Los sistemas silvoarables modernos en España

Modern silvoarable systems in Spain

Coello, J.^{1*}, Urbán, I.², Mosquera-Losada, M.R.³

¹*Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC).*

Ctra vella Sant Llorenç de Morunys km 2; 25280 Solsona, Lleida

²*Bosques Naturales, S.A. Av. De la Vega 1, 28108, Alcobendas, Madrid*

³*Departamento de Producción Vegetal. Universidad de Santiago de Compostela. Campus de Lugo. 27002 Lugo*

*Autor para correspondencia: jaime.coello@ctfc.es

Resumen

La presencia de vegetación leñosa en el interior y en los márgenes de terrenos agrícolas era relativamente común en España hasta el desarrollo de la mecanización de las tareas agrícolas a partir de mediados del siglo XX. El proceso de simplificación de los ecosistemas en entornos agrícolas y la separación efectiva de zonas forestales y zonas agrícolas continuó durante las siguientes décadas, marcadas por una política enfocada a maximizar la superficie de los terrenos de cultivo. Sin embargo, en los últimos años se está constatando el interés productivo y ambiental (servicios ecosistémicos) de recuperar el componente leñoso en el entorno de terrenos de cultivo, sin comprometer la mecanización de la gestión agrícola y evitando o mitigando gran parte de los problemas vinculados a los monocultivos. A nivel europeo, y particularmente en Francia, existe un creciente número de experiencias que permiten conocer los condicionantes y ventajas de los sistemas combinados de producción forestal y agrícola, conocidos como sistemas silvoarables. En España, estos sistemas se han empleado de forma tradicional en la dehesa, pero son muy escasos en otras zonas, debido al desconocimiento y a la falta de políticas específicas de apoyo. Las incipientes experiencias silvoarables instaladas en los últimos años tienen como componente forestal más habitual las frondosas productoras de madera de calidad. Se presenta en este trabajo un resumen de las principales experiencias silvoarables realizadas en nuestro país, así como algunas oportunidades para su fomento.

Abstract

The presence of woody vegetation inside and on the margins of agricultural fields was relatively common in Spain until the development of the mechanization of agricultural tasks from the middle of the 20th century. The process of simplifying in agricultural ecosystems and the segregation of forest areas and agricultural areas continued during the following decades, supported by a policy focused on maximizing the continuity of the cultivated areas. However, in recent years there is a body of evidence of the productive and environmental interest (ecosystem services) of recovering the woody component in the environment of cultivated land, without compromising the mechanization of agricultural ecosystems management and avoiding or mitigating a large part of the problems associated to monocultures. At European level, and particularly in France, there is a growing number of experiences that allow to know the technical requirements and advantages of the systems combined tree and agricultural production, known as silvoarable or alley cropping systems. In Spain, these systems have been used traditionally in the dehesa, but they are very scarce in other areas, due to the lack of knowledge and of specific support policies. The incipient silvoarable experiences established in recent years have valuable broadleaved species as the prevalent tree component. This paper presents a summary of the main silvoarable experiences established in our country, as well as some opportunities for their promotion.

Palabras clave: agroforestal, madera de calidad, nogal

Keywords: agroforestry, quality wood, walnut

1. Sistemas agroforestales y silvoarables

El proyecto AGFORWARD define las prácticas agroforestales como una “práctica cultural consistente en integrar vegetación leñosa (árboles o arbustos) en sistemas productivos agrícolas o ganaderos con el objetivo de obtener beneficios resultantes de las interacciones ecológicas y económicas”. Esta definición fue adaptada por Mosquera-Losada *et al.* (2016) para el ámbito político como “la integración de vegetación leñosa (árboles y arbustos como primer componente) en al menos dos estratos verticales en el mismo territorio, en el que el estrato inferior proporciona un producto agrícola en forma de cultivo o forraje/pasto (segundo componente) que podría ser consumido o no por animales (tercer componente). Mosquera-Losada *et al.* (2009) describieron las seis principales prácticas agroforestales existentes en Europa: cultivos forestales, márgenes riparios, barbecho mejorado, árboles multipropósito, silvopastoral y silvoarable. Esta comunicación se centra en este último tipo de práctica, definido por los mismos autores como “árboles en baja densidad intercalados con cultivos agrícolas anuales o perennes; los árboles pueden estar en hileras, márgenes o aparecer dispersos en el campo”.

