarables. El equipo redactor está disponible para cualquier pregunta o acompañamiento.

Cita recomendada

Coello, J., Santana, J. C., de Torre, B., y Liagre, F. (2026).
Manual de diseño y gestión de sistemas agroforestales
silvoarables en condiciones mediterráneas.
LIFE AgroForAdapt. Generalitat de Catalunya. Departament
d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació 124 p.

Edición

© Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació
1ª edición, mayo de 2026

Autoría

Jaime Coello

Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC)

José Carlos Santana

Sorbus Bosques Multifuncionales, SL

Beatriz de Torre

Agresta, S. Coop

Fabien Liagre

Agroof, SCOP

Autoría de las fotografías y figuras

Los autores, salvo cuando se indique lo contrario.

Maquetación

Iglésies Associats - iglesies.com

Impresión

Imprempta Pagès SL

Depósito legal

B 7145-2026

Agradecimientos

A quienes han implantado sistemas agroforestales en
sus fincas, a menudo contra viento y marea. Al equipo de
AgroForAdapt, incluyendo su comité asesor.

Declaración del uso de inteligencia artificial

En la creación y edición de este manual se ha utilizado inteligencia artificial generativa para mejorar el acabado de los elementos visuales. Todo el contenido ha sido verificado y editado por los autores, quienes asumen la responsabilidad final.

Aviso legal

Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons del tipo reconocimiento de autoría, usos no comerciales y compartir igual.
La licencia puede consultarse en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



Índice

1	Introducción: qué son y principales tipos de sistemas agroforestales silvoarables	7
	1.1. Qué son los sistemas agroforestales y silvoarables	8
	1.2. Tipos de sistemas silvoarables	12
2	Fundamento y evaluación de los sistemas silvoarables	19
	2.1. Fundamento de los sistemas silvoarables	20
	2.2. Evaluación productiva y socioeconómica de los sistemas silvoarables	24
	2.3. Evaluación ambiental de los sistemas silvoarables	29
3	De la teoría a la práctica (1): cómo concebir un sistema silvoarable	35
	3.1. Fase 1: diagnóstico	36
	3.2. Fase 2: diseño	42
4	De la teoría a la práctica (2): ejemplos de sistemas silvoarables mediterráneos	61
5	El marco normativo de los sistemas silvoarables en España	99
	5.1. Los sistemas agroforestales en la política y estrategias europeas y estatales	100
	5.2. Los sistemas silvoarables en España: definiciones e indefiniciones	100
	5.3. Los sistemas silvoarables en el PEPAC 2023-2027	101
	5.4. Otros instrumentos y normativas que pueden llegar a promover los sistemas silvoarables	104
6	Mirando al futuro	107
	6.1. Herramientas de apoyo al diseño y la planificación de sistemas silvoarables	108
	6.2. Asociacionismo y sinergias con otras prácticas agroecológicas	111
	6.3. Comercialización y visibilización	112
	6.4. Propuestas de mejora del marco normativo en España	116
7	Conclusiones	118
	Bibliografía	120



1

Introducción: qué son y principales tipos de sistemas agroforestales silvoarables

En este capítulo se presenta la importancia de una definición y clasificación adecuadas de los sistemas silvoarables, como paso necesario para su conocimiento, adopción y regulación. También se muestra la gran diversidad de sistemas que se enmarcan en este concepto.



1.1. Qué son los sistemas agroforestales y silvoarables

Definiciones: un paso necesario para divulgar, promover y regular estos sistemas

Existen múltiples definiciones de lo que se puede considerar un “sistema agroforestal”, que son consecuencia de la enorme diversidad de estos sistemas. Se propone la definición siguiente, que integra los conceptos de intencionalidad y búsqueda de interacciones propuestos por Burgess *et al.* (2015) y un factor cuantitativo propuesto por Lawson *et al.* (2024):

Un sistema agroforestal es 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. Al menos un 5% de la superficie del sistema está ocupado por las copas de la vegetación leñosa cuando esta alcanza su pleno desarrollo, y al menos un tercio de la superficie está ocupado por el componente agrícola y/o ganadero.

Cuando el sistema agroforestal incluye únicamente un componente leñoso y uno agrícola, hablamos de **sistema silvoarable** o **agrosilvicultura**. A efectos de este manual, proponemos la definición siguiente:

Un sistema silvoarable es una práctica agroforestal en la que se combina deliberadamente vegetación leñosa (árboles o arbustos) con sistemas agrícolas para generar beneficios de sus interacciones ecológicas y económicas. Al menos un 5% de la superficie del sistema está ocupado por las copas de la vegetación leñosa cuando esta alcanza su pleno desarrollo, y al menos un tercio de la superficie está ocupado por el componente agrícola.

Otros sistemas agroforestales comunes en condiciones mediterráneas, pero que no se abordan en este manual, son los **silvopastorales** (combinación de vegetación leñosa y uso ganadero) y los **agrosilvopastorales**, en los que se combinan tres componentes (agrícola, leñoso y ganadero) y que adquieren una gran relevancia en paisajes como la Dehesa del oeste peninsular. De la misma manera, este manual se centra en climas con influencia mediterránea (caracterizados por ser el verano la estación más seca), por lo que su interpretación para otros contextos geográficos debe hacerse con cautela.

Un concepto habitual para referirse a los sistemas agroforestales es “agroforestería”. En este manual no se emplea este término por considerarse una transcripción literal del término inglés “agroforestry” y por no existir el concepto “forestería” en nuestro idioma.

Limitaciones de los conceptos forestal y agrario

La segregación formativa, administrativa y normativa de lo que se considera “forestal” y “agrario” se basa en elementos subjetivos y culturales, con variaciones entre diferentes territorios. Como consecuencia, se generan incoherencias, que son especialmente patentes en el caso de sistemas que integran diversos componentes, como son los silvoarables:

- El **componente leñoso** de un sistema silvoarable incluye cualquier especie arbórea o arbustiva. Hay especies leñosas consideradas ampliamente como *agrícolas* (almendro o viña), *forestales* (chopo o fresno) u *ornamentales*. Estas fronteras se diluyen en especies como el nogal, el cerezo, el peral o el castaño, que se consideran *agrícolas* o *forestales* según su producción prevalente (fruto o madera). Igualmente, el pino piñonero y la encina están reguladas como especies *forestales*, aunque sus frutos directos (piñón y bellota) e indirectos (trufas) se comercializan y regulan como productos *forestales* o *agrícolas* en función de la región y de si se obtienen en su forma silvestre (bosque) o cultivados con técnicas agronómicas modernas (injerto y/o micorrización, riego o fertilización). Otro caso análogo son las plantas aromáticas y medicinales leñosas (salvia, romero, lavanda, tomillo, etc.) o los frutos del bosque (frambuesa, arándano, zarzamora o grosella), que se aprovechan tanto en estado silvestre como cultivados. Todas las especies mencionadas pueden ser el componente leñoso de un sistema agroforestal.
- El **componente agrícola** de un sistema silvoarable puede incluir especies anuales (trigo, girasol, colza, etc.), herbáceas plurianuales y también leñosas *agrícolas*, como se ha descrito previamente. Por lo tanto, en los sistemas silvoarables, una misma especie leñosa puede ser “componente leñoso” si se combina con un cultivo herbáceo o con una leñosa de menor desarrollo, o bien “componente agrícola”, si se combina con otra leñosa de mayor desarrollo.



La viña puede ser el componente leñoso de un sistema silvoarable (izquierda, combinada con cubierta herbácea; Vacluse, Francia) o bien el componente agrícola (derecha, combinada con serbal para madera de calidad; Hérault, Francia).

La definición propuesta de sistema silvoarable y la variedad de especies que puede formar cada uno de sus componentes conduce a una gran diversidad de situaciones que pueden considerarse silvoarables. Como resultado, muchas modalidades de sistemas silvoarables también pueden considerarse parte del dominio de otras prácticas agroecológicas. Por ejemplo, la “agricultura mixta” consiste en combinar dos o más especies agrícolas; si al menos una de estas especies es

leñosa, el sistema sería también silvoarable. Igualmente, emplear una cubierta viva del suelo en una plantación leñosa agrícola también sería considerado un sistema silvoarable si se cumplen los criterios de intencionalidad (cubierta sujeta a un cierto mantenimiento que garantice su continuidad), interacción (la cubierta hace un servicio favorable para la plantación leñosa: protección del suelo, fijación de nitrógeno y diversificación de la producción) y superficie ocupada (al menos un tercio de la parcela).

Un sistema silvoarable puede ser relativamente sencillo (una especie leñosa combinada con un único cultivo) o bien incluir, dentro de cada componente, diversas especies y prácticas de gestión. Por ejemplo, el componente leñoso puede constar de una mezcla de especies dispuestas en función de su ecología (tolerancia a la sombra, ramificación, tasa de crecimiento, etc.) y de los productos y servicios que aportarán a lo largo del tiempo, de forma que se irán estratificando con los años. Asimismo, el componente agrícola puede incluir diversas combinaciones (p. ej., mezcla íntima o por franjas de gramíneas y leguminosas) y manejo: aprovechamiento a máquina y/o a diente, en función del período del año. Esta versatilidad de los sistemas silvoarables los hace una práctica agroecológica fuertemente alineada con la agricultura regenerativa, la permacultura o la agricultura sucesional o sintrópica.

Izquierda: sistema silvoarable “sencillo”, con una única especie leñosa (nogal) y un único cultivo (cereal) en Hérault (Francia). Derecha: sistema silvoarable complejo (Tarragona), con diversas especies leñosas en la hilera: pecanero de doble aptitud de madera y fruto, que ocupará progresivamente el estrato superior del componente leñoso; encina injertada para producción frutal, que ocupará el estrato intermedio, y alfalfa arbórea para uso forrajero y fijación de nitrógeno, que ocupará el estrato inferior. El componente agrícola, que se añadirá cuando el componente leñoso haya cumplido un período vegetativo completo, será una mezcla de múltiples especies herbáceas con uso forrajero. Autor: Balanotrees.



Escala espacial y escala temporal de la definición propuesta de sistema silvoarable

La definición propuesta de sistema silvoarable se aplica a escala de parcela. Sin embargo, los territorios que incluyen una mezcla de parcelas dedicadas a uso leñoso con parcelas dedicadas a un uso agrícola se consideran habitualmente “paisajes de mosaico agroforestal”. Estos paisajes pueden tener un alto interés desde múltiples perspectivas (culturales, socioeconómicas y ambientales) pero no se abordan en este manual por la dificultad que supone abarcar su diversidad de casuísticas y determinar la intensidad de las interacciones entre componentes y la intencionalidad de la combinación.

La escala temporal es otro factor que puede dificultar la aplicación de la definición. Durante el período durante el cual el

componente leñoso no ha alcanzado la cobertura mínima establecida (5%), la consideración o no de sistema silvoarable puede ser discutible.

La coexistencia de vegetación leñosa con cultivos agrícolas (y usos ganaderos) era habitual desde los inicios de la agricultura hasta la intensificación producida en la segunda mitad del siglo XX. En las últimas décadas se ha demostrado el interés de mantener y recuperar sistemas combinados, con la necesaria actualización de objetivos, diseño y gestión, para responder a los retos de la agricultura moderna, comenzando por promover su viabilidad socioeconómica y ambiental a corto, medio y largo plazo.

Muchos territorios de predominio agrícola presentan vegetación leñosa dispersa (Lleida). Sin embargo, puede ser difícil determinar la intencionalidad de la combinación, y, por lo tanto, aclarar si son sistemas silvoarables de acuerdo con la definición propuesta.



1.2. Tipos de sistemas silvoarables

La clasificación de sistemas silvoarables podría establecerse según diferentes criterios: los objetivos de cada componente individual (productivo y/o auxiliar y/o ambiental) y del sistema en conjunto, las especies de cada componente, la disposición espacial de estos, la naturaleza temporal o permanente de la combinación o la productividad de la zona donde se implanta el sistema. Sin embargo, se empleará la **situación de partida del terreno** como el criterio de clasificación más práctico considerando el enfoque del manual, y que se reduce a dos categorías principales: i) cultivo agrícola al que se añade un componente leñoso, y ii) sistema leñoso al que se añade un componente agrícola.

1.2.1. Sistemas silvoarables tipo A: cultivo agrícola al que se le añade un componente leñoso

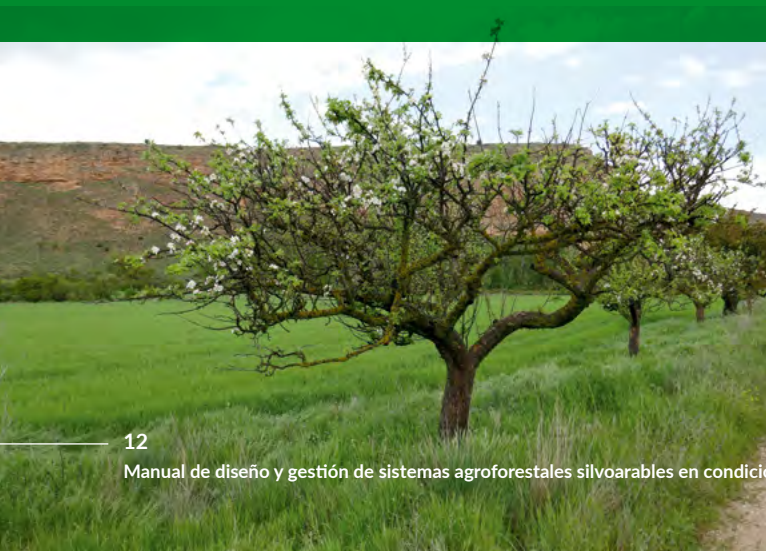
Subtipo A1. El componente leñoso se añade en el perímetro (margen leñoso)

El componente leñoso se añade rodeando o flanqueando el cultivo agrícola, que queda en una posición interior en la parcela.

En estos sistemas la importancia productiva del cultivo agrícola es preponderante sobre la de las leñosas, que suelen tener un aprovechamiento secundario o una funcionalidad indirecta de servicio al cultivo.

Tradicionalmente se han plantado o mantenido leñosas en márgenes para proteger el cultivo agrícola de los efectos negativos del viento (daños mecánicos en las plantas, aumento de la transpiración y del efecto secante en el suelo, y dificultad de polinización), retener los taludes o las terrazas, remarcar las lindes entre parcelas o reducir el riesgo de robos o daños causados por la fauna. Otros beneficios de esta práctica incluyen el aprovechamiento con la vegetación leñosa de las partes bajas de la parcela, donde puede beneficiarse de un extra de humedad, promover la lucha integrada (acogida de fauna auxiliar que facilita la polinización o ayuda a limitar el impacto de plagas agrícolas) y, en el caso de la producción ecológica, ejercer de barrera a la contaminación por la deriva de agroquímicos procedentes de parcelas vecinas. Desde el punto de vista ambiental, estas prácticas permiten crear corredores para la biodiversidad y filtrar lixiviados, es decir, excesos de fertilización que no ha aprovechado el cultivo.

Un margen leñoso puede tener una estructura sencilla, como la plantación lineal de frutales que busca aprovechar el extra de agua que aporta el pequeño talud junto al camino (izquierda; Segovia) o una estructura más compleja, que sirva de cortavientos en la mayor parte del perímetro de la parcela para reducir la transpiración de la viña (derecha; Bocas del Ródano, Francia).



Subtipo A2. El componente leñoso se añade como hileras intercaladas

Las leñosas se añaden en forma de alineaciones paralelas y a espacios regulares a lo largo del terreno. Las hileras pueden ser rectas o bien adaptarse al relieve, con el objetivo de minimizar la erosión y optimizar el aprovechamiento del agua de lluvia mediante diseños *hidrológicos* o en *línea clave*, un enfoque que ha adquirido gran relevancia en condiciones mediterráneas. En este subtipo, el componente leñoso añadido sería equivalente a una plantación implantada a baja densidad, con hileras suficientemente espaciadas para poder continuar la cosecha de los cultivos agrícolas entre ellas.

En esta opción puede prevalecer el interés productivo agrícola o bien el leñoso, y esta prevalencia puede ser dinámica a lo largo del tiempo: durante los primeros años es probable que el componente leñoso tenga un interés productivo limitado, pero puede pasar a ser prevalente a medio y largo plazo.

Los objetivos buscados con estos sistemas incluyen diversificar la producción con un nuevo componente, pero también reducir la erosión, mejorar el suelo y la retención de agua y crear cortavientos o refugios para la fauna auxiliar.

Las disposiciones del componente leñoso en el perímetro (subtipo A1) o en hileras (subtipo A2) son las más habituales, aunque también pueden añadirse árboles en grupos, dispersos por el terreno o en rincones de la parcela.



Sistemas silvoarables con hileras leñosas añadidas a terrenos agrícolas: izquierda: nogal con cereal de invierno (Gers, Francia); derecha: encina trufera con lavanda (Drôme, Francia).

1.2.2. Sistemas silvoarables tipo B: sistemas leñosos a los que se añaden cultivos agrícolas

Subtipo B1. Partiendo de vegetación leñosa alineada

La situación de partida son hileras de vegetación leñosa distribuidas regularmente en el terreno, ya sea siguiendo líneas rectas o adaptadas al relieve. El componente agrícola se añade en las calles disponibles, que tienen unas dimensiones regulares que facilitan su mecanización. El aspecto y las características de estos sistemas pueden ser similares a los del subtipo A2 presentado previamente, aunque es habitual que en el subtipo B1 el componente leñoso tenga una densidad mayor.

La principal motivación para implantar estos sistemas es generar rentas durante el período de carencia de las plantaciones de árboles. Por un lado, una parte importante de la parcela recibe suficiente luz como para hacer viable un cultivo intercalado. Por otro lado, hasta que los árboles alcanzan una talla o un estado de desarrollo suficientes para ser plenamente productivos, se genera un balance económico claramente negativo. Así, aunque a medio y largo plazo el foco principal esté en la producción leñosa, a corto plazo se busca un complemento que abarate la gestión (especialmente, el control de adventicias) e

incluso genere los primeros beneficios, si la anchura de las calles lo permite.

En caso de que el componente agrícola no tenga un interés productivo propio, sino que su función sea auxiliar a la producción leñosa, su gestión estará supeditada a mantener sus efectos positivos: fijación de nitrógeno, descompactación y saneamiento de suelos encharcables, conservación de la humedad, protección de la erosión, promoción de la actividad biológica y la fertilidad de los suelos, etc. Esto se traduce, por ejemplo, en evitar que el componente agrícola cause un efecto negativo sobre el componente leñoso en períodos en los que exista riesgo de competencia, principalmente por el agua.

En el capítulo 3 se muestran los criterios de diseño de un sistema silvoarable. Uno de ellos es la proporción del terreno que se quiere dedicar a cada componente del sistema. Esta decisión es dinámica a lo largo del tiempo, ya que a medida que se desarrollan y gestionan los árboles es posible que la proporción de la parcela destinada a cada componente vaya variando.

Sistemas silvoarables tipo B1. Izquierda: plantación de nogal para la producción de madera de calidad (marco 6 x 6 m) a la que se ha añadido un cultivo intercalado de huerta (Girona); derecha: plantación de nogal frutal de 50 años, en un marco de 8 x 25 m, con cultivo intercalado de soja (Drôme, Francia).



Subtipo B2. Partiendo de vegetación leñosa no alineada

La situación de partida son espacios ocupados por árboles y/o arbustos que no siguen un patrón regular. En esta categoría se incluyen terrenos con vegetación arbórea a densidad baja o media y que tienen o han tenido un aprovechamiento recurrente (p. ej., pastos), así como antiguos terrenos agrarios, a menudo de pequeñas dimensiones o en zonas de relieve accidentado que, tras años de abandono, han sido progresivamente invadidos por vegetación leñosa espontánea.

El mejor ejemplo de pastos con aprovechamiento económico en terrenos con arbolado no alineado son las dehesas ibéricas, un sistema ancestral de producción agrosilvopastoral.

La principal motivación para implantar o recuperar un componente agrícola en terrenos (parcialmente) arbolados suele ser el aumento de las rentas por unidad de superficie. En el caso de los terrenos abandonados, se suma la prevención de incendios a escala de paisaje, gal recuperar y mantener espacios abiertos e infraestructuras esenciales como, por ejemplo, caminos y puntos de agua.

La recuperación de un uso agrícola en espacios colonizados por vegetación leñosa, especialmente si esta ha alcanzado un gran desarrollo y el terreno ha pasado a ser considerado "forestal", puede requerir una intervención intensa y trámites administrativos de evaluación ambiental que pueden ser complejos. Por lo tanto, esta transformación debe planificarse cuidadosamente, centrando la recuperación agrícola en los terrenos más llanos y amplios, pero manteniendo espacios con cobertura arbórea. La decisión sobre el número, la

Ejemplo de recuperación del uso agrícola (viñedo) en antiguas terrazas abandonadas (Burgos). En los taludes se ha mantenido y diversificado la vegetación leñosa para protegerlos de la erosión y crear refugios para insectos que fomentan la polinización y la lucha biológica.



ubicación y los criterios de selección de los árboles que se deben mantener es clave en los resultados y el funcionamiento del nuevo sistema, y debe basarse en criterios técnicos: árboles con potencial económico o con interés como cortavientos o para la retención de taludes; dispuestos siguiendo una cierta alineación para facilitar la mecanización y/o crear corredores para la biodiversidad; mantener la máxima diversidad de especies, etc. Esta transformación es compatible con implantar nuevos árboles que refuercen los resultados productivos, económicos o ambientales del sistema.

Los sistemas resultantes consisten en un mosaico de terrenos agrícolas o silvoarables rodeados de bosque o integrados en él. En este contexto, en el que la superficie de cultivo suele ser reducida y no puede emplearse maquinaria de grandes dimensiones, conviene plantear cultivos de alto valor añadido, esquemas productivos de mínimo impacto ambiental y una estrategia de comercialización adaptada (el capítulo 6 muestra ideas al respecto).



Conversión de un pinar-alcornocal denso y abandonado en un sistema silvoarable con vegetación leñosa dispersa (Girona). Se han mantenido los alcornoques más productivos y mejor formados, y también una representación de árboles de todas las especies preexistentes, intentando conseguir, además, una distribución más o menos alineada de los árboles mantenidos.

Estas alineaciones se reforzarán con la plantación de nuevos árboles que aporten rendimiento económico y diversidad ambiental. En el perímetro del terreno se mantiene una franja de vegetación leñosa de 2 m de anchura, diversificada con nuevas especies arbóreas y arbustivas.



La severidad de los incendios forestales de los últimos años es consecuencia en gran medida de los complejos procesos socioeconómicos que han dado lugar al abandono de las actividades primarias. Los sistemas silvoarables son una herramienta que puede contribuir a revertir este abandono y conseguir paisajes más adaptados a los incendios y a otras amenazas, consiguiendo su mantenimiento a largo plazo mediante la rentabilidad del sistema.



Recuperación de un terreno agrícola abandonado y ocupado por el matorral, enclavado en una masa de robledal en Segovia.

La conversión consistió en un desbroce del matorral respetando el arbolado (rebollo, serbal y maíllo) mayor de dos años, añadiendo avellanos y castaños en el perímetro y en hileras espaciadas y sembrando legumbres de secano.





2

Fundamento y evaluación de los sistemas silvoarables

Este capítulo muestra los fundamentos de los sistemas silvoarables y sus implicaciones desde el punto de vista productivo y socioeconómico, y también ambiental. El funcionamiento del sistema silvoarable y la consecución de los beneficios presentados depende de un diseño y una gestión adecuados, como se presenta en el capítulo 3.



2.1. Fundamento de los sistemas silvoarables

El fundamento de los sistemas silvoarables es la complementariedad (en el espacio y en el tiempo) y las interacciones entre los componentes del sistema.

2.1.1. Complementariedad

La complementariedad consiste en que los órganos productivos (hojas y raíces) del cultivo agrícola y de la vegetación leñosa de un sistema silvoarable pueden aprovechar los recursos del sistema (luz solar, agua y nutrientes del suelo) de una manera más eficiente que los sistemas de monocultivo.

- **Complementariedad en el espacio:** las hojas del cultivo y de la vegetación leñosa ocupan diferentes alturas, y las raíces ocupan diferentes profundidades (figura 1). Así, se multiplica la capacidad global del sistema de aprovechar los recursos disponibles.

- **Complementariedad en el tiempo:** el período en el cual un vegetal tiene hojas y raíces activas varía en función de la especie. Aumentando el número de especies en el sistema se consigue ampliar el período durante el cual hay al menos una de ellas activa, es decir, se prolonga el período vegetativo total del sistema (figura 2).

La suma de complementariedades en el espacio y en el tiempo conduce a una mayor superficie foliar y un mayor volumen de raíces en el sistema. En otras palabras: más fotosíntesis y mejor aprovechamiento del agua y los nutrientes y, por lo tanto, más productividad total.

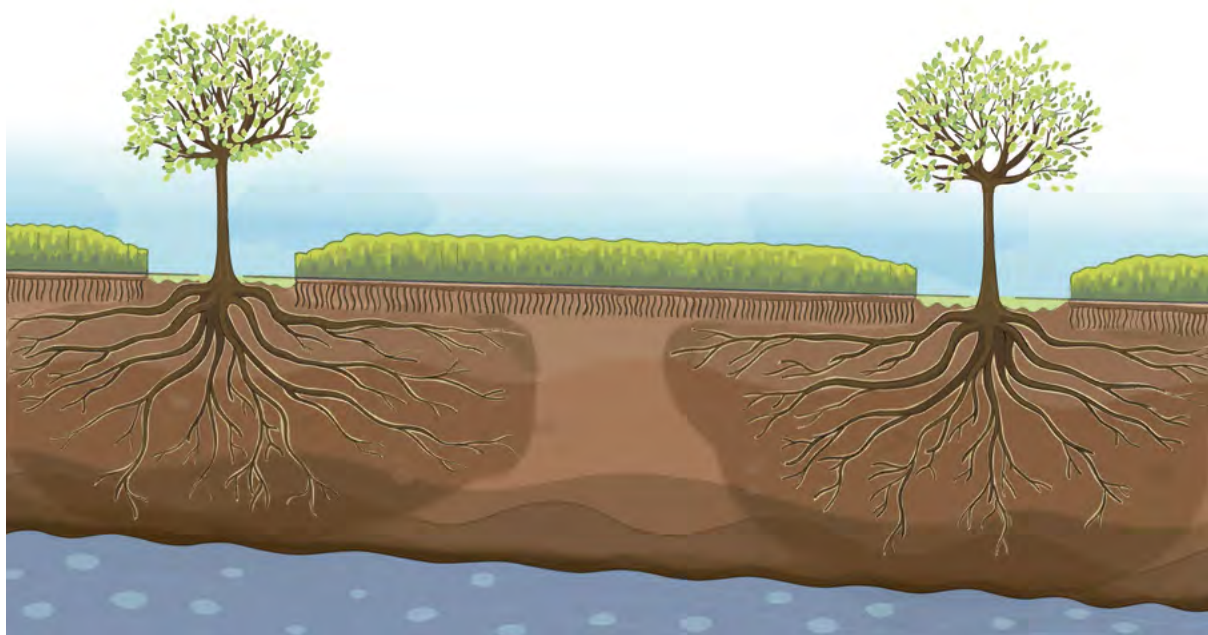


Figura 1. Vista de las hojas y raíces de los componentes de un sistema silvoarable: puede apreciarse el solapamiento vertical, y el incremento resultante de la superficie total de hojas y, especialmente, del volumen del suelo explorado.

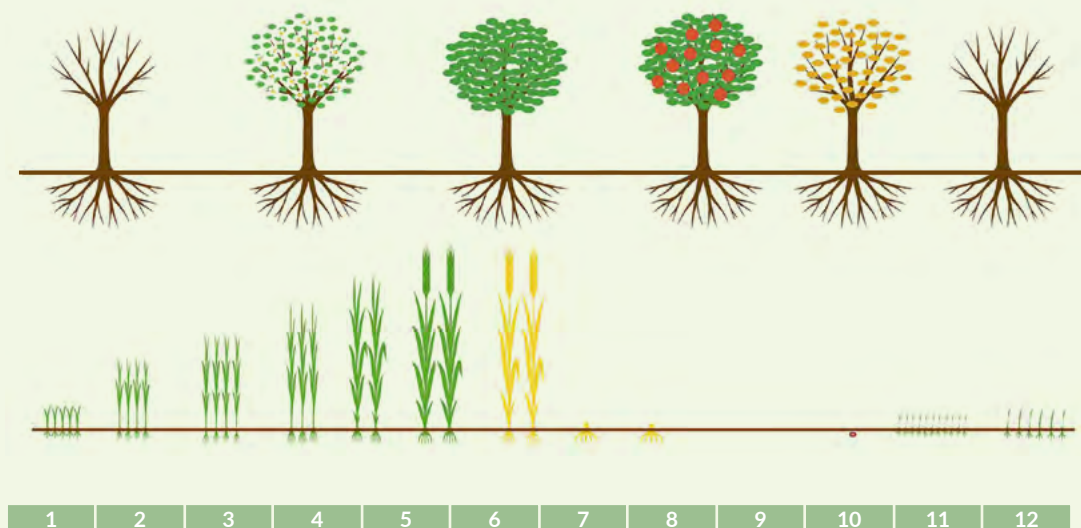


Figura 2. Los periodos vegetativos de los componentes de un sistema silvoarable pueden alcanzar una gran complementariedad en el tiempo, especialmente si se combinan especies activas en invierno (por ejemplo, la mayoría de cereales) con árboles de hoja caduca: esta combinación permite que haya hojas verdes todos los días del año, a diferencia del monocultivo de cereal de invierno (activo desde mediados de otoño hasta finales de primavera) y del monocultivo de árboles de hoja caduca (activo desde mediados de primavera hasta mediados de otoño). Los números (1-12) indican el mes aproximado en el que se da cada estado fenológico en el contexto mediterráneo.

2.1.2. Interacciones

Las interacciones entre los componentes de un sistema silvoarable son los efectos que causa cada uno sobre el otro. Estos efectos pueden ser positivos, negativos o neutros, y varían en función de las condiciones meteorológicas, del estado de desarrollo de cada componente y de la época del año.

- **Regulación del microclima:** el componente leñoso reduce la intensidad y modula el tipo de luz que llega al componente agrícola a lo largo del tiempo, suaviza las temperaturas extremas, reduce la exposición al viento y aumenta la humedad ambiental. Algunas de estas interacciones son positivas y otras son negativas, y el resultado final

es variable en función de la distancia del cultivo a la vegetación leñosa y del tipo y las dimensiones de esta. A diferencia del centro y norte de Europa, en las condiciones mediterráneas la luz es un factor mucho menos limitante que el agua para la producción vegetal, por lo que el microclima inducido por la vegetación leñosa tiende a ser más favorable que en condiciones más frías y húmedas. El componente agrícola también puede condicionar las microcondiciones en las que se desarrolla el componente leñoso: por ejemplo, en zonas de alta productividad y suelos profundos, el maíz produce un sombreado lateral en los árboles jóvenes que puede facilitar la formación de un tronco recto y poco ramificado.



Los árboles crean un microclima más húmedo y menos expuesto a temperaturas extremas, lo que explica su mantenimiento en el sistema dehesa-montado, que ocupa cerca de 3 millones de hectáreas en la península ibérica. En la imagen, tomada en verano, puede apreciarse cómo el pasto permanece verde durante más tiempo gracias a las copas de los árboles, mientras que en las zonas alejadas de las copas se ha agostado. Fuente: Arnaud Carrara, Fundación CEAM.

- **Disponibilidad de agua y nutrientes del suelo:** la vegetación leñosa modula la disponibilidad de agua en el suelo a través de diversos fenómenos: en épocas secas, el microclima descrito previamente reduce la evaporación y la transpiración. Además, las raíces del componente leñoso absorben agua de capas profundas, inaccesibles para el componente agrícola, y pueden hidratar el suelo por capilaridad (“elevación hidráulica”), aunque también pueden darse casos de competencia entre raíces, especialmente del cultivo sobre los árboles, debido a su solape vertical. En épocas húmedas, los sistemas silvoarables están menos expuestos a problemas de encharcamiento, gracias a la transpiración que ejercen los dos componentes y a la mejora de la infiltración.

Desde el punto de vista de los nutrientes, el componente leñoso puede aprovechar los lixiviados (nutrientes aportados al cultivo que este no ha podido aprovechar, acumulándose en capas profundas del suelo y acuíferos), y retornarlos al sistema junto con otra materia orgánica: caída de hojas, ramillos, frutos, etc.

Por último, el volumen del suelo ocupado por las raíces de los árboles, que no está sujeto a la remoción de horizontes, se convierte en un refugio para los organismos responsables del reciclado de nutrientes y de aumentar la fertilidad del suelo, como se muestra en la figura 1.

- **Disponibilidad de fauna auxiliar:** gracias a su permanencia durante años o décadas, la vegetación leñosa sirve de refugio para múltiples organismos que pueden ayudar a equilibrar las redes tróficas y los agroecosistemas, favoreciendo el asentamiento de la fauna polinizadora y la depredadora de plagas agrícolas: insectos entomófagos (sírfidos, carábidos, coccinélidos, etc.), aves, murciélagos, etc.



Arriba: coccinélido atraído por la abundancia de presas (pulgones) en sistema silvoarable de árboles forestales y frutos del bosque (Soria). Abajo: el romero en flor atrae eficazmente a polinizadores en un sistema silvoarable de viñedo con aromáticas (Burgos).



- **Reducción de la superficie cultivada:** el espacio ocupado por los troncos de la vegetación leñosa, más un espacio de seguridad entre estos y el cultivo para evitar daños durante la mecanización, conlleva una reducción de la superficie de cultivo, que vendrá determinada por el diseño del sistema. Por ejemplo, una línea arbolada cada 20 m, que implique que se deje de cultivar una banda de 1 m de anchura, supone una pérdida del 5% de la superficie cultivada.

Como se muestra en los capítulos 3 y 4, un diseño y una gestión adecuados del sistema silvoarable permitirá maximizar las complementariedades y conseguir un predominio de las interacciones positivas sobre las negativas.

2.2. Evaluación productiva y socioeconómica de los sistemas silvoarables

Este apartado presenta las ventajas y los condicionantes productivos y socioeconómicos de los sistemas silvoarables en comparación con sistemas de monocultivo agrícola o leñoso. Las principales publicaciones que lo fundamentan son Sereke *et al.* (2015); Arenas-Corraliza *et al.* (2018); Pent (2020); Smith *et al.* (2022); Staton *et al.* (2022) y Guerrero *et al.* (2024).

2.2.1. Ventajas de los sistemas silvoarables frente a sistemas de monocultivo agrícola o leñoso

- **Más productividad global por hectárea:** gracias a las complementariedades y a la prevalencia de las interacciones positivas sobre las negativas, descritas en el apartado previo, se consigue una mayor productividad global (componente agrícola + componente leñoso) que en sistemas de monocultivo. El incremento de la productividad global se expresa a través del concepto “relación de superficie equivalente” (RSE). En zonas templadas, incluyendo las mediterráneas, los valores más habituales de RSE varían entre 1,2 y 1,3, es decir, que se consigue una productividad acumulada entre un 20% y un 30% superior que en sistemas de monocultivo. Estos valores representan la RSE media a lo largo de todo el ciclo del sistema, pero la RSE puede variar de año en año, según las complementariedades e interacciones entre los componentes. Por ejemplo, en un año ventoso y con temperaturas muy altas, los árboles pueden tener un efecto particularmente favorable sobre el cultivo intercalado en comparación con un monocultivo agrícola, que se vería sometido a una reducción más intensa del rendimiento.

- **Más resiliencia y estabilidad productiva y económica:** la diversificación de productos reduce la exposición del productor a las fluctuaciones del precio de los insumos y de los productos obtenidos. Además, en el caso de los productos agrícolas, el microclima que crean los árboles permite obtener producciones más equilibradas y menos expuestas a los extremos meteorológicos. En conjunto, las rentas se vuelven más estables. Además, algunas de las interacciones positivas mencionadas previamente —como, por ejemplo, la mayor disponibilidad de agua y nutrientes o el aumento de la fauna auxiliar— permiten reducir la dependencia de los cultivos respecto de los agroquímicos. Por ejemplo, el aumento de la presencia de fauna insectívora (murciélagos, aves, coleópteros e himenópteros) y polinizadora, o la presencia de especies vegetales fijadoras de nitrógeno, pueden tener un impacto económico relevante.

La evolución de la Política agrícola común (PAC) presta cada vez más atención a aspectos de sostenibilidad ambiental y climática. El marco actual de subvenciones a los sistemas agroforestales es aún disperso, como se muestra en el capítulo 5, pero se prevé que vaya teniendo en cuenta de una manera cada vez más decidida el apoyo a estos sistemas, lo que aumentaría aún más su rentabilidad.

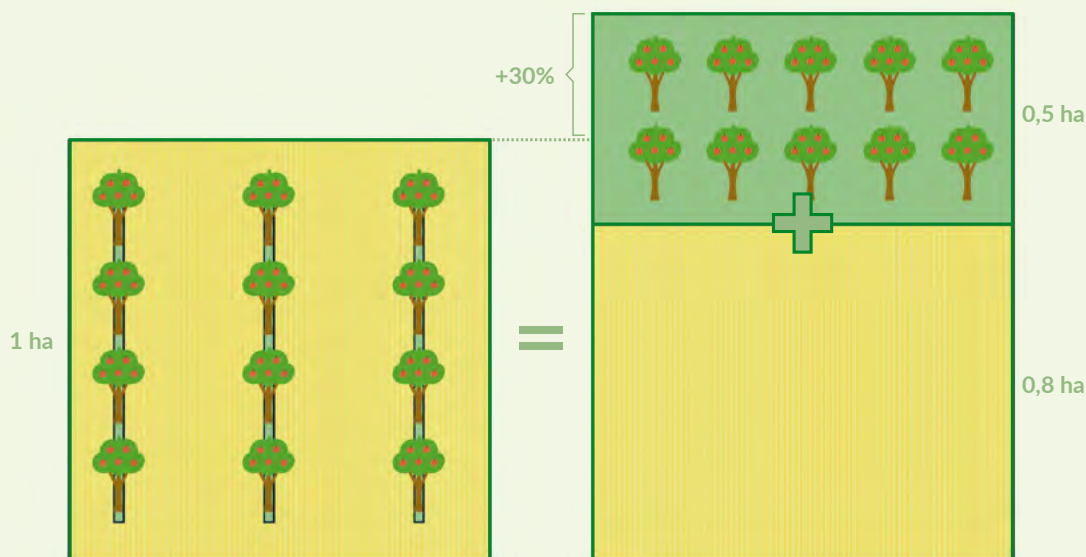
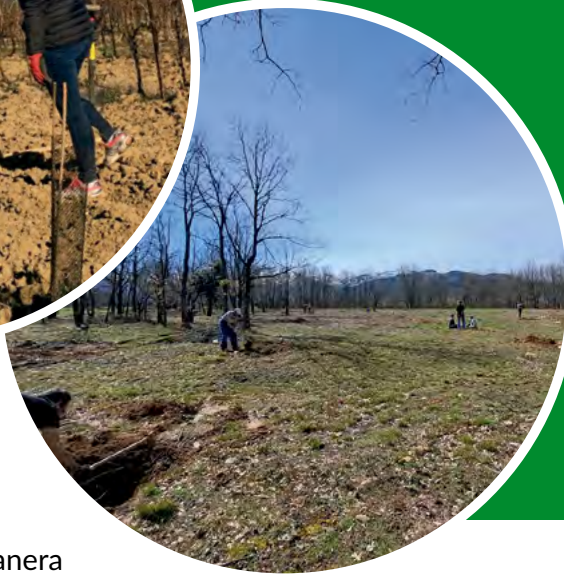


Figura 3. Representación de la relación de superficie equivalente (RSE): en una hectárea, el sistema silvoarable de la izquierda produce, a lo largo de toda la vida de la plantación, una cantidad de producción agrícola similar a la que se habría obtenido en 0,8 ha destinadas únicamente al cultivo agrícola más una producción de fruta y/o madera similar a la que se habría obtenido en 0,5 ha destinadas únicamente al cultivo leñoso. Así, 1 ha agroforestal genera una producción equivalente a la que se obtendría en 1,3 ha de monocultivos.

- **Productos de más valor y acceso a nuevos mercados:** los sistemas silvoarables se enmarcan en la familia de prácticas agroecológicas, junto con la agricultura ecológica, regenerativa, sintrópica, de conservación, etc., con las que son totalmente sinérgicos. Los productos generados bajo estos enfoques pueden comercializarse a un precio superior gracias a los beneficios ambientales que comportan. Además, el incremento de la fijación de carbono (véase el apartado 2.3) permite acceder a nuevas oportunidades de generación de ingresos como, por ejemplo, la agricultura de carbono (*carbon farming*). Además, se están desarrollando otros mecanismos públicos y privados de financiación de prácticas agrarias con beneficios ambientales, tales como el

Crédito Climático Agrario de Cataluña. Otras oportunidades ya disponibles son las asociadas a la propia diversificación de los sistemas y a la mejora paisajística, que permiten generar nuevos recursos económicos, ya sea de manera directa o mediante alianzas con otros productores e iniciativas locales: ganadería, apicultura o turismo, entre otras.

La **relación de superficie equivalente** expresa la superficie de monocultivo (agrícola y leñoso) que sería necesaria para generar la misma producción total que una hectárea silvoarable (figura 3).



Las plantaciones de árboles y arbustos en el medio agrícola suscitan una gran motivación social. Izquierda: plantación colectiva de encinas truferas con vecinos y patrocinadores en el sistema silvoarable de un viticultor (Hérault, Francia). Derecha: plantación colectiva de castaños y avellanos en un terreno agrícola recuperado (Segovia).

- **Papel social del agricultor:** una ventaja expresada de manera recurrente por muchas de las personas propietarias y gestoras de sistemas silvoarables es la satisfacción de estar generando y legando una finca mejor (más rentable, productiva y funcional) que cuando comenzaron a trabajarla. El orgullo del agricultor como modelador o custodio del paisaje que aprende a interpretar los fenómenos que se dan en su agroecosistema es una ventaja intangible, pero determinante para muchos productores.
- **Valor patrimonial del terreno** (sistemas tipo A y tipo B2): al añadir un componente leñoso se está implantando un patrimonio que irá creciendo año a año, por lo que irá generando beneficios (productivos y/o auxiliares al cultivo y/o ambientales) de manera acumulativa, con una duración de años o décadas en función de la especie y el objetivo. Este componente hace aumentar progresivamente el valor del terreno, al sumársele el patrimonio del “vuelo” (árboles en pie). Los márgenes leñosos perimetrales pueden plantearse con una duración indefinida, gracias a la capacidad de autorregeneración (rebrote y/o regeneración natural) compatible con su aprovechamiento regular para forraje, fruta, leña, madera, etc. También

puede incrementarse el valor de un terreno forestal abandonado si se pone en valor con una conversión a un sistema silvoarable (modelo B2.2).

- **Avanzar y regularizar rentas** (sistemas tipo B): al añadir un componente agrícola a un sistema leñoso se puede mejorar la rentabilidad del terreno, al generar ingresos y/o abaratar los costes de mantenimiento desde los primeros años, reduciéndose el período de recuperación de la inversión. Este factor es más relevante cuantos más años sean necesarios para que la especie leñosa entre en producción.

El incremento de la productividad por unidad de superficie, la mayor diversidad y estabilidad productiva, la generación de productos de mayor valor añadido y las mejoras sociales que implican los sistemas silvoarables los hacen especialmente interesantes para la mejora de la viabilidad económica y técnica de explotaciones familiares (figura 4).

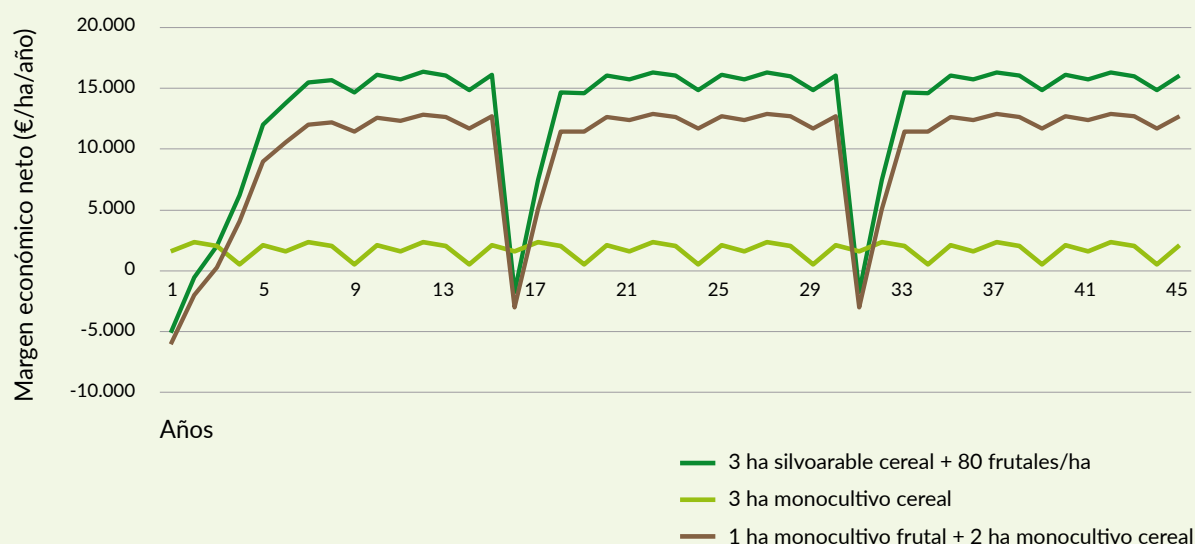


Figura 4. Margen económico neto (€/ha/año) de un terreno de 3 ha con diversos modelos productivos silvoarables y de monocultivo.

2.2.2. Condicionantes productivos y socioeconómicos de los sistemas silvoarables, frente a monocultivos agrícolas o leñosos

- **Necesidad de una gestión compleja y dinámica en el tiempo:** gestionar dos o más componentes requiere conocer las necesidades de cada uno. Además, es necesario incorporar la gestión de las interacciones (positivas y negativas) entre los componentes; estas van variando con la meteorología, con el período del año y con el desarrollo a lo largo del tiempo del componente leñoso. Por lo tanto, estos sistemas requieren un seguimiento sobre el terreno más exhaustivo y un mayor conocimiento técnico.
- **Necesidad de diversificar maquinaria e infraestructura:** como en el caso anterior, cada componente puede requerir maquinaria o aperos específicos. Además, puede resultar necesario disponer de espacios de almacenamiento,

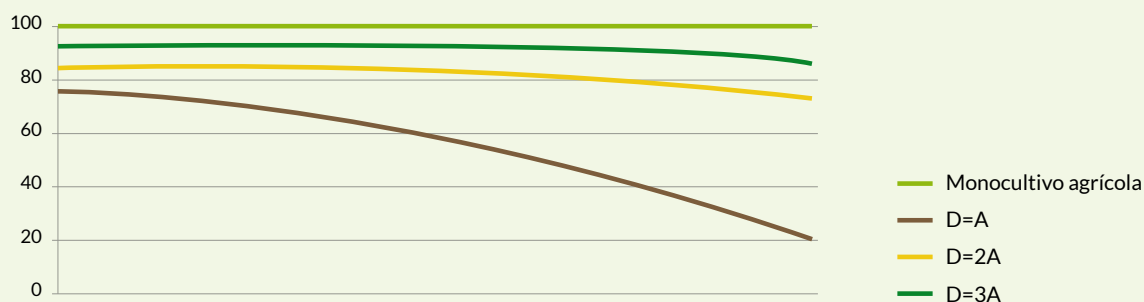
conservación y transformación adaptados a los dos o más productos generados.

- **Comercialización más compleja:** al vender dos o más productos es necesario conocer las cadenas de valor y comercialización de cada uno. La diversificación también va en detrimento del volumen obtenido de cada producto individual.

La mayor complejidad de los sistemas silvoarables en comparación con los monocultivos puede hacer necesaria la colaboración entre diversos productores, a la hora de compartir conocimientos, maquinaria, infraestructuras y canales de comercialización. Esta necesidad de colaboración puede considerarse una barrera, pero también una oportunidad para tejer comunidades rurales más activas e integradas.

- **Inercias sociales y del sector:** los cambios en los modelos productivos y en los paisajes pueden percibirse con reticencias por parte de otros productores vecinos. Además, el grado aún incipiente de adopción de estos sistemas puede hacer necesarias explicaciones adicionales a las administraciones responsables de aplicar la reglamentación y las ayudas agrarias, que pueden no estar acostumbradas a los modelos menos habituales.
- **Requisitos de la parcela y situación de partida:** los sistemas silvoarables pueden adaptarse a cualquier área y contexto productivo. Sin embargo, como se detalla en el capítulo 3, las características de la parcela condicionan decisivamente la viabilidad y el diseño del sistema. Las parcelas de cultivo estrechas y con suelo poco profundo, así como las plantaciones leñosas con un marco muy estrecho, pueden limitar significativamente las opciones de conversión a un sistema silvoarable.
- **Fase de transición (sistemas tipo A):** el impacto económico y productivo de añadir vegetación leñosa a una parcela agrícola puede ser muy favorable a medio y largo plazo. Sin embargo, la fase de implantación y mantenimiento inicial de este componente leñoso supone una inversión relevante (planta, elementos de protección, plantación, etc.) y una reducción de la superficie cultivada que afectarán negativamente a los resultados económicos de la explotación, hasta que la vegetación leñosa entre en producción (figura 4).
- **Producción individual no optimizada:** para cada componente individual (agrícola o leñoso), la producción y la rentabilidad individual son inferiores a las que se obtendrían en sistemas de monocultivo, como se muestra en la figura 2. La figura 5 muestra la evolución del margen económico neto del componente agrícola en un sistema silvoarable, en comparación con un sistema de monocultivo.

Figura 5. Evolución del margen económico (porcentaje respecto al monocultivo) del **componente agrícola** de un sistema silvoarable a lo largo de la vida de los árboles, en diferentes ubicaciones del terreno, definidas por la altura de los árboles (A) y la distancia del cultivo respecto de estos (D). El margen económico del cultivo se reduce según ganan altura los árboles, a un ritmo que depende de la distancia hasta estos. La pérdida inicial se debe a la reducción de la superficie cultivada. Con un sistema diseñado con un marco de plantación relativamente amplio (distancia entre hileras equivalente a dos o tres veces la altura final de los árboles), la reducción media del margen económico del componente agrícola a lo largo de toda la vida de los árboles es de alrededor del 20% o el 15%, respectivamente.



2.3. Evaluación ambiental de los sistemas silvoarables

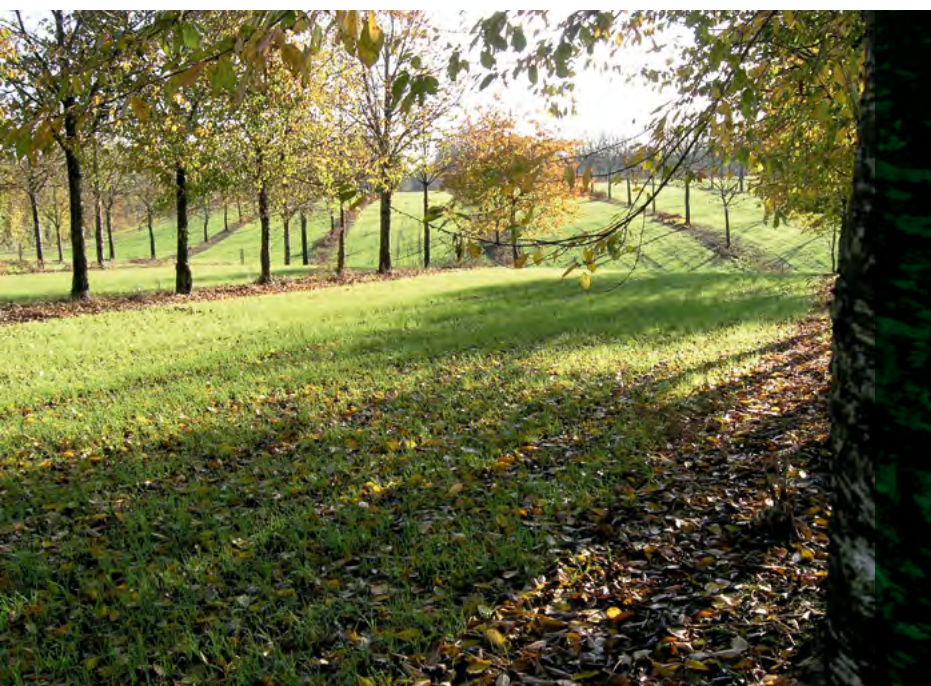
Este apartado presenta las ventajas y los condicionantes ambientales que suponen los sistemas silvoarables, en comparación con monocultivos agrícolas o leñosos. Las principales publicaciones que fundamentan este apartado son: Torralba *et al.* (2016); Van Vooren *et al.* (2017); Chattergee *et al.* (2018); Shi *et al.* (2018); Drexler *et al.* (2021); Guerrero *et al.* (2024); Pumariño *et al.* (2015), y Schievano *et al.* (2025).

2.3.1. Ventajas ambientales de los sistemas silvoarables frente a monocultivos agrícolas o leñosos

- **Suelo** (sistemas tipo A y tipo B1): añadir vegetación leñosa a terrenos de cultivo permite reducir la erosión eólica (al reducir la velocidad del viento y retener las partículas en suspensión) e hídrica. Los árboles hacen un aporte continuo de materia orgánica al suelo (hojarasca, ramillos, frutos, raíces muertas, etc.). Este aporte, junto con el volumen de suelo no removido en las zonas ocupadas por las raíces, permite que el suelo evolucione estabilizando la materia orgánica (y, por

lo tanto, el carbono) y diversificando y mejorando las poblaciones de microorganismos responsables de los ciclos de nutrientes. Como resultado, se aumenta la fertilidad del suelo y su capacidad de infiltración. Añadir cultivos a un sistema leñoso puede ayudar también a estabilizar la materia orgánica del suelo y evitar la erosión, siguiendo el principio de las cubiertas verdes.

- **Biodiversidad**: la presencia de dos componentes conlleva una diversificación del agrosistema, con un incremento de los hábitats existentes y una mayor capacidad de acogida de comunidades de fauna, flora y microorganismos, tanto en el suelo como en superficie. Este efecto puede multiplicarse si el diseño del sistema incluye cierta diversidad de especies dentro de cada componente y si se favorece la conectividad de los hábitats, por ejemplo, creando una red leñosa conectada traducible en corredores para la biodiversidad. Algunos de los grupos animales más estudiados que se han visto beneficiados por los sistemas silvoarables son las aves, los murciélagos, los insectos entomófagos y las lombrices.



La caída anual de las hojas permite enriquecer la materia orgánica del suelo, junto con la degradación de las raíces finas (Charente Marítimo, Francia).

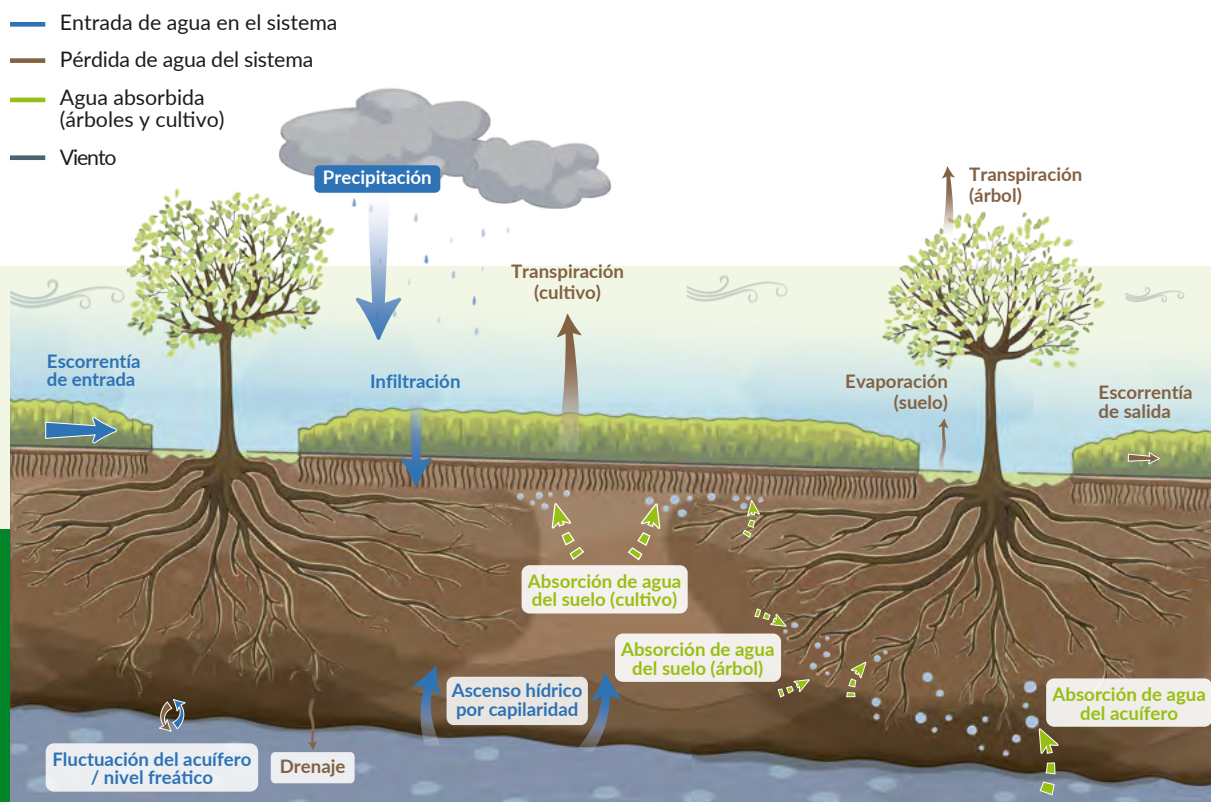


Figura 6. Dinámica del agua en un sistema silvoarable.

- **Agua:** en comparación con los monocultivos, los sistemas silvoarables modulan la dinámica del agua (Figura 6), tanto en momentos de exceso (mejoran la infiltración y reducen el tiempo de encharcamiento gracias al período vegetativo extendido sumando el de los componentes) y también en momentos de sequía, al reducir el efecto desecante del viento y del sol. Además, mejoran la calidad del agua en dos sentidos: filtran los lixiviados (reduciendo el impacto de los nitratos, un problema de primer orden en zonas de predominio agrícola) y reducen la erosión y, con ella, el arrastre de sedimentos. Los márgenes leñosos situados junto a cursos de agua pueden reducir la eutrofización de esta por altas temperaturas.

La intensidad de las ventajas ambientales descritas depende del diseño y el estado de desarrollo del sistema silvoarable (dimensiones, diversidad y disposición de los componentes), pero también de la gestión aplicada: frecuencia e intensidad del laboreo, gestión fitosanitaria, de la fertilidad y de la vegetación adventicia, etc. La integración de las diversas ramas de la agroecología permite maximizar estas ventajas.

- **Ciclo del carbono:** a la estabilización del carbono orgánico del suelo mencionada previamente se suma la fijación de carbono adicional en la biomasa leñosa, que puede prolongarse durante décadas o siglos si la madera se emplea en destinos de larga vida útil, como el mobiliario o la construcción. Otras contribuciones a la mitigación del cambio climático son la sustitución de materias primas fósiles por bioproductos como la leña y otros biocombustibles, química verde, etc. En el caso de la recuperación de espacios agrarios en paisajes forestales (sistemas B2.2), se reduce la vulnerabilidad a incendios (y las emisiones resultantes) a escala de paisaje. Por último, en paisajes cerealistas, añadir vegetación leñosa perimetral (sistemas B1.1) ayuda a frenar la expansión de los incendios de cereal.

Todas las ventajas ambientales descritas conllevan beneficios económicos, ya sea para el productor (mejora de la fertilidad del suelo, fauna auxiliar, posibilidad de rentabilizar el carbono fijado, etc.) como para el conjunto de la sociedad: la mejora de la calidad del agua abarata los costes de potabilización; la prevención de la erosión eólica previene problemas de salud pública asociados a la turbidez del aire, etc.



Evolución de incendios de cereal en Cataluña, en julio de 2025. A la izquierda, el incendio que afectó a 6.000 ha en un paisaje simplificado con fuerte dominancia del cereal, en Torrefeta i Florejacs (Lleida). A la derecha, incendios en terrenos de cereal con márgenes leñosos, en Sant Feliu Sasserra (Barcelona), a 75 km de distancia. Los márgenes leñosos actúan como cortafuegos, frenando la progresión del incendio de cereal y dificultando que alcance gran intensidad. Autoría: Bombers de la Generalitat de Catalunya.

2.3.2. Condicionantes ambientales de los sistemas silvoarables frente a monocultivos agrícolas o leñosos

- **Más productividad implica más transpiración:** el incremento de la productividad global de los sistemas silvoarables en comparación con los sistemas puros se debe, como se ha presentado previamente, a un mejor aprovechamiento de los recursos (luz y agua), que conduce a una mayor fotosíntesis total. En el caso del agua, el aprovechamiento más intenso por la vegetación implica que estos recursos hídricos no se incorporan directamente a los acuíferos. Este posible impacto negativo puede verse compensado

por la reducción de la evaporación y la transpiración mencionados previamente, así como por el aumento de la condensación gracias a la presencia de diversos estratos y la mejora de la infiltración.