2. Los sistemas silvoarables tradicionales en España

Desde la Antigüedad los árboles han sido parte de la mayoría de paisajes y agro-sistemas rurales de Europa occidental (Dupraz *et al.*, 2005). Los árboles y arbustos existentes en los márgenes de los campos se aprovechaban para producir fruta (manzanas, peras, ciruelas), madera y leña, además de servir para evitar la erosión.

A partir del primer tercio del siglo XX, la mecanización agrícola y el crecimiento demográfico hicieron necesario disponer de terrenos cada vez más amplios, libres de obstáculos que dificultaran las maniobras, por lo que una gran parte de estos márgenes y árboles aislados fueron suprimidos. Además, la evolución cultural y política (incluyendo la organización administrativa) llevó a una segregación de los sistemas forestales y agrícolas (Dupraz and Liagre, 2008), quedando estos últimos concentrados en zonas llanas, en terrenos cada vez más amplios y homogéneos, sujetos a una gestión crecientemente intensiva basada en monocultivos. La Política Agraria Común (PAC) de la Unión Europea fomentó desde sus inicios la intensificación de la producción agrícola, la concentración parcelaria y la especialización de los productores para que se centraran en su actividad principal, penalizando la presencia de árboles en los campos en la política de ayudas (Moreno, 2002; Mosquera-Losada *et al.*, 2016).

Como consecuencia de estos procesos, los árboles y los setos desaparecieron progresivamente de la mayoría de paisajes agrícolas, y con ellos los servicios ecosistémicos y socioeconómicos que proporcionaban. Por ejemplo, solo en Cataluña casi la mitad de la longitud de setos desapareció entre 1957 y 1981 (de Miguel *et al.*, 2000). Un análisis comparativo de diferentes censos agrarios (Eichhorn *et*

al., 2006) mostró cómo la superficie ocupada por cultivos anuales combinados con frutales y olivos se redujo en España entre 1962 y 1999 un 97% y 94%, respectivamente. En la actualidad la única combinación silvoarable relevante en cuanto a superficie es la dehesa. De los 3.6 Mha que ocupa este sistema (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2008) aún se cultiva cerca del 30% (Moreno, 2002). También existían en 1999 (Eichhorn *et al.*, 2006) casi 50 000 ha de olivos combinados con viñedo o cereal y unas 13 000 ha de *pomaradas* (manzanos y otros frutales en el interior o perímetro de terrenos agrícolas o de pasto en la cornisa cantábrica) y una superficie no determinada de frutales (nogal y frutales de hueso, principalmente) presentes en huertos y pequeños campos (den Herder *et al.*, 2015).

3. Los sistemas silvoarables modernos

3.1. *¿Por qué hay un interés renovado en combinar árboles y agricultura?*

Los sistemas de producción agrícola intensiva han comenzado a mostrar en las últimas décadas una serie de problemas ambientales asociados: pérdida de fertilidad y materia orgánica, empeoramiento de la estructura del suelo, erosión, salinización, contaminación mineral y orgánica ligada al uso masivo de agroquímicos y pérdida de biodiversidad, eutrofización de acuíferos y aguas superficiales por lixiviación, entre otros síntomas (Moreno, 2004; Reisner *et al.*, 2007; Tóth *et al.*, 2008). Como resultado, el paradigma agrícola y la PAC han comenzado a ampliar su enfoque hacia el fomento de una agricultura multifuncional (Izac and Sánchez, 2001) e integradora (Mosquera-Losada *et al.*, 2016), abriendo la puerta al desarrollo de sistemas altamente productivos pero con un impacto ambiental inferior. Una línea de trabajo de interés creciente son las prácticas agroforestales (incluyendo las silvoarables), citadas explícitamente y manera creciente en las principales normas europeas agrícolas, forestales y de desarrollo rural (Mosquera-Losada *et al.*, 2016).