- **Sistemas silvoarables y aves esteparias** (sistemas tipo A): uno de los grupos de vertebrados más amenazados de Europa son las aves esteparias, entre las que destacan la avutarda, el sisón, las gangas (ibérica y ortega) o la alondra ricotí. Estas especies están adaptadas a paisajes llanos y desprovistos de vegetación arbórea. Sus principales amenazas son la intensificación agraria (conversión a regadío, uso excesivo

Abajo y en la página siguiente: los sistemas silvoarables con huerta en regadío bajo arbolado permiten reducir hasta el 50% la dosis de riego, gracias a la menor transpiración y evaporación y al descenso de las temperaturas máximas durante el verano (Gard, Francia).



de agroquímicos y falta de tierras de barbecho) y la fragmentación de hábitats por infraestructuras. Si bien los sistemas silvoarables se suelen caracterizar por una baja cobertura arbórea, y por tanto no deberían representar una amenaza, su implantación en zonas con presencia de

aves esteparias debe hacerse de manera progresiva, priorizando los marcos de plantación amplios, evitando especies leñosas de gran porte y evaluando los efectos (disponibilidad de refugio y alimento, riesgo de depredación, etc.) sobre las poblaciones de aves.

En este apartado se ha mostrado la evaluación de los sistemas silvoarables desde el punto de vista productivo, socioeconómico y ambiental a escala de parcela. Un alto grado de adopción de estos sistemas permitiría multiplicar sus ventajas y oportunidades a una escala geográfica mayor (valle o comarca), en la que se podrían generar nuevas oportunidades económicas ligadas a las cadenas de valor resultantes (más productos y de mayor valor añadido), además de conseguirse una mejora global del paisaje, el agua y el suelo. El impacto es especialmente relevante en paisajes muy homogéneos y también en entornos periurbanos o de alta frecuentación o visibilidad.





3

De la teoría a la práctica (1): cómo concebir un sistema silvoarable

Un proyecto agroforestal tiene una duración de varias décadas, y, por lo tanto, debe planificarse cuidadosamente, involucrando a todas las personas que pueden ser parte de este, incluso en el futuro. Este capítulo aborda las dos fases clave en la concepción de cualquier proyecto de cultivo (diagnóstico y diseño), detallando las particularidades de los sistemas silvoarables. Estas fases tendrían su continuidad en las fases de implementación y gestión, que consisten en llevar a cabo, de una forma adaptativa y flexible, la planificación establecida en la fase de diseño.



3.1. Fase 1: diagnosis

Un proyecto silvoarable se inicia con un diagnóstico de la situación de partida, que recoja tanto las características ecológicas del terreno como los medios disponibles y las motivaciones de los promotores.

3.1.1. Caracterización ecológica de las parcelas

El medio físico y biológico condiciona las decisiones en cualquier proyecto de plantación. Modificarlo resulta, cuando menos, muy difícil y costoso, y su efecto suele ser temporal. Por lo tanto, conviene adaptar las decisiones para que sean compatibles con las características del medio. Por ejemplo, un suelo alcalino siempre resultará perjudicial para especies calcífugas como el castaño. La caracterización ecológica de las parcelas se basa en observaciones de campo, cartografía y datos históricos, e incluye:

- **Clima:** la caracterización climática incluye la determinación de la temperatura (media anual, media de las máximas y mínimas, período de heladas, integral térmica, etc.), precipitación (media anual, estival, días de nieve, incidencia de tormentas, duración media e intensidad de los períodos de sequía, irregularidad entre años, etc.), dirección e intensidad de los vientos dominantes, evapotranspiración media anual o insolación. Por último, es necesario incorporar en la diagnosis las previsiones de cambio climático, porque el componente leñoso va a permanecer durante varias décadas.
- **Suelo:** el suelo es la matriz física, química y biológica que albergará y proveerá de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces, de modo que es esencial conocer sus características, en toda la profundidad en la que se desarrollará el sistema radical del componente leñoso a medio y largo

La maquinaria moderna permite delimitar terrenos y cultivarlos siguiendo polígonos regulares. Sin embargo, la heterogeneidad de las parcelas puede generar fuertes irregularidades en la producción, por lo que adaptar el diseño del sistema a estas particularidades es necesario para su éxito. Izquierda: campos donde la red hidrográfica parece querer recuperar su sitio (Soria). Derecha: chopera con una fuerte heterogeneidad productiva, debido a variaciones en las características del suelo y/o la fisiografía (Soria). Fuente: Instituto Geográfico Nacional.





Diferentes momentos de caracterización de un suelo. Izquierda: calicata de 200 cm de profundidad; para especies leñosas de gran desarrollo radicular hay que estudiar el suelo al menos hasta 120 cm de profundidad. Centro: toma de muestras por separado para cada horizonte identificado en la calicata. Derecha: muestra de suelo de un horizonte preparada para su envío a laboratorio.

plazo. El suelo puede variar de unas zonas a otras dentro de una misma parcela, por lo que hay que identificar y delimitar rodales (áreas con características edáficas y fisiográficas homogéneas) y analizarlos por separado. Para la rodalización, además de las observaciones de campo y la experiencia recabada de los agricultores y propietarios, son de gran utilidad las fotografías aéreas, que permiten identificar fenómenos poco evidentes a pie del terreno.

Para evaluar el suelo es muy recomendable abrir calicatas en cada rodal, para el estudio de las diferentes capas (horizontes). Los principales parámetros físicos que se deben estudiar son la continuidad entre horizontes, la textura, la profundidad efectiva y la estructura. En cuanto a las características químicas, son esenciales el contenido en materia orgánica, la salinidad, la caliza

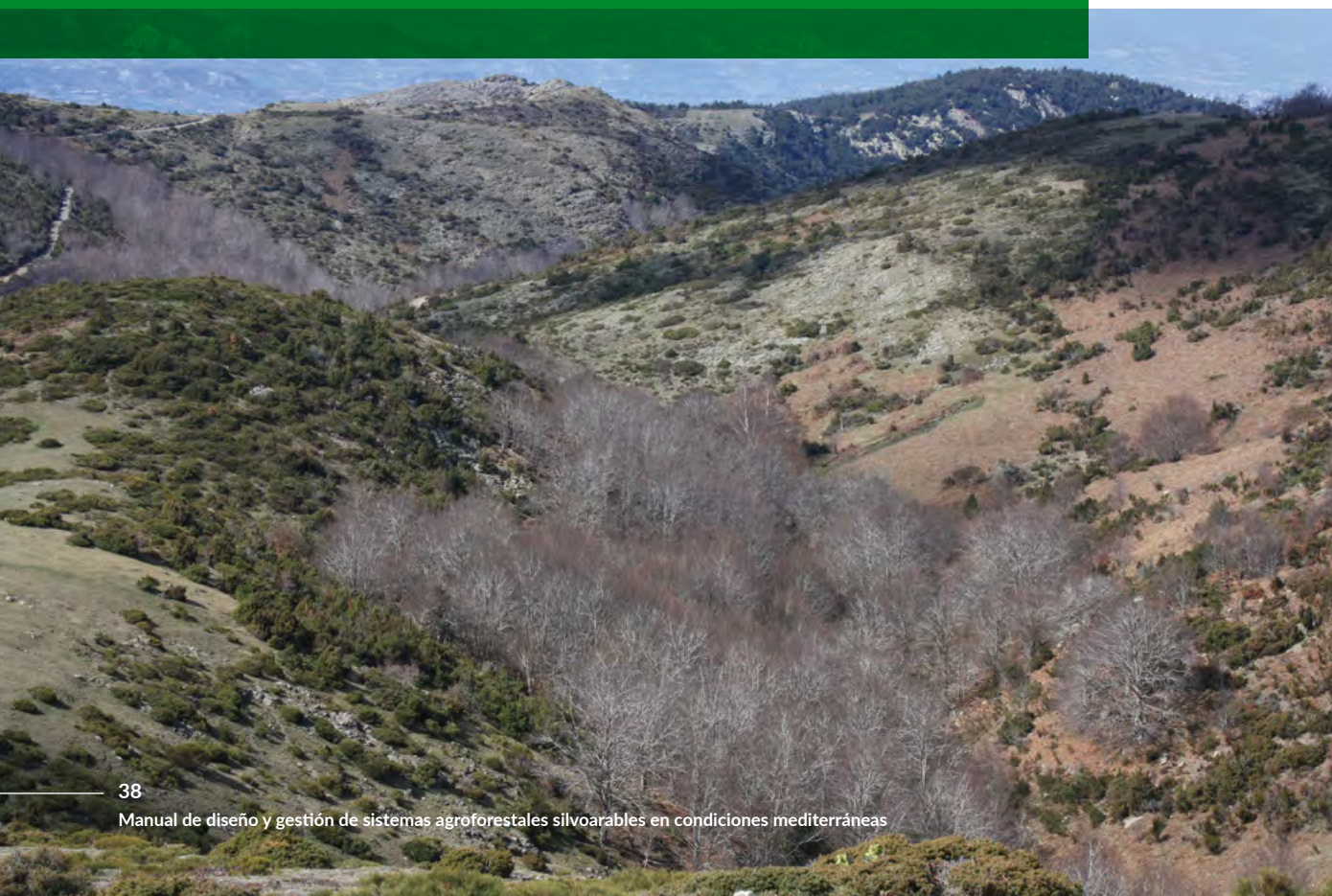
activa, los carbonatos y los balances de macro y microelementos, especialmente fósforo, potasio, hierro, azufre, calcio y magnesio. El factor suelo es dinámico, evoluciona a lo largo del tiempo, y sus características pueden mejorarse a través de buenas prácticas, por lo que conviene hacer un seguimiento periódico de su evolución.

Antes de hacer un análisis del suelo es conveniente contactar con un laboratorio acreditado para acordar el proceso de toma de muestras, el formato y el peso que necesitan de cada muestra.

- **Fisiografía (geomorfología) e hidrografía:** la pendiente, la orientación y la posición fisiográfica (alto o páramo, ladera, valle, vaguada, terraza, etc.) modulan de forma decisiva el microclima y las características del suelo. Por ejemplo, la intensidad y la dirección del viento dominante pueden alterarse por el “efecto valle”; las heladas de irradiación o las nieblas pueden recrudecerse por el efecto de inversión térmica en fondos de valle encajonados, mientras que la orientación modifica la temperatura. Igualmente, las zonas bajas de ladera y los fondos de valle tienden a disponer de un extra de agua (de escorrentía y/o subterránea) y

un suelo de mayor profundidad que las zonas de línea de cresta o partes altas de ladera. La hidrografía hace referencia a la presencia en la parcela o en su entorno de cursos de agua (ríos, arroyos, lagunas y corrientes subterráneas) y a su dinámica (profundidad del nivel freático, hidromorfía o tendencia al encharcamiento), que se podrá evaluar en las calicatas. Estos factores pueden ser tanto o más relevantes que la precipitación para definir la disponibilidad de agua en el sistema a lo largo del año y, por lo tanto, deben considerarse al rodalizar la parcela.

El efecto decisivo de la fisiografía: en primer plano se aprecian cuatro formaciones vegetales muy diferenciadas, en una zona con un clima y naturaleza del suelo constantes: de izquierda a derecha se aprecia una línea de cresta desprovista de vegetación leñosa; ladera de umbría con matorral y arbolado disperso y suelo poco profundo (afloramientos rocosos); fondo de valle con haya, una especie arbórea muy exigente en cuanto a humedad y calidad del suelo; ladera de solana con vegetación muy dispersa (Barcelona).



- **Biocenosis:** los seres vivos presentes en la zona que más condicionan el diseño del sistema silvoarable son la vegetación espontánea y la fauna. Muchas especies vegetales son bioindicadoras, es decir, dan información relevante sobre las características del suelo como, por ejemplo, la salinidad, la fertilidad, la compactación o la tendencia al encharcamiento, por lo que ayudan a caracterizar un terreno e identificar posibles condicionantes para los materiales vegetales a implantar. En cuanto a la fauna, es importante conocer la cabaña ganadera, la abundancia de herbívoros salvajes y la presencia de especies protegidas en el entorno. Estos factores condicionan las medidas de protección del sistema, la disposición y densidad de sus componentes, así como posibles alianzas con la producción ganadera.

Otro factor que se debe evaluar, aunque puede ser subjetivo, es el coste de oportunidad de la parcela, es decir, su interés estratégico en el conjunto de la explotación. Las parcelas más productivas de la finca pueden ser las que den lugar a más beneficios al convertirlas en silvoarables, pero también pueden ser aquellas en las que el gestor sea más reticente a implantar vegetación leñosa que reduzca temporalmente el margen económico.

3.1.2. Antecedentes, contexto y medios de la finca o la explotación

Esta caracterización consiste en estudiar los usos previos y actuales de la finca, así como las expectativas de futuro, incluyendo los recursos humanos y materiales. En concreto:

- **Usos históricos:** el pasado de la finca y su evolución a lo largo del tiempo, tanto desde el punto de vista social (cambios de propiedad y regímenes de usos) como agronómico (producciones vegetales y animales, manejo, etc.), ayudan a entender su potencial.
- **Medios productivos de la finca:** incluyen la maquinaria, los aperos, las infraestructuras (edificios, equipos de riego, líneas eléctricas y accesos), tanto actuales como su previsión de renovación. También es necesario conocer la disponibilidad de tiempo y personal (contratado, aparceros, etc.) por parte de la propiedad, ya que las labores y las operaciones se diversificarán si se instaura un sistema silvoarable.
- **Medios económicos: capital disponible y ritmo previsto de inversión:** hay perfiles de propiedad que priorizan una inversión inicial más elevada para minimizar el mantenimiento posterior, o bien una inversión más baja inicialmente, pero sostenida en el tiempo.
- **Perspectivas futuras del proyecto:** factores que pueden ser relevantes en los próximos años o décadas; continuidad prevista de la gestión o propiedad de la finca en el futuro, posibles cambios ligados a acuerdos potenciales con vecinos o aparceros, etc.

- **Normativa:** es necesario conocer el contexto normativo y reglamentario, las limitaciones de uso y las servidumbres que pueden afectar al diseño y la gestión del sistema. Esto es especialmente relevante en el caso de las conversiones de terrenos forestales a silvoarables y en parcelas que lindan con otra propiedad. Otro factor para estudiar es el marco de subvenciones y ayudas de la PAC (véase el capítulo 5), los fondos FEADER u otras posibles fuentes de financiación públicas o privadas, para el establecimiento y el mantenimiento del sistema.
- **Contexto territorial:** información relativa a los usos del suelo, las iniciativas potencialmente sinérgicas (otros agricultores, ganaderos, apicultores, turismo rural, etc.), las empresas de logística y transformación de productos agrícolas en el entorno, la distancia a zonas densamente pobladas, la abundancia o la escasez de mano de obra, etc. Esto permitirá identificar y prever posibles aliados, clientes, proveedores o canales de comercialización. También conviene investigar experiencias existentes en la zona con especies y variedades de interés potencial para el sistema silvoarable, para conocer su adaptación y limitaciones. A este respecto, es fundamental identificar plagas y enfermedades con historial de alta incidencia en la zona (p. ej., fuego bacteriano o *Xylella fastidiosa*), que puedan condicionar la elección del material vegetal leñoso.

3.1.3. Motivaciones de los promotores

Las **motivaciones** que llevan a las personas promotoras a implantar un sistema silvoarable suelen incluir aspectos económicos, sociales y ambientales (véase el capítulo 2):

- **Motivaciones económicas:** las principales son la diversificación de las producciones y el aumento de la rentabilidad por unidad de superficie. Estos objetivos se fundamentan en la búsqueda de una menor vulnerabilidad del sistema, tanto a fenómenos meteorológicos extremos (sequías, tormentas e incendios) como a las fluctuaciones de mercado de un único producto. También es habitual buscar el aumento del valor añadido de los productos, la mejora de su comercialización (diferenciación de producto, identidad de marca y arraigo territorial), así como la generación de nuevas fuentes de ingresos: agricultura del carbono, créditos de naturaleza, oportunidades ligadas al turismo, apicultura o agrosilvopastoralismo. Sin embargo, las mejoras del balance económico no solo dependen de los ingresos, y, así, en los casos en los que se parte de terrenos agrícolas, también se puede buscar una disminución de costes de producción gracias a la vegetación leñosa: control biológico, mejora de la fertilidad, efecto cortaviento, etc.
- **Motivaciones ambientales:** la voluntad de mejorar la sostenibilidad a medio y largo plazo de la parcela se suele articular a través de la regeneración del suelo, con la progresiva mejora fisicoquímica que se traduce en aspectos como la descompactación, el aumento de materia orgánica, la protección frente a la erosión y, en conjunto, el aumento progresivo de la fertilidad. Otro factor ambiental es la gestión del agua: además del filtrado de lixiviados agrícolas gracias a la densa red

de raíces, puede buscarse la mejora del ciclo del agua mediante la reducción del riesgo de encharcamientos prolongados, la interceptación del agua de lluvia por las copas de los árboles, la conservación de la humedad del suelo frente a la insolación y el viento, y el bombeo de agua desde capas profundas gracias a las raíces leñosas. El aumento de la biodiversidad es otra motivación habitual y se consigue al emplear diversas especies y al aumentar la capacidad de acogida de fauna auxiliar, responsable de la polinización y del control biológico de plagas. Por último, puede buscarse contribuir a la mitigación del cambio climático mediante el incremento de la captación neta de carbono, tanto en el suelo como en la madera de las leñosas.

- **Motivaciones sociales:** una de las más importantes suele ser la búsqueda de sinergias territoriales o colaboraciones entre diferentes actores del entorno, ya sea para compartir la gestión del sistema por cada componente, para el uso local

de los productos obtenidos (p. ej., la producción de un forraje demandado localmente) o para la comercialización conjunta o coordinada, generando economías circulares en contextos rurales. Otra motivación puede ser generar actividad laboral durante más meses del año, gracias al incremento y la diversificación de la producción, lo que contribuye a fijar el personal asociado a la gestión de la finca o generar oportunidades laborales adicionales en la zona. Un último factor, esencial para muchos productores, es la voluntad de mejorar la finca aumentando su capital productivo (calidad del suelo, presencia de especies leñosas como una inversión de valor creciente) y paisajístico. Esta motivación tiene una doble componente: mejorar el estado de la finca y su valor patrimonial en comparación con las características que tenía cuando se empezó a gestionar (“dejar una finca mejor a quien venga detrás”), y fortalecer el papel social del agricultor.

En un mismo sistema silvoarable pueden coexistir motivaciones económicas, ambientales y sociales (Burgos).



3.2. Fase 2: diseño

El diseño es la toma de decisiones, basada en todos los datos recopilados en la fase de diagnóstico, que culminan en la definición detallada del sistema silvoarable. Diseñar un sistema silvoarable implica prever la evolución de los componentes agrícola y leñoso, y también de sus interacciones, buscando maximizar las complementariedades e interacciones positivas, y limitar los fenómenos de competencia (véase el apartado 2.1).

El diseño consiste en un conjunto de decisiones interrelacionadas, es decir, que cada una influye en las demás, y, a su vez, está influida por estas. Por eso, se va elaborando de forma iterativa, tomando decisiones provisionales para cada factor de diseño y ajustando el resto de ellos, hasta llegar a una propuesta consolidada. Por lo tanto, el orden en el que se presentan a continuación las decisiones de diseño no debe considerarse secuencial, sino que se definen conjuntamente (figura 7).

Fase 1: Diagnósis

Factores de contexto
(no se pueden modificar)

Ecológica	Antecedentes y contexto de la finca	Motivaciones
Clima	Usos históricos	Económicas
Suelo	Medios productivos	Ambientales
Fisiografía	Medios económicos	Sociales
Biocenosis	Perspectivas futuras	
	Normativa	
	Contexto territorial	

Fase 2: Diseño

Factores de decisión
interdependientes

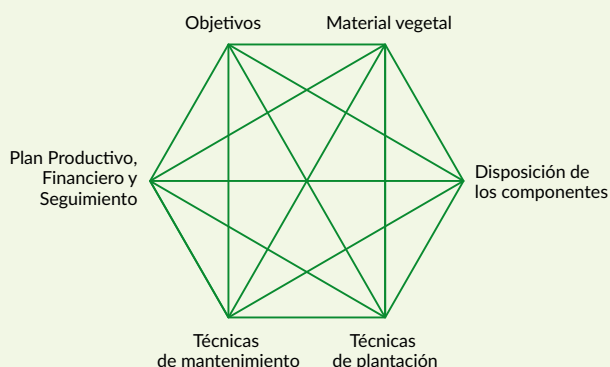
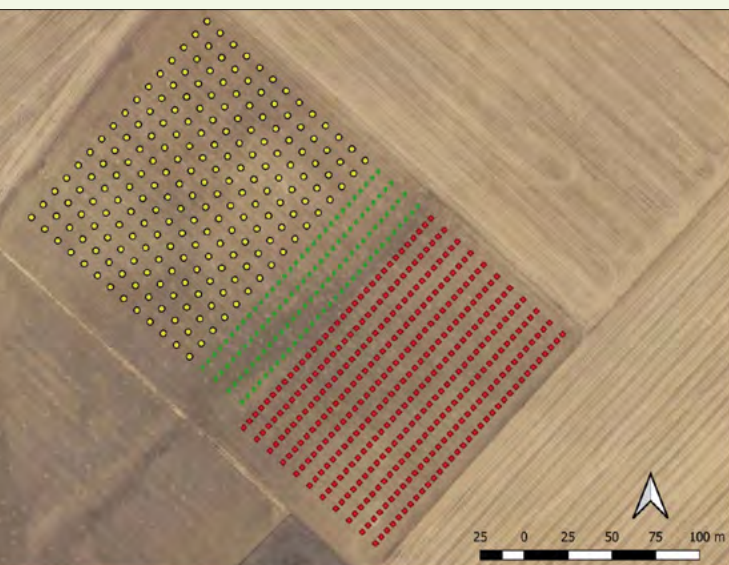


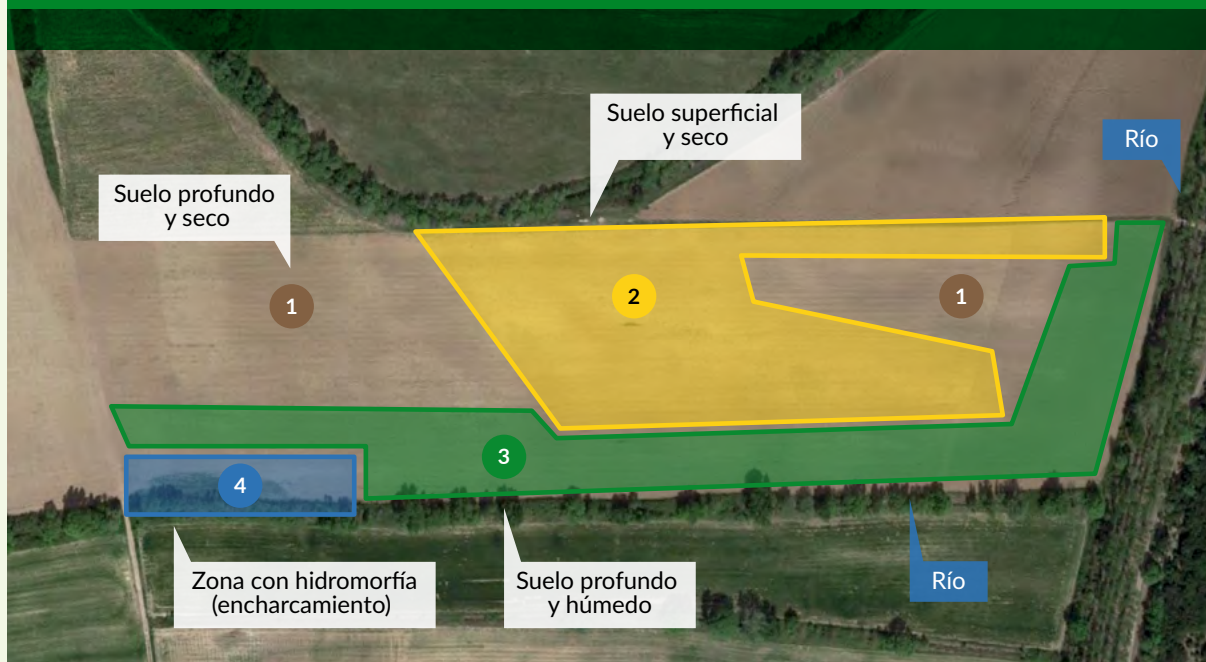
Figura 7. Las dos primeras fases, diagnóstico y diseño, tienen su continuación en las fases de implementación y de gestión. El éxito del sistema silvoarable depende de una adecuada toma de decisiones en todas las fases.

Rodalización y diseño: si en la fase de diagnóstico se han identificado rodales o zonas diferenciadas en la parcela, la fase de diseño debe definirse específicamente para cada rodal individual, adaptando las decisiones a las características, las limitaciones y las oportunidades de cada uno. En función de la heterogeneidad, la adaptación de las decisiones de diseño puede variar desde pequeños matices hasta un planteamiento completamente diferente del sistema.



Ejemplo de diseño por rodales adaptado a las características identificadas en la diagnosis, en un sistema silvoarable en Palencia. La parcela se dividió en tres rodales de acuerdo con el suelo y la fisiografía, optándose por una especie leñosa diferente, con su marco de plantación optimizado, en cada uno de ellos: en el rodal occidental, de suelo profundo, se instalaron nogales (en amarillo); en el central, situado en vaguada y con tendencia a la acumulación de agua, se plantaron avellanos (en verde); en el oriental, con un suelo más seco, aireado y pobre, se plantaron almendros (en rojo). El capítulo 4 muestra información adicional sobre este sistema.

Ejemplo de rodalización de una parcela en cuatro áreas, según la profundidad del suelo y la tendencia a acumular o perder agua. En cada zona se selecciona un grupo diferente de especies adaptadas a estas condiciones. Hérault (Francia).



3.2.1. Objetivos

Los objetivos son los resultados que se espera obtener con el sistema silvoarable, y suponen la concreción de las motivaciones descritas en la fase de diagnóstico. Los objetivos se definen mediante su **identificación**: qué objetivos productivos, económicos, ambientales y sociales se buscan con el sistema; **cuantificación**: qué valores se buscan para cada objetivo y en qué plazo, y **priorización**: es probable que en algún momento haya que anteponer unos objetivos sobre otros.

Un ejemplo de objetivos sería conseguir, en los próximos 20 años, un margen neto anual de 1.500 €/ha y un aumento de la materia orgánica del suelo desde el 1% inicial al 3%. En este caso, se emplearán especies leñosas de alto interés productivo, especialmente si se prioriza el primer objetivo. El segundo objetivo se puede abordar mediante el aumento de la densidad leñosa y adaptando la gestión: mínimo laboreo, rotación de cultivos, aporte de materia orgánica procedente de podas, etc.

3.2.2. Elección del material vegetal

Las especies y variedades que forman los componentes leñoso y agrícola se escogen siguiendo una secuencia: en primer lugar, se identifican los materiales de interés que sean compatibles con las características ecológicas (apartado 3.1.1); a continuación, se priorizan aquellos que mejor se adaptan a los medios disponibles y al contexto territorial (3.1.2), y, entre ellos, los que mejor se ajustan a las motivaciones (3.1.3).

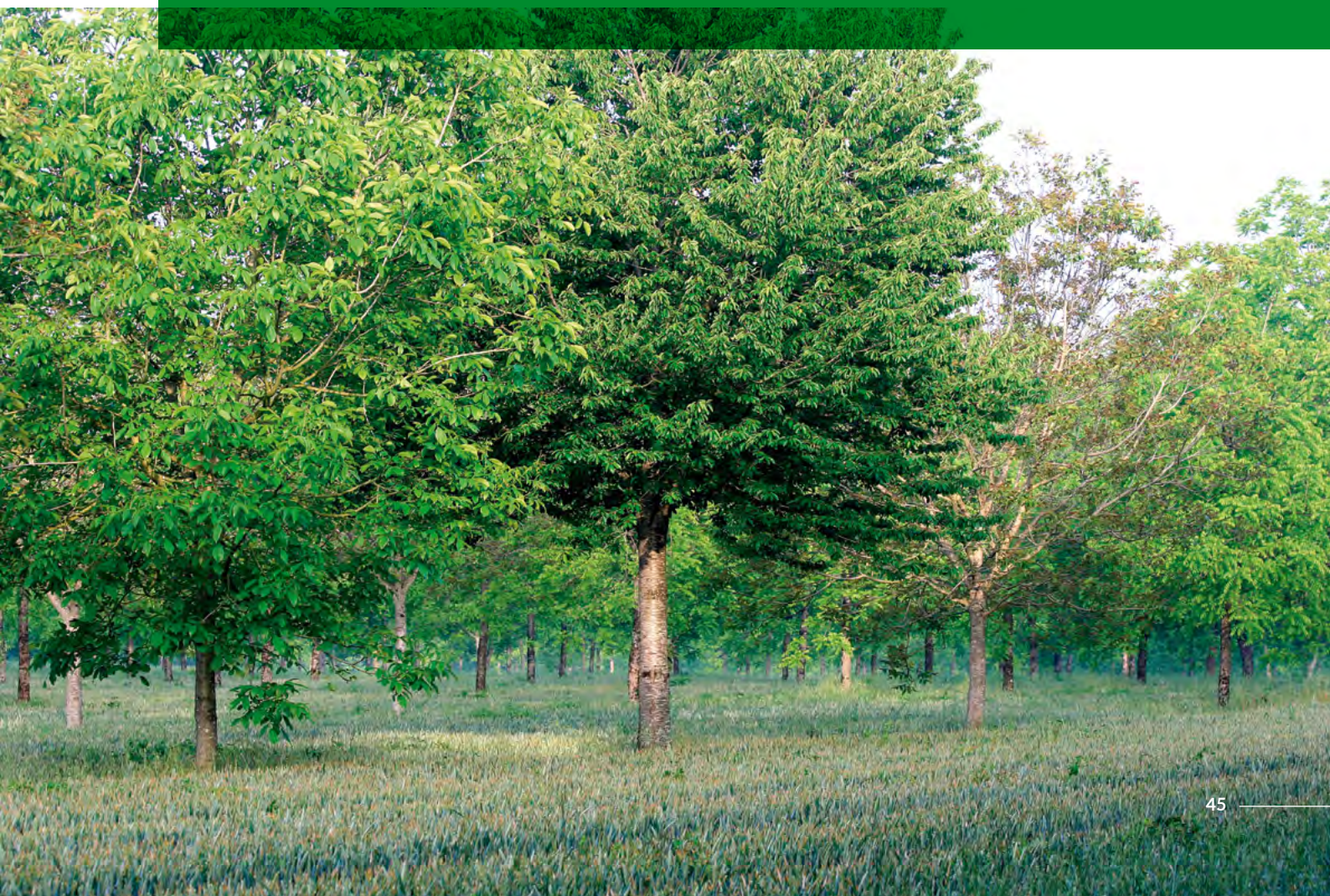
La elección del material vegetal del componente leñoso es particularmente crítica, porque su presencia será permanente en todo el proyecto, mientras que el componente agrícola puede adaptarse a la evolución del sistema y a los cambios en el contexto de la gestión. En la elección del material vegetal también hay que prever las interacciones ecológicas y agronómicas entre los componentes. Por ejemplo, en un suelo pobre, poco profundo y limitado en humedad conviene evitar especies agrícolas de fuerte desarrollo y alta capacidad de extracción de agua y nutrientes (p. ej., alfalfa y maíz); asimismo, si la zona está sometida a sequías estivales intensas también puede ser conveniente evitar la combinación con cultivos de verano (girasol o colza) hasta que las leñosas estén bien implantadas, o bien supeditar la gestión agrícola a no comprometer el arraigo leñoso, por ejemplo, aumentando la distancia sin cultivar junto a las hileras leñosas en esta fase inicial. También conviene evitar combinaciones de especies que presenten plagas y enfermedades transmisibles entre ellas, o cuyos ciclos vegetativos se solapen completamente, maximizando su competencia.

Dentro de cada componente se puede emplear una única especie o variedad, o bien emplear una mezcla de especies que generen interacciones a nivel de cada componente.

Una línea de trabajo pendiente de desarrollar es la selección de variedades vegetales especialmente adaptadas a sistemas agroforestales: criterios de elección de procedencias, variedades agrícolas adaptadas a la sombra, árboles de enraizamiento vertical, etc.

Una recomendación general a la hora de seleccionar el material vegetal para el componente leñoso es ser conservador, es decir, priorizar materiales sobradamente adaptados a la disponibilidad de agua de la zona. Hay un doble motivo: por un lado, las raíces de los árboles no se desarrollarán libremente, sino que estarán sometidas a una competencia por el agua causada por el componente agrícola, que ocupa las capas superficiales del suelo y puede aprovechar de una manera más eficiente la precipitación. Por otro lado, las proyecciones del cambio climático en el área mediterránea apuntan a un incremento de las temperaturas y de la irregularidad de las precipitaciones, lo que aumentará la incidencia del estrés hídrico.

Sistema silvoarable con nogal híbrido, nogal negro americano y cerezo. La diversificación disminuye el riesgo de problemas sanitarios y de mala adaptación de los árboles, y también tiene un efecto positivo en el paisaje (Charente Marítimo, Francia).



3.2.3. Disposición de los componentes

La disposición de los componentes hace referencia a su organización espacial en la parcela. Como en el apartado previo, la disposición del componente leñoso es la que más condiciona el conjunto del sistema durante décadas, ya que definirá la dinámica de la competencia con los cultivos tanto por la luz como por los recursos del suelo. A continuación, se describen los **principales factores que condicionan y definen la disposición inicial del componente leñoso** en sistemas tipo A1 (margen leñoso añadido a un cultivo agrícola) o A2 (hileras leñosas añadidas, de forma intercalada, a un cultivo agrícola), que son los que presentan más opciones para definir la disposición de los componentes.

- **Requerimientos ecológicos y agronómicos del material vegetal:** entre dos árboles consecutivos, lo más habitual es mantener una distancia similar a la que se emplearía si el sistema fuera únicamente leñoso, aunque se puede ampliar para limitar el sombreo sobre el componente agrícola o bien si se espera una competencia muy intensa por el agua por parte del cultivo sobre el componente leñoso. Así, en sistemas de secano, la densidad leñosa recomendable puede ser inferior a la del mismo terreno si tiene regadío. En el caso de las especies productoras de madera de calidad, las plantaciones en monocultivo suelen hacerse en una densidad inicial alta (p. ej., 280 árboles/ha, marco de 6 x 6 m), que se va reduciendo progresivamente en las claras hasta alcanzar la densidad definitiva (p. ej., 70 árboles/ha, 12 x 12 m). En sistemas silvoarables, estas especies pueden plantarse con la distancia definitiva entre dos árboles consecutivos (12 m) si el material vegetal tiene alta calidad genética (p. ej., progenies seleccionadas o clones), o bien se puede plantear una densidad inicial más alta (p. ej., un árbol cada 4 m o plantar árboles pareados —dos árboles muy cercanos entre sí—) para ir eliminando progresivamente en las claras los árboles de menor interés productivo.

- **Anchura de la maquinaria empleada en la gestión del componente agrícola** (sobre todo en sistemas tipo A2, hileras intercaladas): la presencia del componente leñoso no debe interferir en la gestión del componente agrícola. Para ello, es necesario establecer la distancia entre hileras como un múltiplo de la anchura de trabajo de todos los aperos empleados actualmente y de los que esté previsto adquirir en los próximos años, evitando, así, pasadas adicionales y solapadas. Es interesante, además, anticipar en este cálculo las posibles reducciones de la anchura cultivada a medida que se desarrolle la especie leñosa.

Ejemplo de cálculo de la distancia entre hileras: si en la gestión del componente agrícola se emplean dos aperos de 4 y de 6 m de anchura, la distancia mínima entre hileras sería de 12 m, para cubrir toda la superficie de la calle en tres pases del primero y dos del segundo. También puede ampliarse a múltiplos de 12 (24 m, 36 m, etc.).

- **Distancia de seguridad entre los troncos del componente leñoso y el componente agrícola:** esta franja, no cultivada, permite evitar daños en los árboles durante la mecanización agrícola y evita ralentizar las operaciones de cultivo, que son más lentas y cautelosas en el entorno de las leñosas. Esta distancia será más amplia cuanto mayor sea el tamaño de la maquinaria agrícola. En general, se recomienda respetar al menos 50 cm, aunque puede ampliarse en los primeros años de los árboles para reducir la competencia por el agua ejercida por el componente agrícola, y también en los últimos años si esta zona está sometida a un intenso sombreo que desaconseje su cultivo, como es el caso de los frutales de gran desarrollo lateral y sombra densa (nogal).



Izquierda: sistema silvoarable con árboles plantados pareados o en tríos (Alpes Marítimos, Francia): en los primeros 5-10 años se dejará solo el árbol más vigoroso y mejor formado de cada grupo. Derecha: superficie sin cultivar entre la hilera leñosa y el componente agrícola. Además, puede observarse cómo la anchura de la calle cultivada es la misma que la del apero (Charente Marítimo, Francia).

- **Proporción de la parcela dedicada a cada componente:** a medida que el componente leñoso se va desarrollando, la proporción del terreno ocupada por las copas irá creciendo. Por lo tanto, en la elección de la disposición conviene tener presente cuál será su tamaño final (especialmente, el diámetro de la copa y la altura total) y definir cómo se prevé repartir la superficie disponible entre los componentes a lo largo del tiempo. Esto es especialmente relevante en el caso de árboles de crecimiento rápido y/o que alcanzarán grandes dimensiones (chopos y especies productoras de madera de calidad). Una recomendación general para garantizar una producción agrícola sin un sombreado excesivo es mantener una anchura cultivada de, al menos, dos veces la altura final de los árboles. La proporción destinada a cada componente puede hacerse constante para toda la vida del sistema, o bien plantearse cambios en diferentes etapas, por ejemplo, con una etapa inicial hasta que las copas de los árboles ocupen el 30% de la superficie y

una segunda etapa desde entonces hasta el final de la rotación de los árboles, en la que podría ser necesario adaptar el cultivo con especies más tolerantes al sombreado o plantear una conversión a pastos.

Ejemplo de cálculo de la proporción de la parcela destinada a cada componente: en su momento de aprovechamiento, los árboles para madera de calidad tienen un diámetro de tronco de unos 45-50 cm y un diámetro de copa de 10-12 m. Una distancia inicial de 12 m entre hileras dejaría inicialmente un amplio espacio de cultivo, pero al final de la rotación prácticamente toda la superficie estaría sombreada. Para mantener en todo momento el 50% de la superficie sin sombrear, sería conveniente distanciar las hileras 24 m, o bien mantener 12 m pero previendo una clara que elimine una de cada dos hileras.



Izquierda: terreno amplio (7 ha), llano y regular en el que las hileras leñosas se han podido disponer sin restricciones, siguiendo la orientación óptima norte-sur (Girona): la distancia entre hileras es de 60 m (más de dos veces la altura máxima de los árboles al final del turno), lo que permitirá mantener una alta producción del componente agrícola en todo momento. Derecha: la forma estrecha y las dimensiones reducidas (menos de 1 ha) de esta parcela obligan a orientar las hileras siguiendo la geometría del terreno; al final del turno, las copas de los árboles ocuparán todo el espacio de la parcela, por lo que el cultivo asociado estará condicionado a las condiciones de sombreo (Girona).

- **Forma y orientación de la parcela:** la orientación ideal de las hileras para minimizar y homogeneizar el sombreo que causa el componente leñoso sobre el agrícola es en dirección norte-sur. Esta orientación hace que la zona más sombreada por cada árbol, situada al norte de este, esté ocupada por el siguiente árbol de la hilera. El sombreo tiene un doble efecto negativo en el cultivo: reduce la productividad y prolonga el período de maduración en hasta dos semanas. La heterogeneidad madurativa entre las zonas soleadas y sombreadas puede afectar a la logística de la cosecha, especialmente en especies como la colza que, al madurar, dejan caer sus semillas al suelo. Sin embargo, en determinadas

situaciones, el criterio de minimizar el sombreo puede no ser el más prioritario: por ejemplo, en zonas sometidas a vientos violentos puede ser más conveniente orientar las hileras buscando minimizar el impacto de estos, y en zonas muy calurosas el estrés causado por el sombreo puede ser menos negativo para el cultivo que el estrés hídrico causado por la insolación directa y el viento. Por último, en terrenos estrechos, de pequeñas dimensiones o en pendiente, la orientación de las hileras puede estar totalmente condicionada por la geometría de la parcela, que puede obligar a disponer el componente leñoso siguiendo la alineación más larga posible para optimizar la mecanización de las labores.

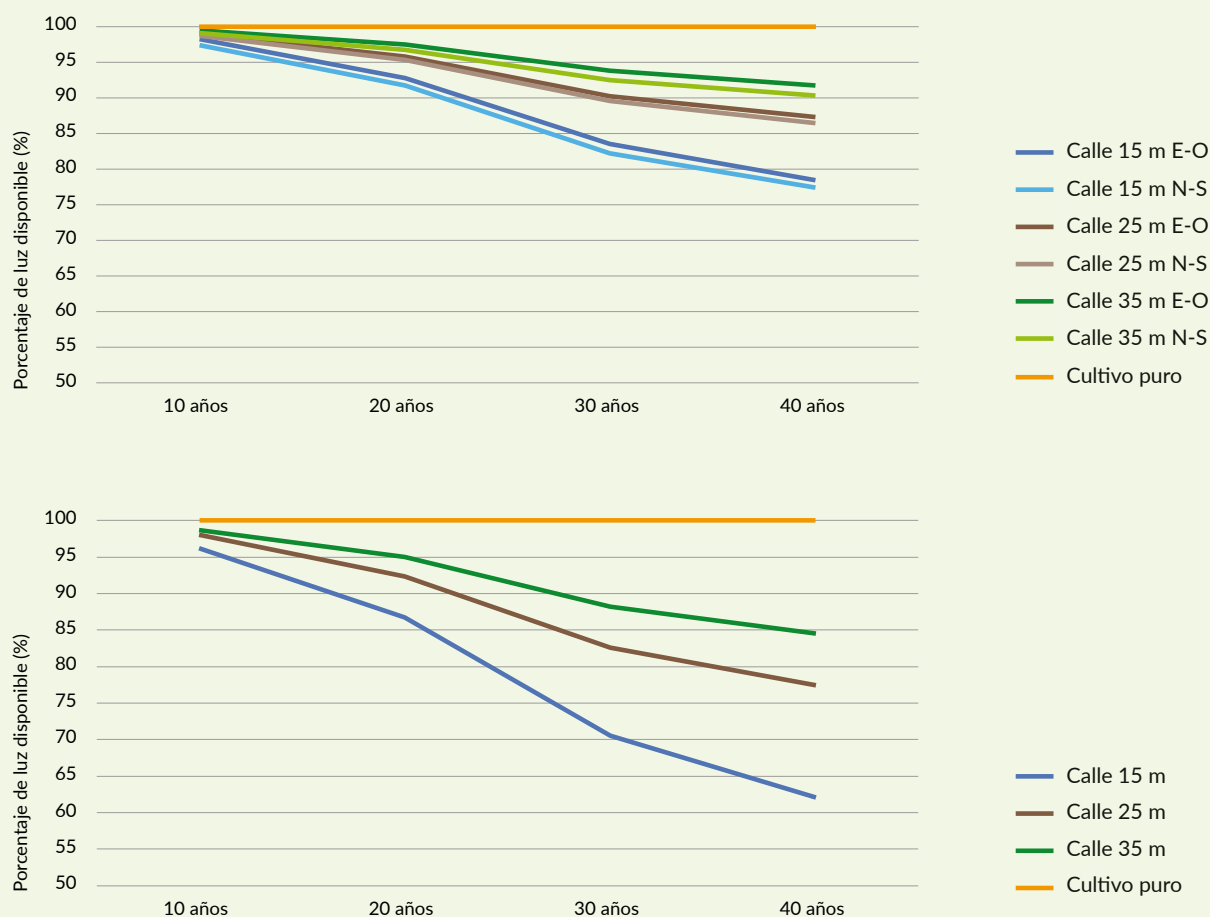


Figura 8. Promedio del porcentaje de luz disponible para el cultivo. Arriba: sistema silvoarable con olivo (altura máxima: 11 m), con calles cultivadas de diversas anchuras (15, 25 y 35 m) y orientaciones (Este-Oeste y Norte-Sur). Abajo: sistema silvoarable con árboles madereros (altura máxima: 25 m), con calles de diversas anchuras (15, 25 y 35 m).

Otros factores prácticos que se deben considerar al definir la disposición de los márgenes leñosos (A1):

- Las interacciones ecológicas (microclima y competencia) y agronómicas (mecanización y compatibilidad de los aprovechamientos) pueden ser intensas cerca del perímetro de la parcela, sobre todo en el caso del límite sur, pero puede haber amplias zonas sin interacción.
- El margen leñoso puede ocupar todo el perímetro de la parcela o bien limitarse a las zonas más estratégicas para la

vegetación leñosa o para el conjunto del sistema: las mejores opciones suelen ser las partes más bajas de la parcela, donde las leñosas aprovecharán el extra de agua y de profundidad del suelo, y también los bordes norte y nordeste, donde se minimizará el sombreado sobre el cultivo. En determinadas situaciones puede priorizarse el borde donde la vegetación leñosa tenga un mayor efecto como cortavientos o barrera a la deriva de agroquímicos de las parcelas vecinas, o bien donde sea más fácil (relieve más regular y accesible) proteger los árboles de la fauna.

Un margen leñoso puede tener un efecto como cortavientos hasta una distancia de 12-15 veces su altura. Por lo tanto, un margen leñoso de 10 m de altura protegería hasta unos 100-150 m de cultivo, según la intensidad del viento y la porosidad de la vegetación empleada. En la zona protegida se observa un incremento del rendimiento agrícola de entre el 3% y el 15% (Cleugh, 1998; Osario *et al.*, 2019).

Otros factores prácticos al definir la disposición de las hileras leñosas (sistemas tipo A2):

- Hay que respetar espacios sin vegetación leñosa (“cabeceros”) entre los extremos de las hileras y el perímetro de la parcela, para facilitar las maniobras de la maquinaria. En parcelas grandes puede ser conveniente crear discontinuidades en las hileras a distancias regulares, para poder

estacionar y maniobrar máquinas sin tener que recorrer toda la hilera.

- Marcos regulares o irregulares y forma de las hileras: el marco de plantación puede ser cuadrado o “real”, si la distancia entre hileras es la misma que entre dos árboles consecutivos dentro de la hilera (p. ej., 10 x 10 m) o puede ser rectangular (p. ej., 10 x 5). Además, las hileras suelen ser líneas rectas, pero también pueden definirse siguiendo formas curvas, adaptadas al relieve. Esta es la base del diseño en línea-clave (*key-line*), en el cual las hileras leñosas se disponen de forma que todos los árboles tengan una misma disponibilidad de agua de escorrentía y subterránea, por lo que se distribuyen siguiendo una pendiente constante y muy suave. Este tipo de diseño, que se encuadra en los llamados “diseños hidrológicos”, permite optimizar la protección frente a la erosión y, a su vez, reducir la vulnerabilidad a la sequía y a encharcamientos. Otro caso habitual en el que las hileras no son rectas es en terrenos aterrazados o abancalados, donde se crean superficies llanas o de baja pendiente siguiendo las curvas de nivel del relieve.



Izquierda: sistema silvoarable con disposición del componente leñoso en hileras rectas en marco rectangular (10x5 m) en Palencia. Derecha: sistema silvoarable con disposición del componente leñoso en línea clave (Burgos).

3.2.4. Técnicas de plantación

Las técnicas de plantación son aquellas prácticas aplicadas poco antes, durante o poco después de implantar el material vegetal, con el objetivo de facilitar su arraigo en la parcela y/o abaratar las tareas posteriores de mantenimiento y gestión. Estas técnicas son particularmente estratégicas en el caso de especies leñosas y plurianuales, ya que se trata de una inversión que tendrá un efecto durante años, y son, por lo tanto, en las que se centra este apartado. La densidad relativamente baja del material vegetal leñoso posibilita aumentar la inversión en cada planta en comparación con esquemas de plantación (p. ej., reforestaciones) que suelen tener una mayor densidad.

Las principales **amenazas** para la vegetación recién implantada en el contexto mediterráneo son **el estrés hídrico, la vegetación competidora y los daños causados por la fauna**. Algunas de las principales técnicas de plantación más relevantes para mitigarlas son:

- **Subsolado profundo (> 50 cm):** esta intervención es habitual antes de añadir vegetación leñosa a terrenos de cultivo agrícola, y consiste en romper los horizontes compactos que suelen formarse por debajo de la profundidad laboreada de forma reiterada (“suela de labor”).

Como resultado, se favorece el enraizamiento y la infiltración de agua, y también se facilita la tarea posterior de plantación. Esta intervención, que no implica un volteo de los horizontes, es especialmente necesaria cuando se emplean especies leñosas de raíz pivotante y cuando el terreno tiene una textura relativamente pesada (de franca a arcillosa). Lo ideal es que el subsolador siga el recorrido de las futuras líneas de plantación, que se habrán marcado

Preparación del suelo con subsolador de cinco dientes (arriba). Tras el paso del apero, se hace una labor ligera posterior para alisar el suelo (abajo; Hérault, Francia).



previamente sobre el terreno o empleando tractor guiado por GPS. Una variante que implica emplear maquinaria más potente es el subsolado con tres o cinco dientes o rejonas, en la que el central sigue la línea de plantación y el resto facilitará la expansión lateral de las raíces. El subsolado pleno (efectuado en dos direcciones perpendiculares y afectando a toda la superficie de la parcela) puede ser interesante en plantaciones en un marco inicial relativamente denso. El subsolado profundo es una parte esencial de los sistemas silvoarables en línea clave, donde suele emplearse un apero específico (“Yeomans”), con la base de los dientes ensanchada.

Enfoque preventivo: una mayor inversión en técnicas de plantación permitirá abaratar el mantenimiento posterior, por lo que puede ser una buena decisión para un promotor que no disponga de medios para una gestión frecuente. El enfoque alternativo sería de tipo “curativo”, en el que se minimiza la inversión inicial en técnicas de plantación pero se hace la plantación más dependiente de un mantenimiento frecuente.

- **Enmiendas y fertilización de fondo:** esta intervención, normalmente aplicada poco antes de plantar, busca mejorar características orgánicas, físicas o químicas del suelo y compensar alguna carencia de este. Los principales productos aplicados incluyen diversas formas de materia orgánica (compost y biochar) y fertilizantes de liberación lenta. Un caso particular, aplicado en suelos de textura gruesa (franco-arenosos a arenosos) son los acondicionadores del suelo basados en polímeros

hidroabsorbentes, que ayudan a retener la humedad cerca de las raíces, reduciendo las pérdidas de agua del suelo por infiltración y evaporación. La aplicación suele efectuarse a nivel de línea de plantación o de árbol individual, por lo que el efecto está limitado a los primeros años de la vegetación leñosa.

- **Cubiertas del suelo o “mulch”:** consiste en cubrir la superficie del suelo que rodea el tronco del árbol para evitar la proliferación de vegetación competidora. Además de reducir la competencia para el árbol, esta técnica ayuda a retener la humedad del suelo (menor evaporación) y modula su temperatura superficial. Existen múltiples modalidades de cubierta del suelo, cada una con sus características de permeabilidad, durabilidad y método de aplicación (manual o mecanizado). Los dos principales tipos son las **cubiertas de lámina** (de plástico, bioplástico, tejidos naturales, etc.) y las de **partículas**: astillas de madera o de ramas (BRF), piedras, otros restos vegetales, etc., para aprovechar recursos disponibles en la parcela. Las cubiertas del suelo pueden aplicarse a nivel de cada árbol o bien en toda la hilera de plantación para facilitar el mantenimiento posterior del espacio entre dos árboles consecutivos, que es una superficie difícil de gestionar de manera mecanizada. Una variante son las **cubiertas vivas**, consistentes en ocupar el espacio alrededor del árbol con herbáceas de baja competitividad y alta capacidad de sombreado del suelo. También pueden emplearse especies fijadoras de nitrógeno, de floración intensa y escalonada, o rastreras productoras de frutos rojos.



Izquierda: cubierta del suelo a base de partículas (astillas de restos de poda urbana), aplicada a nivel de árbol individual (Lleida). Centro: sistema silvoarable con cubierta de geotextil aplicado en toda la hilera leñosa (A Coruña). Derecha: sistema silvoarable con una cubierta viva plantada con fresas, especie altamente tapizante que, además, ayuda a diversificar rentas (Gard, Francia).

- **Instalación de sistema de riego o fertirrigación:** la presencia de un componente leñoso condiciona los sistemas de conducción y difusión de agua. Los sistemas más compatibles son los de goteo para el riego de las líneas leñosas y los cañones “enrolladores” para las franjas dedicadas al cultivo agrícola.



Riego en sistemas silvoarables: arriba: instalación temporal de líneas de goteo para el riego de apoyo al componente leñoso durante su fase juvenil (nogales, Burgos). Abajo: cañón enrollador para el riego del componente agrícola, consistente en una doble rotación anual de cultivos, intercalados entre hileras de chopo (Girona).



- **Protección frente a fauna herbívora:** la fauna salvaje y el ganado pueden causar graves daños a la vegetación leñosa, tanto por el consumo de las hojas como por el descortezado, el arranque o el derribo de árboles. Los principales métodos empleados para evitar estos daños son:
 - Protecciones colectivas: cerramiento eléctrico, barato y aplicable incluso a escala de hilera o grupo de árboles, pero requiere un mantenimiento frecuente; o malla cinegética, habitualmente instalada en el perímetro de la parcela.
 - Protecciones individuales: se instala en cada árbol un protector, habitualmente de malla plástica o metálica.

La solución adoptada, así como sus dimensiones y resistencia, dependen de la forma y el tamaño de la parcela, del tipo y la densidad de fauna más relevante en la zona y de la densidad y la disposición del componente leñoso: si el sistema tiene baja densidad leñosa y el terreno es irregular o accidentado, puede ser más eficiente económicamente

una protección individual, mientras que en plantaciones densas y terrenos regulares puede ser más conveniente la protección perimetral. Cualquier protección requiere un seguimiento regular para confirmar su eficacia.

Otras técnicas de plantación de interés creciente son aquellas que buscan atraer agentes biológicos para optimizar la polinización de especies frutales y para ejercer control sobre plagas y patógenos. Aunque los sistemas silvoarables resultan en sí mismos un reclamo eficaz para aves, murciélagos e insectos, existen estructuras selectivas (cajas nido y hoteles de insectos) que facilitan el anidamiento de especies de interés. Un caso particular son las colmenas apícolas, que ofrecen no solo polinización, sino también diferentes productos melíferos.



Protección frente a la fauna en sistemas silvoarables: izquierda: cerramiento eléctrico de cinco hilos, en el que el segundo (poco visible) y el cuarto están en contacto con la varilla metálica para hacer contacto con tierra, y los otros tres conducen corriente (Barcelona); centro: cerramiento perimetral con malla cinegética (Burgos); derecha: protector individual de malla plástica semirrígida de 150 cm de altura (Burgos).

3.2.5. Técnicas de mantenimiento o gestión

El mantenimiento o la gestión son las labores aplicadas sobre los componentes agrícola y leñoso ya implantados, que buscan optimizar sus resultados productivos y ambientales, tanto individualmente como a través de sus interacciones. Estas interacciones, dinámicas a lo largo del tiempo son la principal particularidad de estos sistemas, en comparación con los de un único componente, lo que exige un enfoque flexible. Las operaciones de mantenimiento se planifican en la fase de diseño, pero deben ir adaptándose a la evolución real del sistema, que se determina a través de un seguimiento y observación frecuentes. Entre las especificidades de gestión de los sistemas silvoarables, destacan las siguientes:

- **Gestión sinérgica:** teóricamente, cada componente se gestiona de forma independiente, pero, además, pueden buscarse sinergias entre ambos, por ejemplo, aprovechando los residuos de poda o siega para aportarlos al suelo en la franja que ocupa el otro componente. En todo caso, el mantenimiento de

cada componente debe planificarse para no afectar negativamente al otro, especialmente, en el caso de tareas mecanizadas.

- **Gestión del agua:** para evitar una competencia excesiva por el agua entre los componentes, puede ser necesario plantear intervenciones específicas en las zonas de contacto entre estos. Por un lado, en los primeros años del sistema, es habitual que el componente leñoso sea más vulnerable al déficit hídrico que el agrícola, debido a su arraigo más lento y a que las raíces leñosas ocupan estratos del suelo más profundos que las raíces del cultivo. En ese período, la gestión debe **minimizar el efecto de competencia del cultivo sobre el componente leñoso**, por ejemplo, previendo riegos de apoyo o supeditando una parte de la producción agrícola de esos años a las necesidades de la vegetación leñosa, mediante siegas en verde del cultivo o adelantos de la cosecha si se presentan condiciones extremas que puedan comprometer la supervivencia del componente leñoso. Por otro lado, es habitual efectuar la **poda de raíces de los árboles:** se trata

*Izquierda: poda de raíces de chopo silvoarable (Gard, Francia);
derecha: aspecto después de la poda de raíces de cipreses
combinados con viña (Hérault, Francia).*

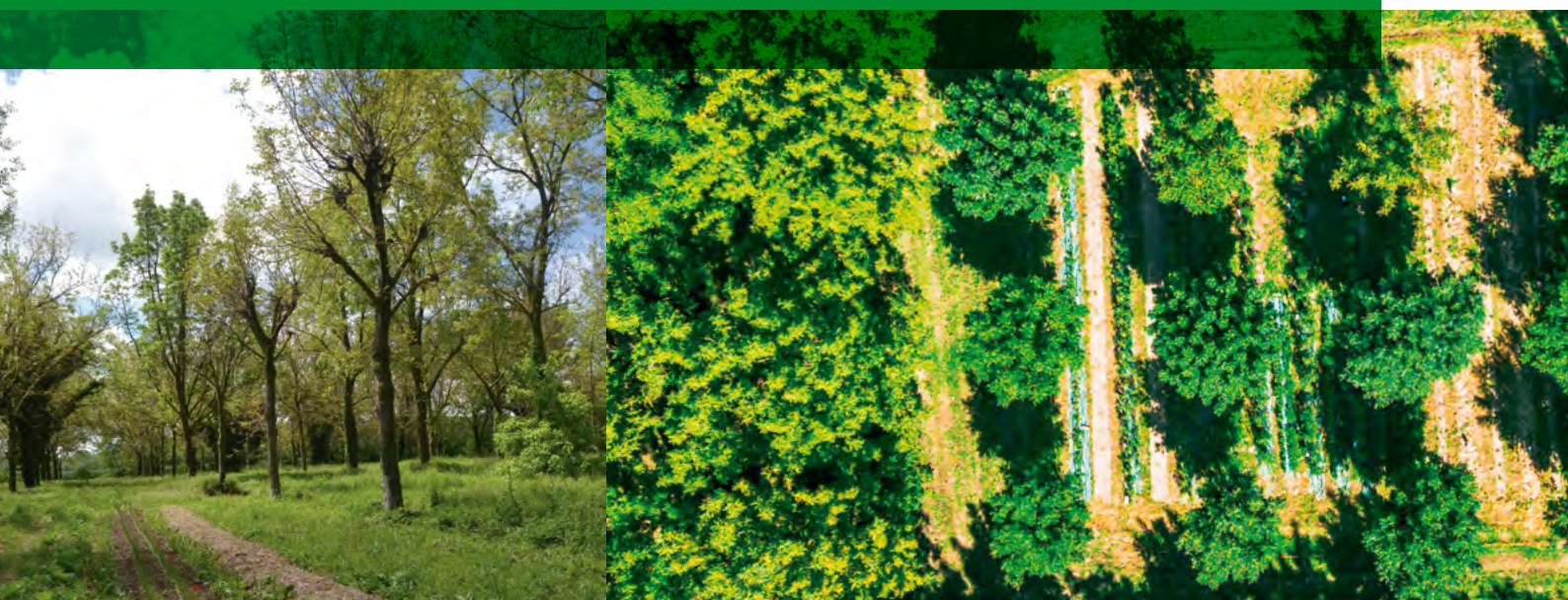


de una labor interesante en sistemas con un componente agrícola activo en verano (p. ej., maíz o girasol), en la que se busca evitar que las raíces leñosas invadan las capas superficiales del suelo destinado al componente agrícola. Esta poda suele hacerse cada 1-2 años con un subsolado profundo en la zona de frontera entre componentes, para forzar a las raíces leñosas a profundizar, en lugar de progresar en horizontal hacia el cultivo. La labor no es tan esencial, generalmente, en los sistemas con cultivos de invierno, en los que las raíces leñosas profundizan espontáneamente debido a la competencia. Aunque tanto la poda de raíces como el efecto de competencia de los cultivos de invierno pueden ralentizar el crecimiento inicial de los árboles, la

estimulación de la profundización radical que conllevan tiene un efecto positivo a largo plazo para el arbolado, ya que dan lugar a una mayor resistencia y adaptabilidad al viento y a la sequía.

- **Gestión de la luz:** busca regular o minimizar el efecto de sombreo del arbolado sobre el componente agrícola. Las intervenciones incluyen podas (que pueden ser de alta intensidad, como en el caso de los trasmochos) y el adelanto de las claras (reducción del número de árboles). La poda también puede considerar la eliminación preferente de ramas perpendiculares a la dirección de las hileras cuando suponen un obstáculo a la mecanización agrícola.

Trasmochado (poda muy intensa) aplicado cada tres años para reducir el sombreo de los árboles sobre el componente agrícola (Gard, Francia). Con una plantación en marco 10 x 10 m, se consigue aumentar un 20% la disponibilidad de luz para el cultivo. Izquierda: vista lateral de los árboles. Derecha: vista cenital de la zona no trasmochada (mitad izquierda de la foto) y de la zona trasmochada (mitad derecha de la foto).



- **Gestión de la vegetación espontánea entre la vegetación leñosa:** si se ha instalado una cubierta del suelo, esta precisará un mantenimiento (parcheado, reposición y alisado). Si no se ha instalado esta técnica de plantación, puede ser necesario hacer intervenciones periódicas (laboreo, desbroce o siega) de la vegetación espontánea que se desarrolla en esta zona para evitar que ejerza una competencia excesiva sobre los árboles, o bien que cause una condensación excesiva de humedad cerca de su tronco que pueda dar lugar a problemas sanitarios. Si se opta por medios químicos de control, se deben extremar las precauciones para no causar un perjuicio sobre el cultivo.

En la bibliografía se muestran algunas publicaciones destacadas de ayuda a la elección del material vegetal y técnicas de plantación y mantenimiento, no necesariamente relacionadas con los sistemas agroforestales, pero de gran interés para diseñar el componente leñoso de estos sistemas.

Hileras leñosas con vegetación espontánea entre dos árboles consecutivos gestionada mediante laboreo periódico (derecha) y mediante siegas (izquierda), ambas en Segovia.



Izquierda: tratamiento de 12 m de anchura entre hileras a 14 m (Charente Marítimo, Francia). Derecha: cosecha de cereal en un sistema silvoarable (Francia).



- **Gestión del riego y tratamientos fitosanitarios:** los riegos del cultivo no deberían alcanzar el follaje de las leñosas, para evitar condiciones propensas al desarrollo de enfermedades criptogámicas. Asimismo, los tratamientos fitosanitarios de un componente deben aplicarse en épocas y con fórmulas que no afecten negativamente al otro componente.

La gestión o el mantenimiento debe preverse en la fase de diseño, pero “la naturaleza manda”: hay que planificar en detalle, pero asumiendo que toda decisión podrá revisarse en función de cómo evoluciona el sistema en la práctica.

3.2.6. Plan productivo, financiero y de seguimiento

El Plan productivo, financiero y de seguimiento (PPFS) consiste en recopilar todas las decisiones de diseño y plasmarlas en una hoja de ruta que guiará la implementación, el mantenimiento y la evaluación del sistema silvoarable. Esta planificación es parte de la fase de diseño, ya que durante su elaboración suele hacerse necesario replantear varias de las decisiones (objetivos, material vegetal, disposición, etc.) definidas provisionalmente.

Existen múltiples maneras de abordar este proceso, según la implicación de la persona o el equipo promotor en la gestión cotidiana, de la dimensión y complejidad del sistema, de su vida útil y del nivel de incertidumbre que puede preverse. Todas las herramientas y los formatos que sean útiles para el equipo gestor son válidos: desde el papel y las pizarras hasta herramientas digitales de planificación de proyectos. Algunas de las recomendaciones que se deben considerar para elaborar este Plan son:

- **Hitos y calendarización:** las fases de implementación, mantenimiento y seguimiento deben estar organizadas en **hitos** claramente identificables, que deben plasmarse en un calendario o **cronograma**. Por ejemplo, algunos hitos clave de la fase de implementación son el replanteo (cómo llevar la disposición del sistema del mapa al terreno, mediante marcaje con cuerdas o piquetas o con un tractor guiado por GPS), la compra y plantación del material vegetal o la compra y aplicación de las técnicas de plantación. Es habitual hacer una calendarización por períodos, por ejemplo, con un período 1 (años 0-1, de implantación del sistema y primer período vegetativo); período 2 (años 2-5); período 3 (años 5-10), y período 4 (año 10 en adelante). El nivel de detalle de los hitos es decreciente para los períodos más alejados en el tiempo, por lo que es necesario actualizarlos en cada período de planificación sobre la base del seguimiento del PPFS, como se describe a continuación.

Si el sistema silvoarable tiene unas dimensiones importantes (decenas de hectáreas) puede ser recomendable hacer una implementación progresiva a lo largo de varios años, por dos motivos prácticos:

- tener capacidad para extraer conclusiones y aplicarlas a medida que va avanzando la implementación.
- escalonar las tareas de plantación y de mantenimiento para evitar una gran acumulación de un mismo trabajo en toda la superficie, por ejemplo: plantar miles de árboles en la misma campaña y protegerlos en un período corto de tiempo, trabajos de poda, etc.

- **Medios necesarios y plan financiero:** para cada hito deben identificarse los medios técnicos implicados (compras, alquileres y contrataciones; tiempo y personal necesarios) y también los aspectos financieros (costes e ingresos previstos). Este apartado es uno de los que más habitualmente hace redefinir el resto de las decisiones de la fase de diseño.
- **Incertidumbre y plan de contingencia:** es conveniente identificar las incertidumbres potenciales más probables (meteorológicas, fluctuación de precios de mercado, etc.) y prever planes de contingencia para los principales problemas que puedan esperarse. Es difícil prever si habrá sequías extremas durante los primeros años de la plantación que requieran la aplicación de uno o varios riegos de emergencia, pero sí es conveniente identificar los medios para hacer esta intervención en caso de que llegue a ser necesaria, por ejemplo, explorando si se podrá disponer de un depósito móvil de agua.
- **Seguimiento:** la planificación también incluye un plan de seguimiento basado en **indicadores** objetivos y fácilmente medibles, que sean claves para guiar la gestión del sistema. Estos indicadores incluyen el registro de las principales tareas de gestión (número de desbroces aplicados cada año, y fecha de aprovechamiento de cada componente) y también los principales resultados técnicos y económicos en cada período de planificación: coste medio de implantación por árbol en el período 1 (años 0-1); producción media anual de cada componente; precios definitivos de los productos vendidos y de los medios adquiridos, alquilados o contratados; margen económico neto medio, contenido de materia orgánica en el suelo, problemas encontrados, etc. Los indicadores deben actualizarse en cada cambio de período.

Planificar y evaluar lo planificado es imprescindible para conseguir una mejora continua de la gestión del sistema y la posible replicación de otros sistemas silvoarables en nuevas parcelas. No existe una receta única sobre cómo plantear este proceso, pero un buen principio es encontrar el equilibrio entre:

- la identificación precisa de los hitos clave (incluyendo su calendarización, medios necesarios, costes e ingresos asociados y factores de incertidumbre).
- hacer su seguimiento de forma disciplinada.
- la flexibilidad en la aplicación de la planificación según la evolución real del sistema sobre el terreno.





4

De la teoría a la práctica (2): ejemplos de sistemas silvoarables mediterráneos

Este capítulo muestra 11 ejemplos reales de sistemas silvoarables en el contexto mediterráneo, ubicados en Castilla y León, Cataluña y el sudeste de Francia, que ilustran la gran versatilidad de estos sistemas para adaptarse a múltiples contextos territoriales y socioeconómicos. Se ha hecho una selección de diferentes tipos de sistemas silvoarables, representados con diferentes colores. Nota sobre la descripción del clima: TMA: temperatura media anual; TMmc: temperatura media del mes más cálido; TMmf: temperatura media del mes más frío; PMA: precipitación media anual, y PMV: precipitación media de verano.

N.º	Finca	Ubicación	Tipo	Componente agrícola	Componente leñoso (marco plantación)	Año plantación
1	BARZALEJOS	Castilla y León (Burgos)	B1	Forrajeras	Serbal (7 x 7)	2021
2	LA SOLA	Castilla y León (Palencia)	A2	Cereal	Nogal (10 x 10), avellano (10 x 5), almendro (10 x 5)	2021
3	ÁRBOLES ECOLÓGICOS	Castilla y León (Soria)	A2/B1	Aromáticas	Encina trufera (7 x 7)	2009
4	CAMP DE L'ERMENGOL	Cataluña (Barcelona)	A2	Aromáticas	Nogal (7 x 6)	2011
5	CAN BUSCASTELL	Cataluña (Girona)	A2	Cereal + cultivo verano	Chopo (60 x 5)	2021
6	CAN PALLOT	Cataluña (Barcelona)	A2	Cereal	Nogal y fresno (18 x 4)	2014
7	DOMAINE DE MAZY	Occitania (Aude)	A2	Cereal, viña	Almendro, higuera, paulonia, nogal, otros	1991-2025
8	DOMAINE D'ERIANE	Occitania (Gard)	A1/A2	Viña	Olivo, encina trufera, frutales, setos	2014-22
9	DOMAINE DE ROUMASSOUZE	Occitania (Gard)	A2/B1	Huerta, cereal, pradera	Nogal (10 x 10) Chopo (16 x 6)	1996-1997
10	DOMAINE DE PERDIGUIER	Occitania (Hérault)	A2	Trigo, maíz, aromáticas	Nogal (18 x 9)	2005
11	DOMAINE DE VALENSOLE	Provenza-Alpes-Costa Azul (Alpes de Alta Provenza)	A2/B1	Cereal, aromáticas	Olivo, almendro, pistacho, setos, otros	1996; 2017-2019

4.1. Barzalejos



Modelo B1: sistema leñoso con vegetación alineada al que se añaden cultivos agrícolas

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca situada en Ibeas de Juarros (Burgos). El paisaje del entorno se compone de pequeñas parcelas agrícolas dedicadas en su mayoría al cultivo de cereales para grano, alternas con manchas forestales y zonas de pasto arbustivo con escasa presencia ganadera en la actualidad. La zona tiene una baja densidad de población, y los principales mecanismos de comercialización de productos agrícolas se efectúan principalmente a través de almacenistas privados.



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: la finca, antes dedicada a cultivos de secano, cambió de propietarios en 2020 y se transformó en una plantación alineada de frondosas para madera de alta calidad, de mayor valor ecológico. Para cubrir los costes de mantenimiento, desde 2022 se implantó un sistema silvoarable con cultivo de forrajes entre las hileras arboladas, con mínimo laboreo y sin químicos, gestionado con maquinaria ligera. Mediante un acuerdo con un ganadero local, la propiedad reduce costes de mantenimiento del suelo y el ganadero obtiene forraje de calidad y barato para ganado caballar y bovino.

Estructura de la finca: la finca está formada por una única parcela de 1,46 hectáreas con plantación de serbales (*Sorbus domestica*) enfocada a la producción de madera de alta calidad, en combinación con rotaciones de cultivos forrajeros (avena, veza, ballico y esparceta) en secano, para siega y empacado.

Instalaciones, maquinaria y personal: para los cultivos herbáceos se utiliza maquinaria agrícola de dimensiones reducidas (tractor de 75 CV y aperos en torno a 1,2 metros de ancho de trabajo). Los trabajos de poda y gestión selvícola del componente leñoso se contratan. No se precisa mano de obra permanente.

Fisiografía y clima: altitud: 995 m. Clima mediterráneo continental (TMA: 9,9°C; TMmc: 18,2°C; TMmf: 2,5°C; PMA: 609 mm; PMV: 98 mm).

Suelo de la parcela silvoarable: cambisol calcárico; pH 8,5; textura franco-limosa con hidromorfías en ciertos puntos, con pendiente ligera orientada al norte, ligeramente pedregoso; profundidad > 1,5 m.

Condiciones técnicas y administrativas: superficie de interés ecológico debido a la certificación de plantación de especies forestales.

Motivaciones: la elección del sistema silvoarable pretendía, a través de la inclusión de un componente agrícola con producciones anuales, compensar o reducir los costes de mantenimiento de una plantación leñosa de aprovechamiento a muy largo plazo. Además, se busca que el cultivo agrícola absorba el excedente de humedad y reduzca los encharcamientos frecuentes que sufría el terreno, causa de problemas fisiológicos y fitosanitarios en los árboles, así como un enriquecimiento de la biodiversidad del agroecosistema.

Descripción del sistema: 1,46 hectáreas de serbales productores de madera de alta calidad dispuestos en hileras, combinados con cultivos herbáceos forrajeros. El sistema se cultiva en secano con mínimo laboreo.

Año de plantación del componente leñoso: 2021.

Productos objetivo: forrajes de alta calidad, madera de alta calidad, fruto forestal (jervas) con potencial agroalimentario.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE



Componente leñoso: serbal (*Sorbus domestica*), material forestal de reproducción de la propia región. La especie presenta una autoecología que encaja en terrenos calizos de textura pesada y compacta, con humedad edáfica y dificultades de drenaje.

Componente agrícola: leguminosas forrajeras (veza y esparceta), cereales forrajeros (avena y ballico). Cultivos de secano con aprovechamiento al final de la primavera para no competir con los árboles durante la temporada estival.

Disposición de los componentes: serbales a 7 x 7 m (285 árboles). Componente agrícola en las calles de 7 m de anchura (banda cultivada de 6 m), siguiendo la dirección este-oeste, perpendicular a la pendiente, para aprovechar mejor la humedad y proteger el suelo de la erosión por escorrentía.

Preparación del suelo y técnicas de plantación: gradeo, replanteo con apero guiado por GPS, y ahoyado con retroexcavadora. Tubos protectores de 150 cm en los árboles.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: formación de los serbales en eje central para producir trozas de madera de calidad.

Control de plagas y adventicias: hasta ahora no se han hecho tratamientos. En las hileras arboladas se permite la vegetación adventicia.

Riego: no hay.

Producción: veza: 2.700 kg/ha. Avena: 1.950 kg/ha. Ballico: 3.200 kg/ha. Los árboles aún no son productivos, pero su crecimiento promedio en cuatro años ha sido de 27 cm/año de altura y 0,6 cm/año de diámetro basal.

Serbales con avena - abril 2023



Aprovechamiento de ballico junto a los serbales - junio 2025



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: los ingresos agrícolas cubren los costes de mantenimiento de la plantación haciendo más atractiva la inversión forestal. Además, los cultivos herbáceos reducen el encharcamiento de un suelo muy compactado, protegiendo a los árboles de la asfixia radicular y evitando tratamientos por causa de enfermedades criptogámicas. Ambientales: el sistema silvoarable mejora la aireación, la estructura y la fertilidad del suelo, favorece la biodiversidad auxiliar (aves e insectos) para el control de plagas y reduce la erosión al frenar la escorrentía.
Condicionantes y limitaciones	Adventicias: dispersión no significativa de semillas adventicias desde las hileras hacia las calles. Mecanización: condicionada por la estrechez de las bandas de cultivo efectivas (6 m), pero subsanada por la utilización de maquinaria y aperos de reducidas dimensiones.
Valoración global	El sistema silvoarable está aún en sus primeros años, pero tanto la propiedad como el agricultor/ganadero que lleva a cabo las labores agrícolas valoran positivamente este enfoque. La propiedad cree que los árboles han salido beneficiados por la cobertura vegetal del cultivo con respecto al suelo desnudo, especialmente por la minimización de los encharcamientos. Por su parte, el agricultor considera que el rendimiento de los cultivos forrajeros ha sido bueno en compañía de árboles, aunque preferiría cultivar bandas más anchas.

4.2. La Sola



Modelo A2: cultivo al que se añaden leñosas en hileras

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca situada en el término de Revenga de Campos (Palencia), en la comarca de Tierra de Campos. El paisaje está compuesto casi totalmente por llanuras cerealistas, quedando la vegetación natural reducida a manchas de matorral y encinas, dispersas en las escasas zonas de ladera y parameras. La zona tiene una baja densidad de población, y los principales mecanismos de comercialización del cereal son a través de cooperativas agrarias.



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: esta finca agraria de tradición familiar se decidió reorientar, desde el monocultivo de cereal con manejo convencional, hacia un modelo productivo que busca mejorar la sostenibilidad económica, ambiental y social. Este modelo se basa en la diversificación y el incremento del valor añadido de la producción agraria. En concreto, se han implantado nuevos cultivos herbáceos y leñosos y una explotación avícola con certificación ecológica desde 2019. La comercialización se efectúa mediante la venta directa a particulares, grupos de consumo y tiendas en Palencia, Valladolid y Madrid (<https://lasola.es>).

Estructura de la finca: la finca está formada por 52 hectáreas en rotación de cereal-legumbres-girasol, 5 hectáreas con sistema silvoarable de frutos secos con cultivos herbáceos y hortícolas, 4.400 m² de gallinero cubierto y espacio campero con dosel arbóreo frutal y 2.000 m² de huerta ecológica.

Instalaciones, maquinaria y personal: la finca cuenta con maquinaria agrícola básica de anchura estándar y con dotación de riego. Los trabajos de laboreo, siembra, siega y cosecha se contratan. La finca necesita, además, mano de obra de un trabajador y medio al año.

Fisiografía y clima: altitud: 810 m. Clima mediterráneo continental (TMA: 11,4°C; TMmc: 29,2°C; TMmf: -0,7°C; PMA: 466 mm; PMV: 87 mm).

Suelo de la parcela silvoarable: cambisol y luvisol cálcicos; pH 8,1; textura franco-arcillosa, poco pedregoso; profundidad > 1,5 m.

Condiciones técnicas y administrativas: zona periférica de protección para el uso sostenible de productos fitosanitarios y situada en la ZEPA Camino de Santiago (red Natura 2000), con presencia de aves esteparias.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA SILVOARABLE

[Ficha técnica completa](#)

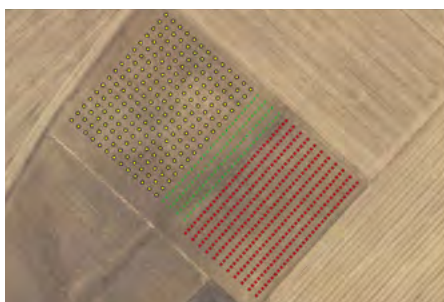
Motivaciones: el sistema silvoarable, de árboles frutales y cultivos herbáceos, se enmarca en la lógica del cambio de modelo de la finca, buscando aumentar y diversificar la producción, proteger el suelo, promover la biodiversidad, fomentar la lucha biológica y la captura de carbono, y reducir las pérdidas de humedad causadas por el viento y la insolación. En conjunto, se busca una parcela más rentable por unidad de superficie, maximizando la calidad de fruto, así como una mejor adaptación al cambio climático, especialmente frente a la sequía y los eventos extremos. El sistema se plantea dando prioridad al desarrollo del componente leñoso, por lo que el diseño está enfocado a las necesidades del arbolado.

Descripción del sistema: 5 hectáreas de árboles frutales (diversas variedades de almendro, nogal y avellano) en hileras, combinados con cultivos herbáceos. El sistema se cultiva en secano, con riegos de apoyo.

Año de plantación del componente leñoso: 2021.

Productos objetivo: cereales, leguminosas-grano, productos hortícolas y frutos secos.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE



Componente leñoso: **nogal** (en amarillo en el esquema), variedades Franquette y Fernor, escogidas por su brotación tardía y alto vigor; **avellano** (verde), variedades Vermellet, Segorbe, San Giovanni y Tonda di Giffoni, buscando adaptación a veranos calurosos; **almendro** (rojo), variedad Penta, de floración tardía. El diseño está rodalizado según los requerimientos de cada especie: los avellanos se sitúan en la parte de vaguada de la parcela, donde se concentra la humedad, y los almendros en la parte más elevada y aireada.

Componente agrícola: **cereales** (trigo y cebada), **leguminosas-grano** (garbanzo y alubia), **hortalizas** (tomate y patata).

Disposición de los componentes: marco real de 10 x 10 m en el rodal de nogal (208 árboles), y rectangulares de 10 x 5 m en los rodales de avellano (124 árboles) y almendro (363 árboles). Bandas cultivadas efectivas de 9 m de anchura, cumpliendo el mínimo requerido por la maquinaria agrícola disponible, con orientación SW-NE, adaptada al relieve del terreno.

Preparación del suelo y técnicas de plantación: subsolado cruzado siguiendo la cuadrícula de plantación y ahoyado con retroexcavadora en la zona de nogal. Tubos protectores de 60 cm en los almendros.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: formación de los frutales en vaso.

Control de plagas y adventicias: hasta ahora no se han hecho tratamientos. En las hileras arboladas se permite la vegetación adventicia.

Riego: instalación fija de goteo en las hileras arboladas para apoyo estival con dosis determinadas por las condiciones de cada año, y temporal en las calles cuando se cultivan alubias o patatas.

Producción: cebada: 2.100 – 5.000 kg/ha. Garbanzos: 400 kg/ha. En cuanto a los frutales, aún no hay producción comercial de fruto.

Almendros con cebada - junio 2023



Nogales con garbanzo - julio 2024



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos

Socioeconómicos: mitigación de los costes de mantenimiento del suelo. Los ingresos del componente agrícola ayudan a compensar la fase juvenil de los frutales.

Ambientales: aumento de la presencia y la diversidad de la avifauna local, junto con un uso más eficiente del agua disponible gracias a la disposición de especies en hileras adaptadas a la topografía. Asimismo, se consigue reducir la erosión debido a la presencia de hileras leñosas con vegetación espontánea, que, a su vez, actúan como refugio para insectos, favoreciendo el control biológico de plagas.

Condicionantes y limitaciones

Riego: la cercanía de las hileras de árboles dificulta el riego por aspersión de los cultivos herbáceos, de modo que se ha optado por regar las leguminosas y hortalizas por goteo.

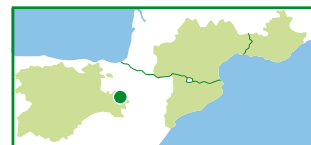
Adventicias: se observa la dispersión de semillas adventicias desde las hileras hacia los cultivos.

Mecanización: necesidad de adecuación de las sembradoras y cosechadoras contratadas al ancho de las bandas cultivadas.

Valoración global

Aunque el sistema se encuentra aún en una fase muy incipiente de desarrollo, la propiedad lo valora muy positivamente hasta el momento. Si bien el tiempo de trabajo es mayor en comparación con un sistema de monocultivo agrícola, el tiempo total empleado resulta menor si se consideran ambas producciones por separado.

4.3. Árboles ecológicos



Modelo A2 y B1: cultivo al que se añaden leñosas en hileras y leñosas a las que se les añade un cultivo

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca situada en el TM de San Felices (Soria), en la comarca de las Tierras Altas, zona de muy baja densidad de población en la frontera con Aragón. El paisaje son encinares en lomas suaves a los pies del Moncayo, intercalados con antiguos cultivos agrícolas dispersos en el paisaje. La finca Árboles Ecológicos viene de la recuperación de algunos de estos cultivos agrícolas rodeados de matorrales y encinares a 4 km de la localidad más cercana en línea recta y el acceso es con todoterreno por pista de tierra.



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: la finca agraria de encina trufera y aromáticas (lavandín) es parte del proyecto familiar Árboles ecológicos, que además de recuperar antiguos terrenos agrícolas, cuenta con una casa rural en la localidad de San Felices y efectúa visitas guiadas a la finca.

Estructura de la finca: actualmente cuenta con una superficie cultivada de 12,3 ha, de las cuales 8,83 ha son agroforestales de lavandín con encina trufera en hileras, 3,08 ha son monocultivo de encina micorrizada y 0,40 ha son monocultivo de lavandín.

Instalaciones, maquinaria y personal: la finca cuenta con maquinaria agrícola suficiente y adaptada para gestionar la finca, además de una destilería a pie de campos para la extracción de aceite esencial. Para la recolección de la trufa se cuenta con perros. El proyecto se gestiona de forma familiar entre dos personas con un trabajador y algunas contratas temporales.

Fisiografía y clima: altitud: 1.068 m. Clima mediterráneo templado (TMA: 10,7°C; TMmc: 20,1°C; TMmf: 3,0°C; PMA: 540 mm; PMV: 113 mm).

Suelo de la parcela silvoarable: leptosol mollico y cambisol calcárico; pH 8,2; textura franca: 13% arcilla / 36% limo / 51% arena: terreno altamente pedregoso; profundidad > 1,5 m.

Condiciones técnicas y administrativas: red Natura 2000, LIC Cigudosa-San Felices (ES4170055).

Motivaciones: la motivación de la puesta en marcha del proyecto Árboles ecológicos en San Felices es un cambio de una vida urbana por una vida rural en la localidad de origen. En lo referido al sistema agroforestal, se añadió el lavandín entre hileras de encina para aumentar la producción y la rentabilidad de la parcela a la vez que se mejoraba la biodiversidad y el paisaje.

Descripción del sistema: 8,83 ha son agroforestales de lavandín con encina trufera en hileras.

Año de plantación del componente leñoso: 2009.

Productos objetivo: aromáticas en seco, aceite esencial de lavandín y elaboración de productos relacionados; trufa.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE

Componente leñoso: encina micorrizada (*Quercus ilex* con *Tuber melanosporum*)

Componente agrícola: lavandín (*Lavandula hybrida*): hibridación entre la lavanda común y la lavanda silvestre (espliego). Planta similar a sus precedentes, pero con mayor concentración de extractos esenciales que se usa para la preparación de sustancias aromáticas y usos medicinales.

Disposición de los componentes: dos filas de lavandín entre hileras de encina en un marco de 7 x 7 m (1.800 árboles). Las hileras de encina siguen las curvas de nivel.

Preparación del suelo y técnicas de plantación: ahoyado puntual y plantación manual con protectores de malla mixta de 1,5 m en encina. Subsolador y cultivador entre filas.



MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: podas de formación anuales a final del invierno.

Control de plagas y adventicias: hasta ahora no se han hecho tratamientos.

Riego: riego por microaspersión para una mayor producción de trufa (100-200 l/m²).

Otros: desbroce entre hileras y abonado.

Producción: 10-30 kg/ha de aceite esencial y entre 10-40 kg/ha de trufa al año.

Encina plantada en 2009 con lavandín - marzo 2021



Encina plantada en 2012 con lavandín - julio 2025



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: obtención de ingresos por aceite esencial hasta la producción de trufas de la encina. Además, con el lavandín se intensifica el aroma de la trufa. Ambientales: los árboles permiten mejorar el microclima en el que se desarrolla el lavandín, gracias a la reducción del efecto directo de la insolación y también de la transpiración inducida por el viento. Además, las hileras de árboles sirven de refugio para fauna auxiliar edáfica y aérea (se observa un aumento espectacular de las abejas y los sírfidos en las parcelas con lavandín. Con el sistema se ayuda a estabilizar y consolidar la materia orgánica del suelo, además de filtrar los lixiviados agrícolas (orientación siguiendo las curvas de nivel).
Condicionantes y limitaciones	Trabajos de mantenimiento: se intensifican las labores de limpieza con el desbroce mientras crece el quemado de las trufas. Plantación y cultivo: problemas con la pedregosidad del terreno; es importante picar la piedra antes de plantar.
Valoración global	Convencidos de los beneficios del sistema agroforestal, por la diversificación de la producción que permite ingresos antes de la producción de trufa. A la vez que se incrementa sensiblemente la biodiversidad y la cantidad de abejas y sírfidos, el lavandín evita la incursión de otros animales interesados en la trufa. Se observa una retención del suelo del 10% al 15%.

4.4. Camp de l'Ermengol



Modelo A2: cultivo al que se añaden leñosas en hileras

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca localizada en el municipio de Sagàs (Barcelona), en la comarca de El Berguedà. El paisaje está compuesto por campos de cultivo, principalmente de cereal de invierno, intercalados con zonas forestales, especialmente en forma de manchas de encina (*Quercus ilex*), quejigo (*Quercus faginea*), roble pubescente (*Quercus pubescens*) y matorral.



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: finca de tradición familiar compuesta por terrenos de cultivo y bosque. En las últimas décadas se decidió reorientar, desde el monocultivo de cereal con manejo convencional, hacia un modelo productivo que busca mejorar la sostenibilidad económica, ambiental y social, a través de la diversificación y el incremento del valor añadido de la producción agraria.

Estructura de la finca: la finca se compone de 58 ha agrícolas: 50 ha son de cereal de secano y forraje y 8 de aromáticas en secano con riego de apoyo, de las cuales 2 ha incluyen un sistema silvoarable. El resto de la finca incluye 3 ha de pasto y 180 ha de bosque, con aprovechamiento de leñas y madera.

Instalaciones, maquinaria y personal: la finca cuenta con maquinaria agrícola básica de anchura estándar y dotación de riego. Los trabajos de laboreo, siembra, siega y cosecha los lleva a cabo el propietario.

Fisiografía y clima: altitud: 690 m. Clima mediterráneo continental (TMA: 11,5°C; TMmc: 21,1°C; TMmf: 3,6°C; PMA: 780 mm; PMV: 215 mm).

Suelo de la parcela silvoarable: regosol calcárico léptico sobre gres y lutita; pH 8,1; textura franca, poco pedregoso.

Condiciones técnicas y administrativas: zona vulnerable a nitratos.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA AGROFORESTAL SILVOARABLE

[Ficha técnica completa](#)

Motivaciones: en el marco del proceso de diversificación de la finca, en 2011 se implantó un sistema silvoarable incluyendo nuevos cultivos de aromáticas y árboles para la producción de madera de calidad. Se espera que los árboles, además de ser una inversión a largo plazo, permitan mejorar el microclima en el que vegetan las aromáticas, filtrar los lixiviados, incrementar la fauna auxiliar y aumentar el carbono del suelo.

Descripción del sistema: 2 ha de cultivo de aromáticas (salvia entre 2011-2017 y melisa entre 2018-2024), con hileras intercaladas de nogal híbrido para la producción de madera de calidad. En 2025 se ha hecho una transformación del sistema con una reducción notable de la densidad de árboles para mantener su tasa de crecimiento y aumentar la insolación para el componente agrícola, que ha pasado a consistir en cultivos anuales.

Año de plantación del componente leñoso: 2011.

Productos objetivo: plantas aromáticas y medicinales, madera de calidad, oleaginosas y cereal.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE



Componente leñoso: nogal híbrido (*Juglans x intermedia*) progenie Mj-209xRa, escogida por su brotación tardía, alto vigor y buena formación, y por su tolerancia a suelos de pH elevado.

Componente agrícola: plantas aromáticas y medicinales: salvia (*Salvia officinalis*) de 2011 a 2017 y, una vez agotado su ciclo, sustituida por melisa (*Melissa officinalis*) de 2018 a 2024. En el 2025 se han sustituido las aromáticas por **cultivos anuales** (girasol en 2025, trigo en 2026).

Disposición de los componentes: inicialmente: sistema diseñado como combinación temporal, con nogales en un marco de plantación de 7 x 6 m, con 58 árboles combinados con las plantas aromáticas y 14 árboles sin combinar. Aromáticas dispuestas en hileras cuádruples, con un marco de 30 x 140 cm. En 2025, debido a la tangencia de copas, se ha efectuado una clara para pasar a un marco de plantación definitivo de 12 x 14 m, manteniendo 12 árboles combinados con cultivo y 13 sin combinar.

Preparación del suelo y técnicas de plantación: subsolado lineal (50 cm de profundidad), ahoyado manual (30 x 30 x 30 cm). Cubiertas del suelo individuales de polietileno negro (100 x 100 cm) y protectores de malla de 60 cm para evitar daños por conejo.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: podas anuales del nogal para facilitar la buena formación del tronco.

Control de plagas y adventicias: componente arbolado: cubierta del suelo de polietileno de 100 x 100 cm, con desbroces manuales de apoyo, cada 1-2 años. Componente agrícola: 1-2 desherbados mecánicos anuales.

Riego y fertilización: sin riego ni fertilización en el caso de la salvia; riego por goteo en melisa: quincenal en marzo, 1-2 riegos semanales en abril, mayo y setiembre, y 2-3 riegos semanales en junio, julio y agosto, con una dosis media de 10 l/m². El fertilizante se aplicó diluido en agua de riego tres veces al año: marzo; después del primer corte (mayo) y después del segundo corte (julio), con 250 kg/ha de NPK 7-4-10.

Producción media anual: salvia: 1-2 cortes/año, produciendo 500-550 kg/ha (hoja seca); 1.400-1.700 kg/ha (planta seca). Melisa: 1-3 cortes/año - 1.300-3.700 kg/ha (hoja seca); 1.800-5.400 kg/ha (planta seca). Girasol: 1.700 kg/ha. Nogales: crecimiento en diámetro 1,5 cm/año, 62 cm/año en altura.

Nogales con aromáticas, 7 x 6 m - julio 2021



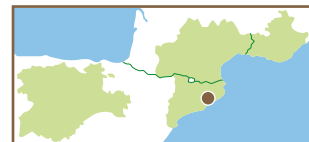
Nogales aclarados (14 x 12 m) y calles sembradas de trigo en marzo de 2026



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: reducción de costes de mantenimiento. Los ingresos del componente agrícola ayudan a compensar la fase de plantación y establecimiento de los árboles. Ambientales: el suelo presenta (2024) un 1,7% de carbono orgánico en el sistema silvoarable, frente al 1,1% de la zona cultivada sin presencia de árboles.
Condicionantes y limitaciones	Riego: adaptación del sistema de riego a la presencia de árboles, optándose por goteros en lugar de aspersores. Adventicias: necesidad de desbroce manual dentro de la hilera de árboles para evitar la dispersión de semillas. Mecanización: adecuación de las sembradoras y cosechadoras al ancho de calle; poda más intensa de las ramas perpendiculares a la hilera de árboles. Impacto de los árboles sobre la producción de aromáticas: sin efecto sobre la salvia (años 1-7). Efecto muy negativo en la melisa (años 8-15), debido al mayor tamaño de los árboles y a la sensibilidad de la melisa al sombreado.
Valoración global	La propiedad valora positivamente el sistema, aunque habría sido mejor aumentar desde el inicio el espaciamiento entre hileras de árboles para facilitar la mecanización y evitar demasiado sombreado. La gestión se adapta de forma flexible a los efectos de los árboles mediante cambios de cultivo, podas más intensas sobre la zona cultivada y claras de alta intensidad.

4.5. Can Buscastell



Modelo A2: cultivo al que se añaden leñosas en hileras

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca localizada en el municipio de Maçanet de la Selva (Girona), en la comarca de La Selva. El paisaje está compuesto por una alternancia de terrenos llanos con campos de cultivo y plantaciones leñosas, principalmente de chopo (*Populus x euroamericana*), y laderas con bosque mediterráneo.



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca: finca proveniente de herencia familiar, que combina bosques de encina, roble, pino piñonero y alcornoque, cultivos agrícolas, prados y barbechos.

Estructura de la finca: la finca se compone de 80 ha de bosque, 10 ha de prados y barbechos, 48 ha de plantaciones de chopo y 12 ha de doble rotación de maíz y ballico (7 de las cuales son el sistema silvoarable).

Instalaciones, maquinaria y personal: el propietario dispone de maquinaria básica y aperos agrícolas básicos, además de cosechadora, sembradora y cañón móvil para el riego. Los trabajos agrícolas se contratan a otro agricultor de la zona. Asimismo, se subcontratan trabajos esporádicos cuando no se dispone de las herramientas o maquinaria necesaria.

Fisiografía y clima: altitud: 50 m. Clima mediterráneo continental (TMA: 14,5°C; TMmc: 23,5°C; TMmf: 8,5°C; PMA: 775 mm; PMV: 130 mm).

Suelo de la parcela: leptosol eútrico sobre granitoides.

Condiciones técnicas y administrativas: no hay ningún condicionante técnico en cuanto a zonas protegidas ni es zona de protección para el uso sostenible de productos fitosanitarios.

Motivaciones: el sistema silvoarable busca la diversificación de la producción anual de cultivos, añadiendo producción de madera a medio plazo con la especie de crecimiento más rápido de la zona (chopo). Los árboles, además, tienen la función de frenar el viento para reducir la transpiración y mejorar el microclima en el que crecen los cultivos. En conjunto, se busca una parcela más rentable por unidad de superficie y una mejor adaptación al cambio climático.

Descripción del sistema: la finca está formada por 7 hectáreas de cultivo de doble rotación de ballico y maíz con tres hileras de chopo (*Populus x euroamericana*) clon MC. En total hay 133 árboles.

Año de plantación del componente leñoso: 2021-2022.

Productos objetivo: cereales, forrajes y madera de calidad para desarrollo.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE



Componente leñoso: chopo híbrido (*Populus x euroamericana*), clon MC. Se ha escogido esta variedad por ser un material de solvencia probada en la zona.

Componente agrícola: doble rotación anual: en 2022, maíz y trigo; en 2023, maíz y ballico, y en 2024 y 2025, maíz y cebada.

Disposición de los componentes: tres hileras en un marco de plantación de 60 x 4, 5 o 6 m (diseño experimental). La distancia de 60 metros se ha escogido para adaptarla a la anchura del sistema de riego, de 30 m de anchura.

Preparación del suelo y técnicas de plantación: ahoyado profundo.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: poda periódica de formación y guiado del chopo.

Control de plagas y adventicias: no se hace ninguna gestión sobre la vegetación de adventicias dentro de la hilera arbolada, pero sí en el cultivo. Se aplican tratamientos fitosanitarios para las enfermedades de roya amarilla y oídio en los cultivos.

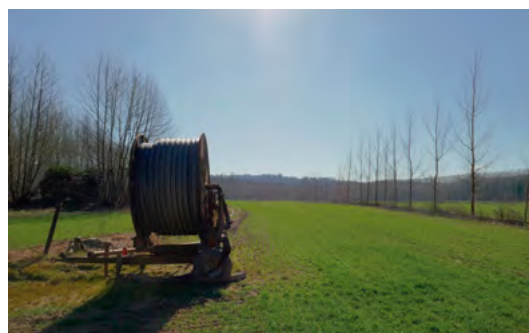
Riego: sistema de riego con cañón móvil (enrollable) permitiendo regar una franja de 30 m de anchura.

Producción: crecimiento medio anual en diámetro del chopo: 4,1 cm; producción media anual del cultivo: 40 t/ha maíz forrajero; 6-7 t/ha trigo; 5-6 t/ha cebada.

Chopos con cereal de invierno - febrero 2025



Cañón móvil para el riego - febrero 2025



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: los ingresos del componente agrícola cubren la fase de plantación y establecimiento de los árboles. Ambientales: aún no se han estudiado.
Condicionantes y limitaciones	Riego: la adaptación de la distancia entre hileras al sistema de riego permite regar el componente agrícola sin interferencias con los árboles. Podas: es necesario retrasar la época ideal de poda de los árboles hasta que se haya hecho la cosecha del cultivo, lo que supone un retraso de unas semanas. Fauna: se ha observado una incidencia más alta de ataques de jabalí en estos chopos que en los plantados en choperas cercanas.
Valoración global	Aún no se observan interacciones entre los árboles y el cultivo, debido probablemente a la corta edad de los árboles. Habría sido necesario plantear un sistema de protección de las hileras arboladas para minimizar o evitar los daños de la fauna cinegética.

4.6. Can Pallot



Modelo A2: cultivo al que se añaden leñosas en hileras

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca localizada en el municipio de Puig-reig (Barcelona), en la comarca de El Berguedà. El paisaje está dominado por el valle de la riera de Merlès, con una alternancia de campos de cultivo en las zonas más llanas y bosques mediterráneos dominados por pino salgareño (*Pinus nigra*), pino albar (*Pinus sylvestris*) y roble pubescente (*Quercus humilis*).



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: la finca agrícola es de propiedad privada y herencia familiar. El sistema silvoarable se implantó en el marco del proyecto LIFE+ FUTUR AGRARI como un sistema experimental-demostrativo, con el objetivo de explorar modelos de plantación productivos para filtrar lixiviados y reducir el impacto de los nitratos de origen agrario en cursos de agua cercanos.

Estructura de la finca: la finca está formada por un conjunto de campos agrícolas (aproximadamente 300 ha) de pequeñas dimensiones (1-4 ha) destinados principalmente a cereales de invierno y especies forrajeras, con un sistema silvoarable de 1,5 ha.

Instalaciones, maquinaria y personal: la gestión agrícola está contratada a una empresa que dispone de la maquinaria y los aperos necesarios para la preparación del terreno (arado chisel/cultivador, grada de discos, rulo liso y sembradora), la aplicación de fertilizantes orgánicos (cuba cisterna con inyección) y minerales (abonadora centrífuga) y la aplicación de tratamientos fitosanitarios (pulverizador hidráulico); ensilar forraje, cosechadora de cereal y quitar piedras.

Fisiografía y clima: altitud: 470 m. Clima mediterráneo continental (TMA: 12,8°C; TMmc: 28,7°C; TMmf: 1,3°C; PMA: 649 mm; PMV: 183 mm).

Suelo de la parcela: leptosol eútrico sobre gres y lutita; pH 7,8; textura franco-arenosa, poco pedregoso; profundidad > 1 m.

Condiciones técnicas y administrativas: la zona es vulnerable a nitratos.

Motivaciones: se instalan hileras de árboles siguiendo curvas de nivel en una parcela de 1,5 ha de cereal de invierno para diversificar y aumentar la producción, proteger el suelo y favorecer el filtrado de lixiviados. Además, se busca capturar carbono y crear un microclima que reduzca la pérdida de humedad por viento e insolación, mejorando la rentabilidad y la adaptación al cambio climático (sequía y eventos extremos), y aumentando el valor patrimonial con especies madereras de calidad.

Descripción del sistema: terreno destinado a cereal de invierno (trigo y cebada), donde se añaden tres hileras (30 árboles en cada una) de frondosas productoras de madera de alto valor: nogal híbrido (*Juglans x intermedia*) Mj-209xRa y fresno de hoja ancha (*Fraxinus excelsior*).

Año de plantación del componente leñoso: marzo de 2014.

Productos objetivo: cereal de invierno y madera de calidad.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE



Componente leñoso: nogal híbrido (*Juglans x intermedia*) progenie Mj209xRa, escogida por su brotación tardía, alto vigor y buena formación, y por su tolerancia a suelos de pH elevado; **fresno de hoja ancha** (*Fraxinus excelsior*), región de procedencia 09 Prepirineo, escogido por su buena adaptación a la zona.

Componente agrícola: cereales de invierno: cebada desde 2014 hasta 2021 y trigo desde 2022 hasta 2025.

Disposición de los componentes: tres hileras de 100 m (30 árboles por hilera), a cota constante, con un marco de plantación de 18 x 4 m o 18 x 2,5 m. Se ha escogido una distancia entre hileras de 18 m sobre la base de la anchura de la maquinaria empleada, buscando evitar pasadas adicionales.

Preparación del suelo y técnicas de plantación: ahoyado mecanizado (40 x 40 x 40 cm), cubiertas del suelo de polietileno negro 100 x 100 cm en cada árbol y protectores de malla mixta de 150 cm de altura en fresnos.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: podas anuales de guiado y formación de nogal y fresno, para facilitar la buena formación del tronco.

Control de plagas y adventicias: en las hileras arboladas se respeta la vegetación adventicia.

Producción: 1.988 kg/ha de cebada en grano, con una disminución del 7% en la zona más cercana a los árboles (< 2,5 m) y sin efecto a 4,5 o más metros; 2.823 kg/ha de trigo grano con una disminución del 6% en la zona más cercana a los árboles (< 2,5 m) y sin efecto a 4,5 o más metros. Los nogales y los fresnos tienen un crecimiento medio anual de 0,7 y 0,5 cm en diámetro, respectivamente, y de 34 y 45 cm en altura, respectivamente.

Nogales y fresnos con cebada - julio 2021



Nogales y fresnos con trigo - marzo 2025



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: hasta el momento, la presencia de árboles no altera significativamente la gestión ni la productividad del cereal, salvo en la zona de seguimiento más cercana a las hileras. Ambientales: aumento del carbono edáfico en comparación con el monocultivo agrícola: +37% del stock en la línea de árboles (2024) y +20% y +13 % en el cultivo agroforestal a 2,5 y 4,5 m de las hileras, respectivamente (2021).
Condicionantes y limitaciones	Adventicias: no se observa la dispersión de semillas adventicias desde las hileras hacia las calles. Mecanización: la distancia entre hileras (18 m) está adaptada para permitir el paso de la maquinaria sin afectar al rendimiento del trabajo.
Valoración global	Aunque el sistema aún es joven (se encuentra en un 20% de la rotación de los árboles), el gestor valora positivamente el sistema y no propondría cambios en el diseño si tuviera que hacerlo nuevamente. Se ha comenzado a detectar una reducción incipiente del rendimiento en grano al norte de las hileras, a distancias equivalentes o inferiores a la altura de los árboles, probablemente debido su la sombreado, siendo el efecto más evidente al norte que al sur de las hileras.

4.7. Domaine de Mazy



Modelo A2: cultivo al que se añaden leñosas en hileras

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca situada en Laure-Minervois (Aude), cerca de la ciudad de Carcasona. El paisaje está compuesto por viñas y cereales entre colinas de bosque mediterráneo.



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: es una de las primeras fincas agrarias de la zona en desarrollar los principios de la agroecología. Fue el primer proyecto agroforestal de la provincia diferente a todo concepto tradicional, sin subvenciones y de forma autodidacta. El modelo se basa en la diversificación de los cultivos y la producción ecológica. La comercialización se efectúa por venta directa. Se desarrolla, además, una actividad de formación y se llevan a cabo visitas a la finca.

Estructura de la finca: formada por un parte vitícola, frutales y cereal. Asimismo, cuenta con ganado ovino para la venta de corderos. La finca está formada por 165 ha de superficie cultivada (6 ha viñedo puro, 6 ha almendro puro, 1,5 ha de higuera, 66 ha de cereales/pradera, 50 ha de pasto para ganado ovino de carne, y 35 ha en sistema agroforestal almendro/viña y frutales/cereales) y 50 ha de bosque mediterráneo.

Instalaciones, maquinaria y personal: maquinaria agrícola básica de anchura estándar para secano. Los trabajos de laboreo, siembra, siega y cosecha se efectúan con maquinaria y personal propio y familiar: tres personas a tiempo completo.

Fisiografía y clima: altitud: 26 m. Clima mediterráneo continental (TMA: 13,8°C; TMmc: 24,5°C; TMmf: 5,8°C; PMA: 650 mm; PMV: 65 mm).

Suelo de la parcela silvoarable: fluvisol/fersialsol - aluviones arcillo-arenosos de grava y guijarros, lodos de las terrazas holocénicas; textura franco-arenosa con pH 7,9.

Profundidad del suelo: 1 a 2 m.

Condiciones técnicas y administrativas: sin restricciones particulares.

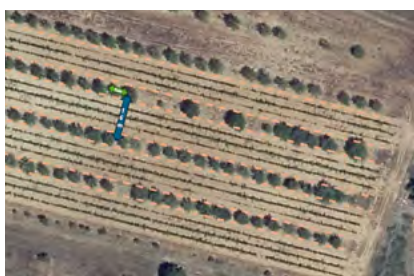
Motivaciones: se busca la autonomía de recursos trabajando a favor de la naturaleza, buscando la belleza estética y la mejora de la fertilidad del suelo, haciendo las cosas de forma simple y con el mínimo posible de insumos. Se han llevado a cabo diferentes ensayos tanto sobre los árboles como sobre los cultivos, introduciendo leguminosas. La semilla de trigo (harina y forrajero) es propia y se cuenta con un vivero para producir higueras y almendro, así como leguminosas y otras especies de interés. Se utilizan las astillas de los árboles para mejorar la fertilidad del suelo. Otro aspecto fundamental para la propiedad es el cuidado del entorno y el paisaje.

Descripción del sistema: 20 ha de frutales y especies forestales combinados con una rotación de cereales, leguminosas y otras fijadoras de nitrógeno. Asimismo, se cuenta con 15 ha de viñedo con almendros.

Año de plantación del componente leñoso: desde 1991 hasta la actualidad, con una plantación de bosque - jardín de 1,7 ha.

Productos objetivo: vino y zumo, cereal, leguminosas, almendras, higos, albaricoque, melocotón, uva y madera de calidad.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE



Componente leñoso: se plantaron frutales de diferentes especies, árboles para madera y otros fijadores de nitrógeno con especies de los géneros *Albizia*, *Gleditsia* o *Robinia*. Frutales: almendro (selección propia a partir de almendros silvestres), higuera y melocotón. Madereros: paulonia y nogal.

Componente agrícola: cereales (variedades antiguas), frutos (almendra, higo y frutos diversos) y viña (denominación controlada Minervois).

Disposición de los componentes: hileras de árboles cada 16 m para no entorpecer el paso de la maquinaria y permitir un cultivo intercalado hasta el momento de aprovechamiento de los árboles. En viña, se intercala una hilera arbolada cada tres hileras de viña (de cinco hileras en 1998 pasaron a tres en 2018). En la hilera, los árboles se plantan cada 5-6 m, a menudo con arbustos fijadores de nitrógeno entre dos árboles consecutivos. Después de 35 años, el paisaje agroforestal está muy diversificado.

Preparación del suelo y técnicas de plantación: ahoyado manual individual para cada árbol. Sin protección.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: adaptadas a las especies, frutales o forestales: poda de formación para maderas de calidad en especies forestales (paulonia o nogal); poda para la producción de astillas en especies forestales y frutales, y poda para optimizar la producción de frutos en los frutales.

Control de plagas y adventicias: no se aplica ningún tratamiento especial.

Riego: solo el primer año (20 litros por árbol).

Producción: trigo y otros cereales: 1,5 a 2,5 t/ha. Leguminosas: 1,5-2 t/ha. Almendro: 0,8 t/ha. Higuera: 1 t/ha. Albaricoque y melocotón: 1 t/ha. Vino: 37,5 hl/ha. Paulonia: cosecha a los 15 años (1,5 m³ de madera noble/individuo).

Árboles con poda ligera para tener una copa más extendida. Las hileras de viña se han adaptado según el desarrollo de los árboles con los años



Trasmochado de almendro para la producción de astillas y la regeneración de la producción de frutos



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: creación de un capital arbolado, maderero y frutal. Creación de un paisaje adaptado al proyecto personal del promotor, pero también de venta directa y visitas a la finca. Ambientales: mejora de la fertilidad del suelo, aumento de presencia y diversidad de avifauna y biodiversidad local, protección del agua y lucha contra la erosión del suelo en una parcela en pendiente.
Condicionantes y limitaciones	Componente leñoso: plantación de muchas hectáreas de árboles, que supone una inversión importante en tiempo. Adventicias: no se observa la dispersión de semillas de adventicias desde las hileras hacia las calles. No le importa tener hierbas dentro sus cultivos si cubren el suelo. Mecanización: adecuación de las sembradoras y cosechadoras contratadas al ancho de calle.
Valoración global	Valoración muy positiva del impacto del proyecto en la perspectiva agroecológica y turística del agricultor. Se han conseguido variedades de cereal, almendro e higos adaptadas a su contexto.

4.8. Domaine d'Eriane



Modelos A1 y A2: cultivo al que se añaden leñosas en márgenes y en hileras

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca situada en Saint-Mamert (Gard), cerca de la ciudad de Nîmes. La parcela, con un clima mediterráneo marítimo, está ubicada en un paisaje de colinas boscosas, que incluye viticultura, cereales y praderas de secano.



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: se trata de una finca de más de 300 años de historia familiar, incluyendo cinco generaciones de viticultores. En 2007, la voluntad de ser independientes llevó a la familia a implicarse en una iniciativa ambiental en la finca. En 2014, después de una formación con Agrooof, se inició el cultivo agroecológico en parte de los viñedos.

Estructura de la finca: 43 ha, de las cuales 30 ha son de cereal y pradera y 13 ha son viñedos certificados en agricultura ecológica, de los cuales 5 ha son agroforestales.

Instalaciones, maquinaria y personal: la finca cuenta con maquinaria agrícola básica de anchura estándar para viña y cereal. Los trabajos de laboreo, siembra, siega y cosecha se efectúan con maquinaria propia.

Fisiografía y clima: altitud: 120-130 m. Clima mediterráneo marítimo (TMA: 14,9°C; TMmc: 24,9°C; TMmf: 6,2°C; PMA: 735 mm; PMV: 89 mm).

Suelo de la parcela silvoarable: laderas y pendientes suaves de las cuencas de Alès, de Uzès y de Sommières (Gard) sobre margas, areniscas de sílice y arenisca calcárea con aportes coluviales locales. Color marrón a amarillo-pardo, textura arcillosa-limosa, pedregoso de forma desigual, pH 8,0. Profundidad de 1,5 a 4 m.

Condiciones técnicas y administrativas: finca en zona de protección de la fauna avícola (ZNIEFF 2).

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA AGROFORESTAL SILVOARABLE

[Ficha técnica completa](#)

Motivaciones: la motivación principal fue acabar con el monocultivo para ganar diversidad y reducir el uso de fitosanitarios. Para ello, se buscó crear pasillos ecológicos que favorecieran la presencia de especies auxiliares —como, por ejemplo, rapaces, murciélagos e insectos beneficiosos— y, así, prevenir y controlar enfermedades de forma natural. Además, entre las parcelas se plantaron setos con frutales, arbustos y árboles forestales, reforzando la conectividad ecológica y la diversidad del entorno. Para la familia, el entorno y el paisaje también son aspectos fundamentales.

Descripción del sistema: plantación de varias especies como setos cortaviento entre cuatro parcelas con setos dentro de la parcela y plantación en hileras de encinas truferas y olivos.

Año de plantación del componente leñoso: en cuatro fases desde 2014 hasta 2022.

Productos objetivo: vino, aceitunas, trufas, fruta para uso doméstico (manzanas y peras) y madera de calidad.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE



Componente leñoso: olivos y encinas truferas en hileras con otros frutales (albaricoque, almendro, cerezo, melocotón y manzano), completado con árboles forestales (*Sorbus torminalis*, *S. domestica*, *Alnus subcordata*, *Pyrus híbrido*, *Acer campestre*, *Morus alba* y *Fraxinus* sp.) y arbustos fijadores de nitrógeno (*Laburnum anagyroides*, *Colutea arborescens* y *Coronilla glauca*).

Componente agrícola: viña.

Disposición de los componentes: una hilera de árboles cada 13 hileras de viña (33,5 m entre hileras leñosas). Dentro de cada hilera, hay una sucesión de árboles cada 5 m, con arbustos leguminosos intercalados cada 1 m. Los árboles, frutales o forestales, se distribuyen irregularmente por el terreno, en función del suelo y su potencial agronómico.

Preparación del suelo y técnicas de plantación: subsolado cruzado siguiendo la cuadrícula de plantación y ahoyado con retroexcavadora. Protección tipo Climatic de 0,6 m para los arbustos y de 1,2 m para los árboles.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: podas de formación de los árboles madereros para lograr troncos de calidad hasta 4 m de altura. Los arbustos se empiezan a podar a los tres años para producir el máximo de rebrotes.

Control de plagas y adventicias: la finca, en ecológico, no tiene tratamientos desde que se llevó a cabo la plantación. En las hileras arboladas se permite la vegetación adventicia.

Riego: solo en los dos primeros años (20 l/árbol).

Producción: vino tinto, blanco y rosado. Rendimiento: 45 hl/ha. La producción de fruta no es comercial.

Vista de la plantación en invierno 2022



Hilera de frutales y arbustos en 2023



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: creación de un capital de madera de calidad y de una producción de frutos, aceitunas y trufas. Ambientales: aumento de la presencia y la variedad de la biodiversidad útil al agricultor para luchar contra el gusano del grano e insectos chupadores como el cicadélido <i>Scaphoideus titanus</i>, vector de la flavescencia dorada. Protección microclimática y control de la sequía que afecta a la calidad del vino, limitando los picos de temperatura en primavera y verano.
Condicionantes y limitaciones	Riego: la adaptación de la distancia entre hileras al sistema de riego permite regar el componente agrícola sin interferencias con los árboles. Poda: es necesario retrasar la época ideal de poda de los árboles (principios de verano) hasta que se haya hecho la cosecha del cultivo, lo que supone un retraso de unas semanas. Adventicias: no se observa problemas de adventicias desde las hileras hacia las calles. Diseño: la mayor dificultad encontrada ha sido la heterogeneidad del suelo en profundidad y humedad, lo que dificultó la elección de las especies de arbustos y árboles.
Valoración global	En el sistema agroforestal se ha mantenido suficiente luz para la vid y, en los primeros 10 años, no se han observado bajadas de producción. El valor paisajístico permitió diferenciar y vender mejor el vino, y el buen resultado del control biológico motivó ampliar el sistema a parcelas vecinas para generar impacto en todo el valle. Aunque el principal límite ha sido externo (descenso del consumo de vino), la diversificación ha sido beneficiosa al incorporar nuevas producciones como aceitunas, trufas y otros frutos, además de madera de calidad a futuro.

4.9. Domaine de Roumassouze



Modelos A2 y B1: cultivo al que se añaden leñosas en hileras y leñosas a las que se les añade un cultivo

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca situada en Vézénobres (Gard) cerca de la ciudad de Nîmes. El paisaje está compuesto por viticultura, cereales y plantaciones de frutales o chopos. La finca está expuesta a un clima mediterráneo y está ubicada en un valle largo, drenada por el río Gardon. Un pequeño arroyo bordea la parcela por el este.



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: la finca pertenece en la actualidad a Agroof y tiene un carácter experimental y productivo, centrado en la madera de calidad, cereal y hortalizas. La finca ha tenido varios propietarios: entre 1996 y 2010, el INRAE llevó a cabo un ensayo en colaboración con el agricultor, comparando un sistema agroforestal con chopos con dos parcelas testigo: una forestal y otra de cultivo. En 2010, un nuevo agricultor adquirió la parcela para desarrollar una producción ecológica. Tras su jubilación en 2024, vendió el conjunto a la fundación Terres de Liens, que firmó un contrato de arrendamiento por 40 años con Agroof, que adquirió las instalaciones agrícolas, la maquinaria y los árboles plantados en 1996.

Estructura de la finca: dos parcelas, una pequeña a las afueras del pueblo con las granjas y zona de herramientas y otra de 11 ha para la producción arbolada, en la zona inundable del río. La parcela cuenta con una superficie cultivada de 3 ha de hortalizas, 8 ha de cereales y pradera en experimentación (heno).

Instalaciones, maquinaria y personal: granja, zona de herramientas y pequeño vivero. Maquinaria agrícola básica de anchura estándar y dotación de riego por goteo para la producción de hortalizas. Los trabajos de laboreo, siembra, siega y cosecha se llevan a cabo con medios propios.

Fisiografía y clima: altitud: 104 m. Clima mediterráneo marítimo (TMA: 13,5°C; TMmc: 23,5°C; TMmf: 4,7°C; PMA: 949 mm; PMV: 123 mm).

Suelo de la parcela silvoarable: aluviones recientes de la llanura de inundación de los ríos en el delta del Ródano, aluviones finos mezclados con sedimentos palustres (facies mixtos) (pleistoceno superior-holoceno) - Aluviones limoso-arenosos, pH 7,2. Profundidad: > 4m.

Condiciones técnicas y administrativas: la parcela cultivada está ubicada al lado del río Gardon, objeto de una política de protección de la calidad del agua frente a las fuentes de contaminación agrícola.

Motivaciones: la finca ha pasado por varios propietarios con motivaciones similares en torno al cultivo agroecológico. La primera fue una iniciativa de plantación forestal con chopos, nogales y otras especies forestales en sustitución del cultivo agrícola, con el objetivo de espaciar las visitas a la parcela, ya que tuvo que mudarse a más de 300 km. Con el apoyo del INRAE de Montpellier se modificó la parte de la plantación de chopos para crear un ensayo agroforestal de 4 ha y se instalaron algunos cultivos. El último agricultor que compró la finca en 2010 llevó la finca a cultivo ecológico, para aprovechar un sistema ya implementado en el que desarrollar su actividad con una lógica agroforestal de acuerdo con sus principios de respeto ambiental. En 2014, por jubilación, el agricultor vendió la finca a Agroof con la participación de la fundación Terres de Liens. La motivación de Agroof es aprovechar un ambiente agroforestal adulto combinando producción y experimentación en una finca donde ya se pueden cortar los árboles.

Descripción del sistema: la parcela se divide en cuatro subparcelas. A: chopos plantados en los años 1996/1997, cosechados en 2010/2011 aunque se conservaron los tocones, efectuando una segunda producción tras una selección de los mejores rebrotes de cada cepa. Tiene una parte en condiciones forestales (7 x 7 m) y una parte agroforestal (6 x 16 m). B: nogales híbridos en 10 x 10 m y 20 x 10 m, donde se llevan a cabo experimentos con hortalizas intercaladas. C: varias especies de leñosas, intercaladas inicialmente con cereales y patatas que a los 10 años de la plantación pasaron a ser pradera. D: nueva modalidad plantada en 2015 con frutales en 16 x 5 m en dos hileras, sustituyendo parte de los chopos.

Año de plantación del componente leñoso: 1996/1997 (chopos, nogales y otros forestales) - 2015 (frutales).

Productos objetivo: cereales, hortalizas, aromáticas y madera de calidad.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE CON CHOPOS

Componente leñoso: chopos.

Componente agrícola: cereales, colza y pradera.

Disposición de los componentes: parcela con chopos (7 x 7 m plantación forestal y 16 x 6 m agroforestal con cereal y colza; una parte pasó a 32 x 6 m tras una clara).

Preparación del suelo y técnicas de plantación: subsolado cruzado siguiendo la cuadrícula de plantación, ahoyado con retroexcavadora. Sin protección.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: podas de formación para lograr troncos de calidad hasta los 6 m. Se llevaron a cabo ensayos de poda hasta los 10 m, una altura que permitió reducir el sombreado del cereal, aumentando un 20% su rendimiento en comparación con la poda a 6 m.

Control de plagas y adventicias: tratamientos hasta 2010, cuando se pasó a cultivo ecológico. En las hileras arboladas se permite la vegetación adventicia.

Riego: en secano durante todo el primer ciclo de cultivo. La rotación de cultivos es trigo/colza/pradera.

Producción: trigo duro: 4,5 t/ha; colza: 3 t/ha, y pradera: 6 t/ha. Se cultivó los ocho primeros años de vida de los árboles, convirtiéndose después en pradera. En 2010 se cosechó la mitad de los chopos eliminando una línea de cada dos, logrando una calle cultivada de 32 m en lugar de 16 m. Esta anchura, equivalente a la altura final de los chopos, permite volver a sembrar y cosechar trigo (2 t/ha en ecológico).

*Plantación agroforestal chopos - ciclo 1 (1996-2010):
vista de la plantación en 1996 y última cosecha de
colza en 2007*



Cosecha y nueva producción - ciclo 2 (2011-2026)



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: creación de un capital de madera de calidad con mayor crecimiento acumulado en el sistema silvoarable (+36%). Además, el sistema silvoarable facilita la corta y el transporte de los troncos, al disponerse de más espacio de maniobra. Ambientales: aumento de presencia y diversidad de la avifauna local, protección del agua potable subterránea y mejora biológica del suelo en comparación con el sistema de monocultivo sin árboles.
Condicionantes y limitaciones	Adventicias: no se observa dispersión de semillas adventicias desde las hileras hacia las calles. Cuando se terminó el cultivo hubo problemas con lianas en las hileras de árboles.
Valoración global	En 12 años de ciclo, la producción global medida expresada como relación de superficie equivalente ha sido de 1,36, es decir, el sistema agroforestal ha producido un 36% más en total que si se hubieran hecho las producciones por separado. Sin embargo, la anchura estrecha (16 m) de las calles y la altura de los chopos al final del ciclo (más de 30 m) provocó que no se pudiese cultivar más de ocho años con un rendimiento suficiente, por lo que se instaló una pradera. El precio del chopo (30 €/m³) no ha sido suficiente para tener un margen económico más elevado durante el ciclo. Según el estudio llevado a cabo durante el proyecto AGFORWARD, con más anchura y un precio de la madera superior (45 €/m³) el chopo habría sido rentable. Para el segundo ciclo no hubo coste de plantación, únicamente de poda, lo que se traduce en un mayor rendimiento económico. Hay que subrayar que la compra de un aserradero móvil ha permitido lograr un precio por venta directa mucho mejor (hasta 300 €/m³).

4.10. Domaine de Perdiguier



Modelo A1: cultivo al que se añaden leñosas en hileras

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca situada en Maraussan (Hérault), cerca de Béziers. El paisaje está dominado por viticultura y cereales. Expuesta a un clima mediterráneo, es drenada por los ríos Orb, Lirou y otros pequeños cursos de agua.



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: finca agraria de tradición familiar, constituida por un castillo medieval del año 1280, con sus tierras alrededor. La familia propietaria posee el conjunto desde hace tres generaciones. La finca está formada por un parte vitícola y otra de cereales. Inicialmente, el agricultor estaba implicado en la producción de semillas seleccionadas de cereales. Se decidió reorientar hacia un modelo productivo que busca mejorar la sostenibilidad económica y ambiental basado en la diversificación con aromáticas y encinas truferas, con certificación ecológica. La comercialización de vino se lleva a cabo por la venta directa a particulares o grupos de consumo y la producción de cereales o aromáticas en cooperativas o empresas privadas.

Estructura de la finca: la finca está formada por 800 ha de superficie cultivada (50 ha en propiedad): 25 ha de viñedo con 4 ha con encinas truferas, 200 ha de maíz de semilla en regadío (20 ha con nogales forestales), 50 ha de colza de semilla en regadío, y el resto de cereal (aproximadamente 350 ha).

Instalaciones, maquinaria y personal: la finca cuenta con maquinaria agrícola básica de anchura estándar y dotación de riego por aspersión o con cañón de agua. Los trabajos de laboreo, siembra, siega y cosecha se llevan a cabo con medios propios con trabajadores agrícolas cualificados.

Fisiografía y clima: altitud: 26 m. Clima mediterráneo continental (TMA: 14,5°C; TMmc: 23,5°C; TMmf: 6,8°C; PMA: 777 mm; PMV: 77 mm).

Suelo de la parcela silvoarable: fluvisol/fersialsol - Aluviones arcillo-arenosos de grava y guijarros, lodos de las terrazas holocénicas; textura franco-arenosa con pH 7,9. Profundidad > 2m.

Condiciones técnicas y administrativas: la finca está ubicada en un área de captación de agua subterránea que alimenta la ciudad de Béziers.

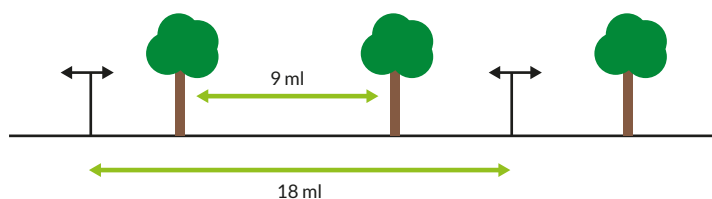
Motivaciones: el agricultor (padre de las propietarias actuales de la explotación) tenía un objetivo paisajístico y medioambiental, ligado a la producción de vino para la venta directa. Dado que la familia también cría caballos de competición, se plantea que, en el futuro, las parcelas agroforestales puedan transformarse en una pradera arbolada, para mejorar el bienestar de los animales y asegurar una producción estable de hierba. Reconocido en la provincia como productor de semillas, el agricultor también se sentía atraído por el reto agroecológico. No contempló desde el inicio la agricultura ecológica, pero la idea cobró fuerza después de la plantación de árboles. Tras asistir a una jornada de divulgación del proyecto agroforestal experimental del INRAE en Restinclières, decidió impulsar en 2008 un proyecto de agrosilvicultura de 20 ha.

Descripción del sistema: aunque su proyecto inicial era llevar a cabo un proyecto diversificado, por razones de restricciones reglamentarias sobre la elección de las especies, finalmente plantó una parcela con nogales híbridos que se combinaban con cereal. Con el crecimiento de los árboles se sustituyó el cereal por aromáticas. En 2023 decidió plantar nuevas parcelas en viticultura, combinando vid con encinas truferas (4 ha).

Año de plantación del componente leñoso: 2005 (nogal) - 2023 (encinas truferas).

Productos objetivo: cereales, semillas (maíz y colza), aromáticas, viña, trufa y madera de calidad.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE CON NOGALES



Componente leñoso: nogal híbrido (*Juglans x intermedia*).

Componente agrícola: Cereales (trigo y maíz, rotación cada dos años), aromáticas (tomillo, perejil, etc.).

Disposición de los componentes: máximo número de árboles, respetando las condiciones de las subvenciones. Distancia entre árboles adaptada al riego (un aspersor entre dos árboles cada 18 m para tener un área de aspersión de 18 x 18 m). Anchura mínima adaptada a la maquinaria agrícola disponible: 18 x 9 m (60 árboles). Componente agrícola en las calles de 18 m de anchura (banda cultivada: 16 m).

Preparación del suelo y técnicas de plantación: Subsulado cruzado siguiendo la cuadrícula de plantación, ahoyado con retroexcavadora. Tubos protectores de 160 cm.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: de formación para lograr madera de calidad en nogales.

Control de plagas y adventicias: tratamientos los primeros años, desde 2020 en ecológico. En las hileras arboladas se permite la vegetación adventicia.

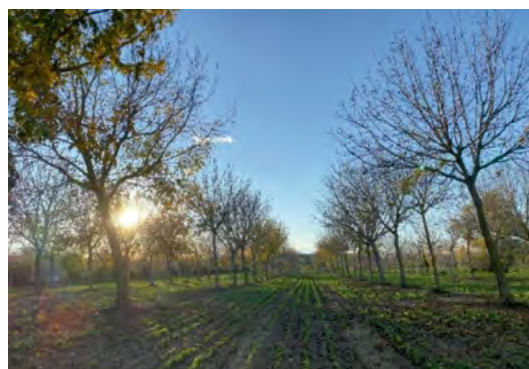
Riego: instalación fija de aspersión.

Producción: trigo: 5 t/ha; maíz: 8 t/ha. Con el crecimiento de los árboles se pasó al cultivo de aromáticas. Vino: 40 hl/ha. Aún no hay producción de trufa.

Riego por aspersión un año después de la plantación (2006)



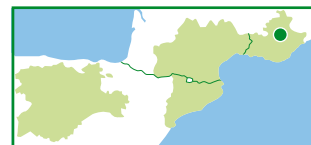
Nogales con trigo - diciembre 2024



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: creación de un capital de madera de calidad y de un paisaje adaptado a su proyecto de venta directa y visitas turísticas (el castillo está inscrito en el patrimonio nacional). Ambientales: aumento de presencia y diversidad de la avifauna local y protección del agua potable subterránea (captación al lado de la parcela, adyacente al río).
Condicionantes y limitaciones	Riego: la distancia de las hileras de árboles no presentó una dificultad para el riego por aspersión de los cultivos herbáceos, excepto en el período en el que las ramas podían interceptar las aspersiones, pero con una poda intensiva se limitó el problema. Adventicias: no se observa dispersión de semillas de adventicias desde las hileras hacia las calles. Mecanización: adecuación de las sembradoras y cosechadoras contratadas al ancho de calle.
Valoración global	Después de 20 años, el agricultor va a llevar a cabo una primera clara en los árboles, con la duda de si hacerla sistemática (hileras completas) o selectiva (adaptada al valor de cada árbol). Se busca la posibilidad de venta directa de la madera. De momento, el agricultor está muy contento del impacto del proyecto en su perspectiva agroecológica y turística.

4.11. Domaine de Valensole



Modelos A2 y B1: cultivo al que se añaden leñosas en hileras y leñosas a las que se les añade un cultivo

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA FINCA

Localización y entorno

Finca situada en Valensole, cerca de la ciudad de Oraison. El paisaje está dominado por campos de lavanda, cereal y plantaciones de olivo y almendro. La finca se ubica en una gran meseta de clima mediterráneo, drenada por los ríos Durance (oeste) y Asse (norte).



Descripción de la finca agraria

Contexto de la finca y objetivos de la propiedad: la propiedad impulsa un proyecto de adaptación al cambio climático basado en prácticas agroecológicas y soluciones basadas en la naturaleza para regenerar el suelo y fortalecer el ecosistema agrario. Ante la degradación de los suelos, las sequías recurrentes y la creciente presión de enfermedades y plagas, y sobre todo tras los análisis del suelo efectuados en 2017 que detectaron erosión, mala estructura y falta de materia orgánica (vinculadas al cultivo intensivo de lavanda y frutales), se decidió aplicar técnicas regenerativas como agrosilvicultura, setos, cultivos asociados, cubiertas vegetales, compostaje y abonado orgánico, para recuperar la fertilidad, mejorar la retención de agua y favorecer la biodiversidad, manteniendo la producción ecológica de plantas aromáticas.

Estructura de la finca: la finca tiene 121 ha cultivadas: 33 ha de cereal, 4 ha de cereal para semilla, 28 ha de aromáticas, 4 ha de olivo, y el resto son praderas.

Instalaciones, maquinaria y personal: la finca cuenta con tres tractores con aperos de 3 m de ancho: dos desbrozadoras, una sembradora directa y una sembradora neumática. Cuenta además con un rollo Cambridge y un pulverizador de 21 m. Una cosechadora de 5,5 m de ancho, plantadora, distribuidor de abonos, enrolladores de 4 m. La finca tiene su estación de bombeo, con dotación de riego por goteo para la producción de aromáticas y frutales. Los cereales se cultivan en secano.

Fisiografía y clima: altitud: 335 m. Clima mediterráneo marítimo con influencia montañosa (TMA: 12,3°C; TMmc: 22,5°C; TMmf: 3°C; PMA: 689 mm; PMV: 96 mm).

Suelo de la parcela silvoarable: aluviones de la llanura de inundación y terrazas bajas del delta del Ródano, aluviones finos mezclados con sedimentos palustres. Suelo limoso-arcilloso y sensible a la erosión con una humedad bastante estable gracias al cercano río Asse. pH 8,0. Profundidad > 2 m.

Condiciones técnicas y administrativas: finca ubicada en el Parc Naturel Régional du Luberon - Natura 2000.

Motivaciones: con el proyecto agroforestal, el agricultor pretende reducir el efecto de la sequía y las altas temperaturas en los cultivos, reducir la erosión en las parcelas más expuestas y contribuir al incremento de la fauna auxiliar. Además, quiere aumentar el valor de las parcelas de bajo potencial agronómico de cereal con árboles forestales para madera de calidad.

Descripción del sistema: el proyecto está formado por tres parcelas. A) Olivos y almendros antiguos con aromáticas; inicialmente eran plantaciones de frutales puros, que se aclararon para cultivar en las hileras de frutos. B) Frutales con aromáticas, plantada en 2019. C) Árboles forestales plantados en 2017 donde se cultiva cereal intercalado. Todos los árboles se plantaron pareados para permitir una selección a los cinco años (clara del 50%).

Año de plantación del componente leñoso: 1996 (olivos, almendros - aromáticas), 2017/2018 (árboles forestales - cereales), 2019 (frutales - lavanda).

Productos objetivo: aromáticas (romero, tomillo, verbena, bergamota, salvia, melisa y menta), aceitunas, almendras, cereales, leguminosas y madera de calidad.

DISEÑO DEL SISTEMA SILVOARABLE



Componente leñoso: distribuido en tres parcelas agroforestales: A) olivos y almendros; B) almendros y frutales diversos (pistachos, peral, cerezo), y C) árboles forestales (*Alnus cordata*, *Liriodendron tulipifera*, *Ulmus lutecia*, *Sorbus torminalis* y *S. domestica*, *Prunus avium*, *Pyrus communis*, *Juglans x intermedia*).

Componente agrícola: A) 3,5 ha de olivos y almendros con aromáticas; B) 25 ha de almendros y frutales con aromáticas; C) 4,5 ha de árboles forestales con cereal.

Disposición de los componentes: en la plantación de árboles forestales cada árbol ha sido plantado pareado en la hilera (3 m entre los dos árboles de cada pareja, y de 12 m entre parejas; 45 m entre hileras).

Preparación del suelo y técnicas de plantación: subsolado, arado y dos pases de grada; siembra de una cubierta vegetal de leguminosas. Protectores de malla de 1,2 m con dos estacas como tutores.

MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN

Podas: de formación en árboles forestales para lograr madera de calidad hasta los 4 m.

Control de plagas y adventicias: ningún tratamiento (producción ecológica).

Riego: con cañón de aspersión.

Producción: trigo (4,2 t/ha), colza (3 t/ha), girasol (2,3 t/ha), y maíz (7,5 t/ha).

Parcela con árboles forestales / cereales y leguminosas 2025



Cosecha de aceitunas en 2025



VALORACIÓN DEL SISTEMA SILVOARABLE

Beneficios obtenidos	Socioeconómicos: las parcelas forman parte de una red de parcelas demostrativas del Parc Naturel Régional du Luberon. Protección microclimática de los cultivos. Ambientales: aumento de presencia y diversidad de la biodiversidad de aves, protección del agua potable subterránea y mejor biología del suelo.
Condicionantes y limitaciones	Podas: la poda de verano de los árboles es complicada porque hay mucho trabajo debido a la diversidad de los cultivos. Las calles al borde de la parcela son estrechas (15 m) porque los frutales tienen una altura baja y una copa grande. Adventicias: no se observa la dispersión de semillas de adventicias desde las hileras hacia las calles, aunque los primeros cuatro años se hizo un desbroce cada primavera.
Valoración global	Las primeras interacciones entre componentes se observan cerca de las hileras de árboles, que ya tienen más de 8 m de altura, aunque se necesitarán varios años para conseguir los microclimas buscados. El seguimiento de la biodiversidad muestra resultados alentadores en las poblaciones de arañas, favorecidas por las líneas de árboles. Aún no está clara la rentabilidad económica de los árboles forestales, aunque hay compradores locales interesados que hacen prever un alto valor comercial. En los frutales se espera un impacto muy positivo del control biológico de plagas y enfermedades. Se observa una producción individual dos veces más alta en los olivos agroforestales que en un sistema de olivares puro.





5

El marco normativo de los sistemas silvoarables en España

Este capítulo resume el informe “Políticas agroforestales en España” (Lawson *et al.*, 2026 - <https://zenodo.org/records/19182026>). Además, el apartado 6.4 presenta algunas propuestas para la mejora del marco normativo y otras oportunidades emergentes.

5.1. Los sistemas agroforestales en la política y estrategias europeas y estatales

Las ventajas productivas, sociales y ambientales descritas a lo largo de este manual explican la mención explícita de los sistemas agroforestales y/o silvoarables como prácticas que se deben promover en tres reglamentos clave:

- Reglamento (UE) 2018/841 (...) sobre la inclusión de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero resultantes del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura en el marco de actuación en materia de clima y energía hasta 2030 (LULUCF).
- Reglamento (UE) 2024/1991 (...) relativo a la restauración de la naturaleza y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2022/869.
- Reglamento (UE) 2024/3012 (...) por el que se establece un marco de certificación de la Unión para las absorciones permanentes de carbono, la carbonocultura y el almacenamiento de carbono en productos.

También se resalta el interés de los sistemas agroforestales en las principales estrategias europeas de los últimos años, entre las que destacan:

- Estrategia europea de bioeconomía - COM(2018) 673/2.
- Evaluación de la Estrategia europea de adaptación al cambio climático - COM/2018/738.
- Estrategia europea 2050: un planeta limpio para todos - COM (2018) 773.
- Pacto Verde Europeo - COM(2019) 640.
- Estrategia europea para la biodiversidad - COM(2020) 380.
- Estrategia “De la granja a la mesa” (“Farm to Fork”) - COM(2020) 381.
- Estrategia forestal europea - COM(2021) 572.
- Estrategia europea de suelos - COM(2021) 699.

A escala estatal, el Plan nacional integrado de energía y clima (PNIEC) 2023-2030 destaca los sistemas agroforestales.

5.2. Los sistemas silvoarables en España: definiciones e indefiniciones

El Plan estratégico de la PAC en España 2023-2027 (PEPAC) define los sistemas agroforestales como “sistemas de uso del suelo que combinan el mantenimiento de árboles con la agricultura en la misma parcela”. Este Plan establece, para “tierras de cultivo y cultivos permanentes con árboles dispersos”, una densidad máxima

de 100 árboles por hectárea que permitiría mantener la elegibilidad completa de la parcela para recibir ayudas directas. Este límite no afecta a árboles frutales, y puede ser modificado por las Comunidades Autónomas según sus condiciones y especies locales.

No existe una normativa específica para sistemas agroforestales en España, salvo para el caso de la Dehesa en algunas comunidades autónomas.

En el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), no existe una categoría específica “agroforestal” o “silvoarable”, lo que dificulta su cuantificación y regulación. Sin embargo, una categoría de uso del suelo recientemente añadida al SIGPAC es “**Elementos del paisaje**”, que incluye árboles en grupos, en hileras, aislados, setos, bosquecillos y lindes de bosques (MAPAMA, 2023).

Un factor que se debe tener en cuenta al instalar un margen leñoso en España es la necesidad de respetar al menos 2 m de distancia hasta la parcela vecina si se plantan árboles altos, y 50 cm si se plantan arbustos o árboles bajos, según el Código Civil español.

5.3. Los sistemas silvoarables en el PEPAC 2023-2027

5.3.1. Pagos directos (pilar I de la PAC)

El pilar I regula los pagos directos a los productores agrarios. Hay dos componentes de los pagos directos que afectan a los sistemas silvoarables:

a. Buenas condiciones agrarias y medioambientales para la biodiversidad y el paisaje (BCAM): establecen los requisitos de cuidado de la tierra que deben cumplirse para recibir pagos directos. La BCAM-8 activada en España establece que los agricultores deben mantener elementos del paisaje no productivos en, al menos, un 4% de la superficie cultivable de la explotación. La cifra puede reducirse al 3% si se ha acogido al ecorrégimen 9 (Espacios de biodiversidad; véase más abajo) o si destina un 4% adicional a cultivos fijadores de nitrógeno producidos sin fitosanitarios.

El anexo II del Real Decreto 1049/2022 describe los elementos del paisaje, así como la metodología para su cuantificación y ponderación. Sin embargo, las normas que deben seguir los agricultores para declararlos no están claras, especialmente tras la eliminación de las superficies mínimas obligatorias para la BCAM-8 en el Reglamento (UE) 2024/1468 de simplificación de la PAC. Otra limitación es que el tamaño máximo de un bosquete, para ser un elemento del paisaje, es de 0,3 ha, por lo que los bosquetes de entre 0,3 y 1 ha (superficie mínima legal de una masa forestal) no estarían protegidos.

b. Ecorregímenes

Se trata de pagos anuales, adicionales al pago directo, para dar apoyo a acciones voluntarias en favor del medioambiente. España ha definido nueve ecorregímenes de aplicación nacional, de los que cuatro pueden ser favorables a los sistemas silvoarables:

- Ecorregímenes 6, 7 y 8: cubiertas vegetales (espontáneas o sembradas) e inertes en cultivos leñosos, en terrenos de pendiente elevada (ecorrégimen 6), media (ecorrégimen 7) y en terrenos llanos (ecorrégimen 8): una cubierta vegetal con una función auxiliar al componente leñoso puede acogerse a estos ecorregímenes, que no permiten su cosecha. Sin embargo, es posible el pastoreo de estas cubiertas (sistema agrosilvopastoral).
- Ecorregimen 9: espacios de biodiversidad: implantación o mantenimiento de elementos del paisaje en al menos el 7% de las tierras de cultivo y cultivos permanentes (incluidos cultivos leñosos) de una explotación.

5.3.2. Política de desarrollo rural (pilar II de la PAC)

El pilar II de la PAC busca apoyar a las zonas rurales de la UE con un abanico de medidas propuestas a escala europea y con una activación en cascada a escala nacional y regional. Los sistemas silvoarables pueden fomentarse por dos tipos de medidas del pilar II, si bien el potencial depende del desarrollo normativo y los criterios que defina cada región:

a. Medidas agroambientales y climáticas - AECM

Las medidas AECM proporcionan pagos anuales durante períodos de hasta ocho años para adoptar prácticas beneficiosas para el medioambiente y el clima. Cinco de estas medidas pueden dar apoyo a los sistemas silvoarables:

- 6501.1 - Producción agrícola integrada.
- 6501.2 - Gestión sostenible de cultivos.

- 6501.6 - Mantenimiento o mejora de los hábitats y las actividades agrícolas tradicionales que preservan la biodiversidad.
- 6501.8 - Prácticas para la mejora del suelo y el control de la erosión.
- 6502.2 - Compromisos para mantener los sistemas forestales y agroforestales. Esta medida apoya la conservación de plantaciones leñosas, con presupuestos específicos para sistemas agroforestales en Cantabria (con una superficie objetivo que promover de 500 ha), Extremadura y Galicia (superficies objetivo no indicadas).

b. Medidas de inversión - INVEST

Las medidas INVEST son pagos únicos destinados a cubrir los costes de inversiones productivas o no productivas. Dos de estas medidas pueden ser favorables a los sistemas silvoarables:

- 6844 - Inversiones no productivas en explotaciones agrícolas relacionadas con la mitigación y adaptación al cambio climático, el uso eficiente de los recursos naturales y la biodiversidad.
- 6881.1 - Inversiones forestales no productivas en sistemas de reforestación y agrosilvicultura. Esta medida tiene, entre otros objetivos, “conservar y restaurar los sistemas agroforestales” y prevé la introducción de árboles y cultivos leñosos en terrenos agrícolas o forestales con escasa cobertura arbórea, y también el aclareo de la vegetación forestal para permitir el uso ganadero o agrícola. Algunas CC. AA. han establecido objetivos concretos para sistemas agroforestales: Asturias (121 proyectos), Cataluña (160 proyectos), Galicia (1.250 ha), Comunidad de Madrid (5 proyectos), Murcia (361 ha) y Navarra (475 ha).

De las siete medidas resaltadas, todas las CC. AA. han activado al menos una, destacando Castilla y León con seis, Navarra con cinco, y Aragón, Castilla-La Mancha, Extremadura, Galicia y La Rioja con cuatro.

Tabla 1. Activación por parte de cada comunidad autónoma de las medidas del pilar II identificadas como potencialmente favorables para los sistemas silvoarables.

Medida PDR	Andalucía	Aragón	Principado de Asturias	Islas Baleares	Euskadi	Cantabria	Castilla-La Mancha	Castilla y León	Canarias	Cataluña	Extremadura	Galicia	Comunidad de Madrid	Región de Murcia	Comunidad Foral de Navarra	La Rioja	Comunitat Valenciana
6501.1 Producción integrada																	
6501.2 Compromisos de cultivos sostenibles																	
6501.6 Mantenimiento o mejora de hábitats y actividades agrarias tradicionales																	
6501.8 Mejora del suelo y la lucha contra la erosión																	
6502.2 Mantenimiento de forestaciones y sistemas agroforestales																	
6844 Inversiones no productivas en explotaciones agrarias - mitigación-adaptación al cambio climático																	
6881.1 Inversiones forestales no productivas en repoblación y sistemas agroforestales																	
Total medidas activadas	2	4	3	3	2	3	4	6	3	3	4	4	3	3	5	4	1

5.4. Otros instrumentos y normativas que pueden llegar a promover los sistemas silvoarables

A continuación, se presentan diversas iniciativas que pueden dar lugar a medidas de apoyo de los sistemas silvoarables en los próximos años.

5.4.1. Reglamento (UE) 2024/3012 Marco de certificación de absorciones permanentes de carbono

La UE está preparando un sistema para certificar absorciones de carbono en sistemas agrícolas y forestales, a través de créditos de carbono que tendrían una vigencia a largo plazo. Se prevé que se exija un plan de gestión, seguimiento riguroso, beneficios para la biodiversidad y ausencia de efectos negativos en otros componentes ambientales.

5.4.2. Mitigación y adaptación al cambio climático: créditos de carbono, climáticos y naturales y planes de adaptación

En materia de mitigación destaca, a escala estatal, el Registro Español de Huella de Carbono, Compensación y Proyectos de Absorción de CO₂, que es un registro voluntario gestionado por la Oficina Española de Cambio Climático que permite inscribir y generar créditos de carbono en proyectos de forestación o reforestación de al menos 1 ha y con 30 años de permanencia. Aunque los sistemas agroforestales en tierras agrícolas no están previstos por el momento, la metodología empleada sienta las bases para poder incluirlos en el futuro como proyectos de absorción.

En Cataluña, el Sistema de Créditos Climáticos ha establecido en 2024 un crédito climático forestal, que permite financiar intervenciones en bosques en función de su impacto sobre el carbono, el agua y la biodiversidad, y está en elaboración un crédito climático agrícola que podría ser especialmente relevante para los sistemas silvoarables. En Galicia, el Sistema Voluntario de Créditos de Carbono de la Xunta de Galicia, creado en 2025, menciona los sistemas agroforestales como práctica elegible, si bien la metodología está en desarrollo.

A escala europea, la Hoja de ruta hacia los créditos naturaleza (COM/2025/374) propone las bases para desarrollar herramientas financieras privadas, especialmente de certificación y créditos, para dar apoyo a actividades enfocadas a mejoras ambientales y climáticas. Otras estrategias recientes que promueven sistemas agrarios más sostenibles y alineados con la adaptación y la mitigación del cambio climático son la Estrategia de resiliencia hídrica (COM(2025) 280) o “Una visión de la agricultura y la alimentación” (COM(2025) 7).

5.4.3. Reglamento (UE) 2024/1991 de restauración de la naturaleza

Este Reglamento obliga a los países miembros a presentar un Plan de restauración de la naturaleza, con indicadores que incluyen la “superficie agrícola con elementos paisajísticos de alta diversidad”. Los “árboles productivos” quedarían excluidos, salvo que formen parte de “sistemas agroforestales sostenibles”. Se espera conocer próximamente el desarrollo reglamentario de esta norma.



6

Mirando al futuro

Este capítulo presenta un conjunto de ideas y herramientas emergentes relacionadas con los sistemas silvoarables, así como propuestas de cambios del contexto normativo para promover su adopción.



6.1. Herramientas de apoyo al diseño y la planificación de sistemas silvoarables

6.1.1. EcoAF: visualización dinámica de sistemas silvoarables

EcoAF permite dibujar sistemas silvoarables, simular la evolución en 3D del tamaño del componente leñoso a lo largo del tiempo, así como calcular la cantidad de luz disponible para el cultivo. Esta herramienta incorpora múltiples especies de árboles y arbustos, que pueden combinarse libremente, facilitando, así, la elección de la distancia y la orientación del componente leñoso. Se recomienda comenzar a utilizar esta herramienta con diseños de plantación sencillos.

Más información y descarga:

<https://docs.models-agroforestry.eu/es/ecoaf/presentation>.

Autoría: F. Santi (INRAE), F. Liagre y P. Gouhier (Agrooof).

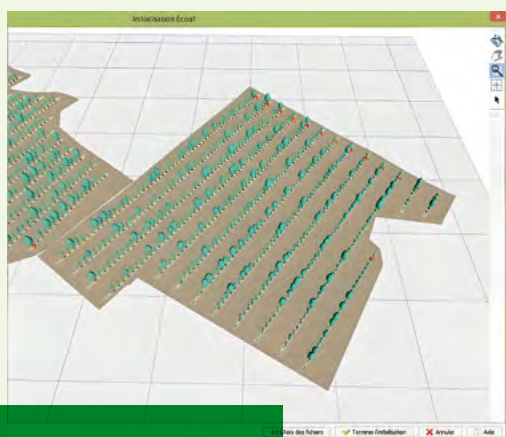


Ilustración de una simulación con EcoAF.

6.1.2. DIAFNOSTIC: proyección del crecimiento diamétrico de árboles y arbustos

DIAFNOSTIC permite estimar la evolución del crecimiento de múltiples especies de árboles en sistemas agroforestales. La herramienta se ha construido mediante investigación participativa, integrando miles de datos de crecimiento.

Su utilización es sencilla: con el diámetro normal (1,30 m de altura) medido en torno al año 5, e idealmente con una segunda medición espaciada al menos cinco años de la primera, la aplicación calcula la evolución prevista del diámetro a lo largo del tiempo. La información resultante se puede emplear también para alimentar la base de datos de EcoAF (véase el apartado previo) o modelos técnico-económicos como, por ejemplo, FarmSAFE.

Más información y descarga:

<https://docs.models-agroforestry.eu/es/diafnostic/presentation>.

Autoría: F. Santi (INRAE), F. Liagre y R. De Chazelles (Agrooof).

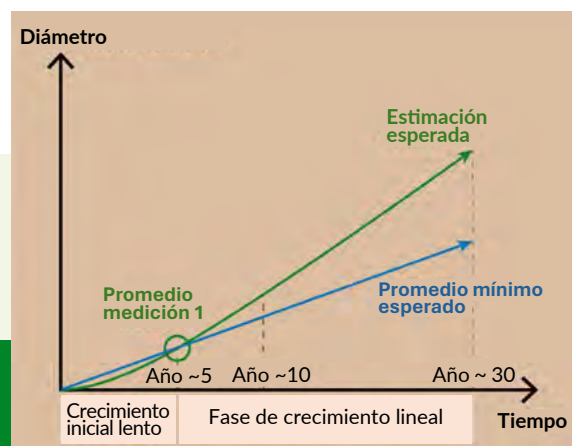


Ilustración de la metodología de DIAFNOSTIC.

6.1.3. BonPlant: facilitando la elección de especies leñosas

BonPlant es una herramienta de ayuda a la decisión que permite elegir las especies más adaptadas a una zona, pero también a los objetivos y las condiciones del sistema agroforestal. Por razones técnicas, BonPlant es accesible únicamente en el marco de una formación con Agroof. En un futuro próximo, se planea fusionar BonPlant con CartogrAF (véase el apartado 6.1.4).

Más información:

<https://agroof.net/oad/oad.html#bonplant>.

Autoría: D. Ori y R. De Chazelles (Agroof).



Aspecto de la aplicación BonPlant.

6.1.4. CartogrAF: ayuda al diseño de sistemas agroforestales

CartogrAF permite diseñar sistemas agroforestales sobre una base cartográfica, directamente en línea, sin necesidad de conocimientos sobre sistemas de información geográfica (SIG). La aplicación es sencilla e intuitiva, facilita la gestión técnica de la plantación (número y tipo de plantas), y permite recuperar el historial de cambios efectuados en cada proyecto de diseño e incorporar herramientas de dibujo y múltiples capas (en el caso de Francia: IGN, BRGM, catastro, BD Haie, Mapbox, etc.). El diseño generado puede exportarse en múltiples formatos (.pdf, .shp, .csv, .xlsx, etc.) para facilitar la elaboración de informes y expedientes.

Para su utilización, se definen los módulos básicos de diseño (disposición constante de las especies), y se definen el área y la ubicación que ocupa cada módulo. A continuación, la herramienta dibuja el sistema y cuantifica las unidades de cada especie, los metros lineales de plantación, etc. La herramienta incluye múltiples especies, variedades y portainjertos, y tendrá próximamente conexión con la herramienta BonPlant. El acceso a la herramienta se hace a través de una suscripción en línea en el sitio web de Agroof.

Más información y condiciones de acceso:

<https://agroof.net/oad/oad.html#cartograf>.

Autoría: R. De Chazelles y P. Gouhier (Agroof).



Ejemplo de tabla de la aplicación CartogrAF.

6.1.5. PrioSilvAra: priorización de áreas donde implantar sistemas silvoarables

PrioSilvAra, diseñada en el proyecto LIFE AgroForAdapt, es una herramienta que ayuda a identificar las áreas de uso actual agrario en las que la implantación de sistemas silvoarables sería viable técnicamente y además sería particularmente beneficiosa para múltiples servicios ecosistémicos: protección del suelo, adaptación al cambio climático, fijación de carbono, reducción del impacto de nitratos y mejora de la biodiversidad. La herramienta está diseñada para aplicarse a escala comarcal o provincial.

PrioSilvAra se basa en la combinación de diversas fuentes cartográficas con información ambiental, legal y agraria, en concreto: cobertura y usos del suelo (Corine), conectividad ecológica, profundidad de suelos, zonas vulnerables a nitratos, tendencias de degradación ambiental,

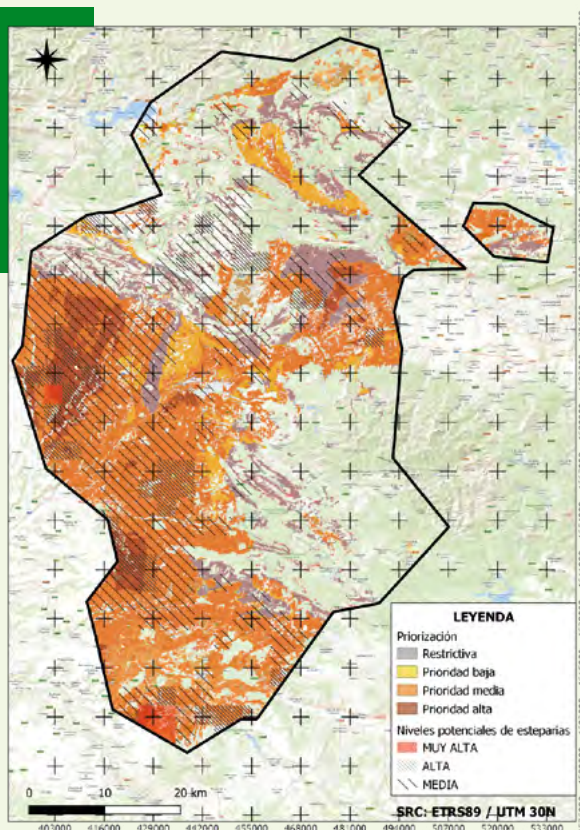
variables climáticas actuales y modelizadas para el futuro y espacios de la red Natura 2000. La herramienta otorga la máxima prioridad a las zonas con menor cobertura arbolada pero con posibilidad de conectar masas forestales cercanas, suelos profundos y zonas vulnerables a nitratos y con alto riesgo de desertificación. También se identifican las áreas relevantes para aves esteparias, que harían necesario adaptar el diseño de los sistemas silvoarables.

El producto final es un mapa con diferentes niveles de prioridad (restrictiva - no apta, baja, media y alta). La aplicación piloto se ha hecho en la provincia de Burgos (7.500 km² agrarios), y es replicable en otros territorios.

Más información: https://agroforadapt.eu/wp-content/uploads/2025/03/AgroForAdapt_Entregable_5.1_PrioSilvAra_2024_12.pdf.

Autoría: P. Durante, B. de Torre, L. Yáñez (Agresta) y J. Coello (CTFC).

Mapa de priorización para la instalación de sistemas silvoarables en la provincia de Burgos.



6.2. Asociacionismo y sinergias con otras prácticas agroecológicas

Los sistemas silvoarables son, por el momento, una práctica con un nivel de adopción limitado entre la comunidad agraria. Esta situación es causa y efecto de algunas de sus principales limitaciones: contexto normativo y de ayudas mejorable, escaso conocimiento del potencial de estos sistemas en el sector (productivo, consultoría, administración e investigación) o lo dispersas que están las experiencias por el territorio. Por lo tanto, es esencial promover el asociacionismo y la interacción entre las personas pioneras que han implantado estos sistemas, y de estas con personas potencialmente interesadas en instalar nuevos proyectos silvoarables y con las entidades dedicadas a la consultoría, la innovación y la transferencia. Este es el motivo que ha llevado a crear la Comunidad de Sistemas Agroforestales y Cultivos Mixtos, una red social temática con más de 185 miembros a finales de 2025 donde se comparten imágenes, dudas e ideas sobre la gestión de sistemas agroforestales, principalmente silvoarables. Además, se organizan webinarios trimestrales para promover la interacción en directo. Esta plataforma, de momento virtual, es desde 2024 la representante de España en EURAF (Federación Agroforestal Europea), y será el germen de una Asociación Agroforestal.

Otra vía esencial son las alianzas entre personas y entidades del marco de la agroecología: presentar toda la diversidad de prácticas agroecológicas y discutir sus definiciones y límites no es objeto de esta publicación, pero pueden destacarse algunos enfoques particularmente sinérgicos, como, por ejemplo, la agricultura y agroganadería regenerativas; la agricultura sucesional, sintrópica o permacultura; la agricultura con lucha integrada; la agricultura “del clima”; el diseño hidrológico o en línea clave; el manejo agrosilvopastoral holístico, o la agricultura ecológica. Todos estos planteamientos son complementarios y los sistemas silvoarables pueden ser una parte esencial de su despliegue, en función de los aspectos en los que se quiera poner el foco: mejora física y biológica del suelo, incremento de la biodiversidad, mejora de los ciclos de nutrientes, reducción de la dependencia de insumos externos, diversificación de los productos, etc. El asociacionismo y el intercambio de experiencias entre todas las personas y las entidades que trabajan en estos enfoques es esencial para promover un modelo agrario más sostenible económica, social y ambientalmente, especialmente para la agricultura familiar.



Las jornadas de campo son una excelente oportunidad para intercambiar experiencias y sembrar alianzas entre diversos actores del sector. Fuente: Diputación de Girona.

6.3. Comercialización y visibilización

6.3.1. Una manera de producir diferente

Ante la idea de plantar árboles en una parcela agrícola, es habitual preguntarse: ¿cómo podré rentabilizar mi inversión? Esta pregunta es legítima, porque plantar y mantener el componente leñoso de una plantación agroforestal durante varios años puede ser una carga para el agricultor, y esta inversión va a condicionar la rentabilidad futura de la parcela. Como se ha presentado a lo largo del manual, la rentabilidad de un sistema silvoarable de tipo A (componente leñoso añadido a un terreno agrícola) hace necesario ser paciente, especialmente si se emplean árboles cuyo producto principal es la madera.

La mejora de la rentabilidad de un sistema silvoarable se consigue desde diferentes ángulos:

- Disminución de los costes de fertilización y tratamientos fitosanitarios, gracias a los servicios prestados por el árbol.

- Mantenimiento o incluso aumento de los rendimientos en años de meteorología extrema, gracias al atemperamiento de las condiciones productivas.
- Diversificación de los productos.
- Productos de mayor valor añadido.

Como puede verse, estos factores no suponen necesariamente un aumento del rendimiento anual o de los ingresos por hectárea, pero sí una **mejora sostenida del margen económico neto (ingresos - gastos)**, gracias a los menores costes de producción, la estabilización de la producción y la mejora de la venta. Estos principios son conocidos por las personas y entidades activas en la agroecología: se aceptan menos rendimientos si la producción es de mejor calidad y se mantiene o aumenta el capital natural de producción.

Por lo tanto, la combinación agroforestal debe dar lugar a un sistema más eficiente y globalmente más rentable. Para ello, como se ha presentado en el manual, no basta con emplear dos componentes, sino que es

clave hacer un diseño y gestión adecuados para optimizar los factores clave de la rentabilidad.

Diversificar la explotación con sistemas silvoarables es diferente a una diversificación mediante una rotación clásica: en el primer caso, se diversifica cada parcela durante años, mientras que, en el segundo caso, se va efectuando una sucesión de monocultivos en una superficie.

6.3.2. La calidad específica de los sistemas silvoarables

Con la agrosilvicultura se pueden obtener productos particulares, a menudo con una calidad diferente. En el proyecto LIFE AgroForAdapt se ha preparado un manual sobre comercialización de productos de sistemas agroforestales, que contiene algunos ejemplos prácticos, por ejemplo:

- Estudios científicos (Arenas-Corraliza *et al.*, 2018; Dupraz y Liagre, 2019) han mostrado que los **cereales** producidos en sistemas silvoarables tienen niveles más altos de proteína. La competencia por la luz da lugar a un número inferior de granos por espiga y, por lo tanto, a una mejor utilización del nitrógeno necesario para producir los granos. Además, el microclima mejorado hace que las espigas sufran menos estrés hídrico y de nitrógeno que un monocultivo; la vida útil de las hojas es más larga y el llenado de los granos más lento, lo que conduce a una mejor síntesis de proteínas. Como consecuencia, se consigue una harina y una malta de mejor calidad y, por lo tanto, de mayor valor económico.
- El **tomate** es un cultivo que necesita sol, pero es sensible a las altas temperaturas, lo que hace necesario proteger las plantas, algo que puede conseguirse gracias a los árboles. Además, los árboles producen

otras mejoras adicionales, incluyendo la calidad biológica del suelo y la fauna auxiliar. Así, aunque el rendimiento total de tomate pueda ser inferior debido a la competencia por la luz, el rendimiento en tomates de calidad extra o primera suele ser superior, lo que permite una mejor valorización final (Beral *et al.*, 2018): se abaratan los costes de recogida y se aumenta el precio por kilogramo.

- La producción de **frutales** en sistemas silvoarables permite aumentar la productividad por árbol individual (dispone de más recursos —luz, suelo y agua—) y la calidad de la fruta, y se reduce el número de árboles que se deben podar y gestionar. Además, el cultivo intercalado genera rentas anuales adicionales, especialmente en los primeros años, cuando los frutales aún no son productivos y, además, ejercen un sombreado escaso. Para muchos frutales, y, especialmente, en el caso de los frutos secos, la mejora de la ventilación que se consigue gracias al mayor espaciamiento entre hileras permite reducir problemas sanitarios (antracnosis y bacteriosis) que reducen el rendimiento y la calidad.
- La producción de **viña** en condiciones mediterráneas, y, especialmente, en las zonas más calurosas de su distribución, está cada vez más condicionada por el aumento de las temperaturas y la incidencia de la sequía. Como consecuencia, la producción es cada vez más dependiente del riego y aumenta el grado alcohólico de la uva, lo que altera su calidad para vinificación. Añadir árboles entre las viñas ha mostrado ser una manera eficaz de reducir el estrés hídrico y térmico de la viña y de rebajar el grado alcohólico. Además, en un producto como el vino, el precio viene determinado tanto por su calidad como por el relato que lo acompaña, y los múltiples beneficios ambientales y paisajísticos de la producción de viñas con sistemas silvoarables pueden tener un efecto decisivo en el valor final del producto.



Plantación de viña en Gard (Francia), en la que se han añadido hileras de diversos árboles frutales, productores de madera de calidad o fijadores de nitrógeno, con una función múltiple: mejora del microclima de la viña, lucha biológica y diversificación de la producción a escala de parcela. También puede observarse cómo se mantiene una cubierta vegetal viva en calles alternas entre viña, por lo que este sistema consta de tres componentes: leñoso arbóreo, viña y herbáceas con uso potencial forrajero.

6.3.3. Dar a conocer los productos agroforestales

Obtener productos de calidad es una cosa; saber venderlos es otra. Cada vez más empresas distribuidoras se están organizando para tener en cuenta especificidades como el nivel de proteína de los cereales o la calidad de la carne o de la leche.

Además de la importancia de la calidad del producto final, es necesario comunicar y sensibilizar a la sociedad sobre la importancia del método de cultivo y de las externalidades positivas que se pueden conseguir en el suelo, el agua y la biodiversidad. Una herramienta disponible es

la certificación o el etiquetado de productos que tienen un valor añadido, como es el caso de los productos ecológicos, o el etiquetado de los productos de cerdo ibérico de bellota, que gozan de un reconocimiento consolidado y regulado. En esta línea, están surgiendo iniciativas similares:

- **Fire-Wine / Fire-Products** es una iniciativa nacida del proyecto europeo FIRE-RES que promueve paisajes resistentes con una gestión integral de los incendios forestales. La etiqueta Fire Wine (<https://firewine.eu>) reconoce explotaciones vitícolas cuya actividad permite reducir la vulnerabilidad a incendios forestales del territorio donde están establecidas.

- **Label Haie** (<https://labelhaie.fr/>) es una etiqueta francesa a la que pueden acogerse productos de madera y leña obtenidos en márgenes leñosos (sistemas silvoarables tipo A1) gestionados de manera sostenible. Esta etiqueta permite a los agricultores valorizar mejor su madera y facilita la comercialización conjunta de productos como la biomasa con finalidad energética, en asociación con entidades consumidoras. Además, esta etiqueta da acceso a subvenciones agrícolas complementarias.

En el sitio web del proyecto LIFE AgroForAdapt se ha creado un portal de personas y entidades que comercializan productos de sistemas agroforestales, incluyendo un buscador por ubicación, tipo de producto y método de comercialización. Este portal busca dar visibilidad a los productores de sistemas agroforestales y facilitar a potenciales consumidores encontrar productos obtenidos con estos principios. También se incluye un formulario para añadir nuevas fincas y productores: <https://agroforadapt.eu/compraagroforestal/>.



Sitio web de la etiqueta francesa "Label Haie".

6.4. Propuestas de mejora del marco normativo en España

Como se ha descrito en el capítulo 5, el marco normativo que afecta a los sistemas silvoarables es complejo y disperso, pero con múltiples oportunidades para promoverlos, tanto en la PAC como en el marco de otras estrategias y normativas emergentes.

Las líneas de mejora del contexto normativo y reglamentario que afecta a los sistemas agroforestales, incluyendo los silvoarables, se han abordado en el informe de [Lawson et al. \(2026\)](#). A continuación, se describen las principales conclusiones relativas a los sistemas silvoarables:

- Aclarar la regulación que afecta a los Elementos del Paisaje. Es necesario encontrar una fórmula que permita: i) la contabilización y registro de estos elementos; ii) su promoción en las ayudas agrarias; iii) su protección; iv) su aprovechamiento productivo de forma sostenible (podas, trasmochados, leñas, fertilización orgánica) que garantice su preservación a largo plazo.
- Utilizar SIGPAC para proporcionar información, a nivel de parcela, sobre los códigos de intervención de la PAC. El MAPA debería describir y mostrar qué eco-regímenes (Pilar I) y qué medidas agroambientales y de inversión (Pilar II) se aplican en cada parcela SIGPAC, para poderlas evaluar.
- Desagregar la información relativa a la plantación de árboles (Indicador de Resultado 17), distinguiendo entre forestación, restauración, sistemas agroforestales y elementos del paisaje. En el Informe Anual de Rendimiento de la PAC se da un único valor agregado para los cuatro tipos de plantación de árboles mencionados. Esto impide conocer la nueva superficie de sistemas agroforestales, contraviniendo las directrices de la Ley Básica de la PAC y su Reglamento de Aplicación.
- Facilitar la recuperación de espacios abiertos: las tierras agrarias históricas que ahora están clasificadas como forestales (FO) en SIGPAC deberían poder ser reclasificadas para la recuperación de usos agrarios, especialmente si están en zonas estratégicas para la prevención de incendios, y siempre que la transformación se haga con criterios de integración ambiental.
- Simplificación burocrática: los procesos administrativos asociados a las subvenciones para el establecimiento y mantenimiento de sistemas agroforestales deben ser ágiles y eficaces en los pagos.
- Promover asociacionismo agroforestal: Desarrollar Puntos de transferencia de conocimiento (*Hubs*) y Laboratorios vivos (*Living labs*) sobre sistemas agroforestales para fomentar el diálogo entre productores y de éstos con los sectores de la asesoría, la investigación y la formación.
- Implementar un programa urgente de plantación de árboles y regeneración asistida, compatibles con el uso agrario del terreno. España se ha comprometido a conseguir 43.675 Mt de absorciones netas de CO₂ en 2030, incrementando la cifra en 2040 y 2050. Los objetivos marcados en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC-2) y en LULUCF solo se cumplirán con un programa más ambicioso de plantación de árboles, donde los sistemas agroforestales pueden tener un papel decisivo.

- Planificar las ayudas de la PAC a los sistemas agroforestales para que sean acumulables a otras medidas de apoyo a largo plazo (ej: agricultura de carbono). Las ayudas de la PAC, incluyendo los eco-regímenes y las medidas de inversión (ayudas a la plantación) y las medidas agroambientales y climáticas (ayudas al mantenimiento durante cinco años), pueden impulsar la certificación de la agricultura de carbono en sistemas agroforestales. La DG-CLIMA de la UE ya ha aclarado que esto es posible, siempre que el operador presente, junto con la solicitud de certificación de carbono, un “presupuesto de adicionalidad financiera” mostrando que el proyecto no sería viable sin la financiación de la PAC y del Marco de certificación de absorciones permanentes de carbono.
- Garantizar que el Plan Nacional de Restauración de la Naturaleza (y los planes regionales) utilicen la definición y las estadísticas existentes de la PAC sobre los Elementos del Paisaje. El Reglamento 2024/1991 sobre Restauración de la Naturaleza ha creado confusión al hablar de “Elementos del Paisaje de Alta Diversidad” sin proporcionar una definición concreta. SIGPAC ya registra los Elementos del Paisaje, y MAPA y el MITECO deben confirmar que solo se utilizará un único indicador integrado.
- Desarrollar la certificación de productos de sistemas agroforestales. Crear una etiqueta o sello respaldado por la administración que certifique los productos procedentes de parcelas agroforestales, para valorizarlos y divulgar los servicios ecosistémicos prestados, de forma análoga al actual sistema de montanera para el jamón de bellota.
- Ofrecer regímenes fiscales especiales, pagos directos y exenciones de la PAC a los agricultores y ganaderos que operan en áreas con alto riesgo de incendio. Esta medida debe ligarse a la planificación territorial de la gestión de incendios.
- Incrementar el valor de las ayudas a la plantación de árboles en municipios con altos índices de “desertificación arbórea”. Este índice puede incluirse como indicador en cada parcela SIGPAC utilizando los datos de densidad de cobertura arbórea de Copernicus.
- Apoyar a las cooperativas y agrupaciones de productores. Ofrecer incentivos fiscales a los pequeños productores agroforestales para que formen cooperativas que puedan hacer un procesado y comercialización conjunta de productos a nivel local.
- Integrar los sistemas agroforestales en las estrategias autonómicas de adaptación al cambio climático. El PNACC-2 se aprobó en 2020 y está en fase de actualización para el período 2026-2030, donde se espera que incluya objetivos claros y ambiciosos para el establecimiento y mantenimiento de sistemas agroforestales. Además, el Registro Español de Huella de Carbono, Compensación y Absorción de CO₂ debería modificarse para incluir sistemas agroforestales en tierras agrarias y/o con baja densidad arbórea.



7

Conclusiones

Esta publicación define los sistemas silvoarables como la combinación deliberada de vegetación leñosa (árboles o arbustos) con sistemas agrícolas para generar beneficios de sus interacciones ecológicas y económicas. Al menos un 5% de la superficie del sistema está ocupado por las copas de la vegetación leñosa cuando esta alcanza su pleno desarrollo, y al menos un tercio de la superficie está ocupado por el componente agrícola.

Estos sistemas se caracterizan por su gran versatilidad, siendo compatibles con cualquier tipo de terreno y estrategia productiva. La situación de partida puede ser un terreno de uso previo agrario donde se añade un componente leñoso (generalmente, en el perímetro o como hileras intercaladas) o bien un terreno que alberga un sistema leñoso al que se añade un componente agrícola.



Los sistemas silvoarables pueden responder simultáneamente a múltiples objetivos productivos, sociales y ambientales, en función de las prioridades de las personas promotoras del sistema. Las principales ventajas socioeconómicas son:

- Diversificar y aumentar la productividad, gracias a la complementariedad entre el componente leñoso y el agrícola, y a las interacciones positivas entre estos.
- Generar nuevas oportunidades económicas ligadas al mayor valor añadido de los productos e ingresos ligados a servicios ecosistémicos como la mejora del balance de carbono.
- Aumentar el valor patrimonial y la viabilidad económica de la finca, especialmente en explotaciones familiares.
- Reforzar la figura del agricultor como custodio del paisaje y del territorio.
- Fijar población en zonas rurales, gracias a la diversificación de las tareas de mantenimiento.

Las principales aportaciones ambientales de los sistemas silvoarables son:

- Mejorar los resultados relacionados con el cambio climático, tanto de adaptación (más estabilidad productiva, microclima mejorado, menor vulnerabilidad a temperaturas y eventos meteorológicos extremos) como de mitigación: mayor fijación de carbono, tanto en el suelo como en tejidos vegetales.
- Mejora orgánica y física del suelo.
- Mejora de la calidad química del agua, al filtrar lixiviados agrícolas.
- Mejora de la biodiversidad, al diversificar los hábitats y fomentar su conectividad. Parte de esta biodiversidad supone ventajas económicas directas, como es el caso de los microorganismos generadores de fertilidad del suelo o la fauna auxiliar que promueve la polinización o el control de plagas y enfermedades.

Como consecuencia de estas ventajas, estos sistemas se mencionan explícitamente como práctica que deben promover diversas regulaciones europeas (Reglamento LULUCF y Reglamento de restauración de la naturaleza), el Pacto Verde Europeo y todas las estrategias que lo desarrollan.

La intensidad y el peso relativo de las ventajas mostradas depende en gran medida de un diseño y gestión adecuados de los sistemas. Para ello, es imprescindible llevar a cabo una diagnosis precisa del contexto físico, ecológico y socioeconómico de la finca, de la parcela y de la propiedad. Partiendo de esa diagnosis, se deben planificar conjuntamente los seis factores clave de la fase de diseño: objetivos, material vegetal, disposición de los componentes del sistema, técnicas de plantación, mantenimiento y gestión, y plan productivo, de seguimiento y financiero.

La adopción de estos sistemas puede verse impulsada por un marco normativo que, pese a ser complejo, es, en general, favorable a su implantación. Otras oportunidades relevantes están relacionadas con las nuevas tecnologías digitales que facilitan la elección de especies, la optimización de la disposición de los componentes del sistema o el asociacionismo.

Los sistemas silvoarables, una práctica enmarcada dentro de los enfoques agroecológicos (junto con la agricultura regenerativa, de conservación, permacultura, ecológica, de lucha integrada, etc.) y sinérgica con estos, son una oportunidad para promover un modelo productivo a escala familiar empoderado y viable económica, técnica y ambientalmente. Su adopción a gran escala puede ayudar a promover un círculo virtuoso de fincas y territorios más rentables, más sostenibles y más resilientes ante las diversas amenazas del sector, que revierta el abandono rural, la falta de relevo generacional y la degradación del suelo, el agua y la biodiversidad mientras se aumenta la generación de alimentos y materias primas locales.

Bibliografía

Bibliografía citada en el manual:

Arenas-Corraliza, M. G., López-Díaz, M. L., y Moreno, G. (2018). Winter cereal production in a Mediterranean silvoarable walnut system in the face of climate change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 264, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.024>

Beral, C. (2018). Agroforestry impacts tomatoes production in a vegetable organic alley cropping temperate system. Oral presentation. World agroforestry conference Montpellier 2018.

Burgess, P. J., Crous-Duran, J., den Herder, M., *et al.* (2015). AGFORWARD Project Periodic Report: January to December 2014. Cranfield University: AGFORWARD. 95 pp. www.agforward.eu/documents/AGFORWARD%2013520%20First%20Year%20Report%2027%20Feb%202015.pdf

Chatterjee, N., Nair, P. K. R., Chakraborty, S., y Nair, V. D. (2018). Changes in soil carbon stocks across the Forest-Agroforest-Agriculture/Pasture continuum in various agroecological regions: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 266, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.014>

Cleugh, H. A. (1998). Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems*, 41, 55–84. <https://doi.org/10.1023/A:1006019805109>

Drexler, S., Gensior, A., y Don, A. (2021). Carbon sequestration in hedgerow biomass and soil in the temperate climate zone. *Regional Environmental Change*, 21(3). <https://doi.org/10.1007/s10113-021-01798-8>

Dupraz, C., y Liagre, F. (2019). Agroforesterie. Des arbres et des cultures. Editions France Agricole. 432 p.

Guerrero, I., Bielza, M., Angileri, V., *et al.* (2024). Quantifying the impact of sustainable farming practices on environment and climate, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, <https://dx.doi.org/10.2760/20814>, JRC137826

Lawson, G., Coello, J., Bertomeu, M., *et al.* (2026). Políticas agroforestales en España: Agroforestry Policies in Spain. Zenodo. <https://zenodo.org/records/19182026>

Lawson, G., Muraru, C., Bertomeu, M., y Corbacho, J. (2024). Defining forests and agroforests in the EU (Version 5). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14161921>

Liagre, F. (2018). Les haies rurales. Editions France Agricole. 290 p.

Liagre, F., Broyer, L. (2025). Rapport final Agroforestry. Financé par la Fondation de France. 131 p.

Osario, R. J., Barden, C. J., y Ciampiti, I. A. (2019). GIS approach to estimate windbreak crop yield effects in Kansas-Nebraska. *Agroforestry systems*, 93, 1567–1576. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0270-2>

Pent, G. J. (2020). Over-yielding in temperate silvopastures: a meta-analysis. *Agroforest. Syst.*, 94, 1741–1758. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00494-6>

Pumariño, L., Sileshi, G. W., Gripenberg, S., et al. (2015). Effects of agroforestry on pest, disease and weed control: A meta-analysis. *Basic and Applied Ecology*, 16(7), 573–582. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2015.08.006>

Schievano, A., Rubeaud, C., Köthke, M., et al. (2025). Potential of temperate agroforestry systems to deliver ecosystem services: an evidence map, EGU sphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2025-4619>

Sereke, F., Graves, A. R., Dux, D., et al. (2015). Innovative agroecosystem goods and services: key profitability drivers in Swiss agroforestry. *Agron. Sustain. Dev.*, 35, 759–770. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0261-2>

Shi, L. L., Feng, W. T., Kuzyakov, Y., y Xu, J. (2018). Agroforestry systems: Meta-analysis of soil carbon stocks, sequestration processes, and future potentials. *Land Degradation and Development*, 29(11), 3886–3897. <https://doi.org/10.1002/ldr.3136>

Smith, L. G., Westaway, S., Mullender, S., et al. (2022). Assessing the multidimensional elements of sustainability in European agroforestry systems. *Agricultural Systems*, 197, 103357. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103357>

Staton, T., Breeze, T. D., Walters, R. J., et al. (2022). Productivity, biodiversity trade-offs, and farm income in an agroforestry versus an arable system. *Ecological Economics*, 191, 107214. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107214>

Torralba, M., Fagerholm, N., Burgess, P. J., et al. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 230, 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>

Van Vooren, L., Reubens, B., Broekx, S., et al. (2017). Ecosystem service delivery of agri-environment measures: A synthesis for hedgerows and grass strips on arable land. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 244, 32–51. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.04.015>

Otra bibliografía de interés para el diseño y la gestión de sistemas silvoarables, especialmente, para el componente leñoso:

Cisneros, O., Martínez, V., Montero, G., *et al.* (2009). Plantaciones de frondosas en Castilla y León. Cuaderno de campo. Junta de Castilla y León y FAFCyLE. <https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100Detalle/1284827599400/Publicacion/1284204028958/Redaccion>

Coello, J., Becquey, J., Gonin, P., *et al.* (2013). Frondosas productoras de madera de calidad: ecología y silvicultura de especies para el ámbito pirenaico y regiones limítrofes. Centro de la Propiedad Forestal, Departamento de Medio Ambiente y Vivienda, Generalitat de Catalunya. Santa Perpètua de Mogoda. 60 p. <http://pirinoble.ctfc.cat/docs/LIBRO%20FRONDOSAS%20CASTELLANO.pdf>

Coello, J., y Piqué, M. (2016). Acondicionadores y cubiertas del suelo para una plantación de árboles más eficiente y sostenible – Guía técnica. Centro Tecnológico Forestal de Cataluña, Solsona. 60 p. http://www.sustaffor.eu/docs/Guia_tecnica_Acondicionadores+acolchados_Coello-Pique_2016_Sustaffor.pdf

Pemán, J., Navarro Cerrillo, R. M., Prada, M. A., Serrada, R. (coord). 2021. Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-restauracion.html>

Van Lerberghe, P. (2014). Proteger los árboles contra los daños de la fauna cinegética - Los protectores de malla. CNPF-IDF, Paris. 35 p. https://pirinoble.ctfc.cat/docs/es/Eje%20B/Pirinoble_Guia_Protectores_Malla_Van-Lerberghe_2014_Completa.pdf

Van Lerberghe, P., Balleux, P. (2001). Reforestación de tierras agrícolas. Guía Técnica. Institut pour le Développement Forestier. 128 p.

Este manual forma parte de las publicaciones técnicas elaboradas en el marco del proyecto LIFE AgroForAdapt: Sistemas agroforestales para la adaptación al cambio climático de espacios agrícolas y forestales mediterráneos (2021-2026 - <https://agroforadapt.eu>). El objetivo del proyecto es promover los sistemas agroforestales como herramienta de adaptación al cambio climático y de mejora de la viabilidad económica y ambiental del sector agrícola, ganadero y forestal en el Mediterráneo. En el proyecto se define sistema agroforestal como 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. Al menos un 5% de la superficie del sistema está ocupado por las copas de la vegetación leñosa cuando esta alcanza su pleno desarrollo, y al menos un tercio de la superficie está ocupado por el componente agrícola y/o ganadero.

En particular, el presente manual se centra en mostrar la diversidad, los fundamentos y los criterios para concebir y gestionar sistemas silvoarables, es decir, la combinación de vegetación leñosa con sistemas agrícolas. Está concebido como un documento técnico-divulgativo destinado a profesionales y personal técnico y gestor de fincas, así como a responsables de políticas agrarias y ambientales.

Socios del proyecto Life Agroforadapt



Entidades co-financiadoras del proyecto



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.



Cofinanciado por
la Unión Europea