3.2. *El fundamento: las interacciones en las prácticas silvoarables modernas*

Las prácticas silvoarables modernas buscan conseguir un aprovechamiento más eficiente de los recursos disponibles (luz, agua, suelo, fertilizante) en el tiempo y en el espacio, en comparación con las prácticas agrícolas basadas en el monocultivo:

- En el tiempo: una práctica silvoarable está activa durante un período más amplio que cada una de sus componentes a nivel individual. Por ejemplo, la combinación de cereal de invierno (activo de octubre a junio-julio) con árboles de hoja caduca (activo de abril-mayo a noviembre) aprovecha los recursos no almacenables (luz) o de almacenamiento limitado (agua y nutrientes) durante todo el año.

- En el espacio: los sistemas radical y aéreo de los árboles y el cultivo se distribuyen en el suelo en estratos de diferente profundidad si están gestionados adecuadamente (*Fig. 1*), lo que permite al conjunto del sistema aprovechar más eficazmente los recursos disponibles (agua y suelo) y permiten captar una mayor cantidad de luz que si solo hubiera una de las componentes.

Figura 1. Disposición de los sistemas radical y aéreo de árboles y cultivo en un sistema silvoarable con árboles adultos (Fuente: Dupraz and Liagre, 2008).

La disposición de los diferentes órganos de los árboles y el cultivo en el espacio define la intensidad y el sentido de las interacciones (positivas: procesos de facilitación; negativas: procesos de competencia) entre los dos componentes del sistema, así como sus implicaciones a nivel productivo y ambiental. La *Tab. 1* muestra las principales interacciones e implicaciones positivas y negativas de una práctica silvoarable, en comparación con una exclusivamente agrícola o forestal, así como los principales efectos ambientales y sociales.

3.3. Efectos a nivel productivo

Las prácticas silvoarables adecuadamente diseñadas y gestionadas son más productivas que los sistemas puros agrícolas o forestales (Graves *et al.*, 2005; Jose, 2009), gracias al predominio de las interacciones positivas. El incremento de productividad se expresa en Relación de Superficie Equivalente (RSE o LER, *Land*

Tabla 1. Interacciones e implicaciones positivas y negativas para cada componente de un sistema silvoarable considerando un nivel adecuado de recursos, en comparación con un sistema puro, y principales efectos ambientales y sociales de los sistemas silvoarables (adaptado de Rigueiro *et al.*, 2009; Coello *et al.*, 2015).

	Interacciones / implicaciones positivas	Interacciones / implicaciones negativas
ÁRBOLES (comparado con forestación)	<ul style="list-style-type: none"> — Sistema radical más profundo — Aprovechamiento lixiviados — Temporalmente sin competencia (cultivos anuales) — Posible fertilización añadida (cultivos leguminosos) — Adelanto de rentas 	<ul style="list-style-type: none"> — Competencia por el agua (cultivo activo) — Posibles daños durante la mecanización — Necesidad de tratar la vegetación no deseada en la hilera de árboles
CULTIVO (comparado con agricultura pura)	<ul style="list-style-type: none"> — Cortavientos (menor evapotranspiración) — Microclima más húmedo — Temperaturas extremas suavizadas — Posible fertilización nitrogenada en el suelo (árboles leguminosos) — Fertilización por depósito de materia orgánica: hojas, frutos, ramillos — Bombeo de agua y nutrientes desde capas profundas del suelo, favoreciendo su reutilización — Refugio fauna auxiliar (carábidos, murciélagos, aves) predadora de plagas — Diversificación de rentas 	<ul style="list-style-type: none"> — Mecanización más cuidadosa — Competencia por la luz (mitigable en función de la fenología, diseño y tipo de combinación y por una adecuada gestión forestal)
EFFECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES (comparado con agricultura pura)	<ul style="list-style-type: none"> — Filtrado lixiviados y mejora de la eficiencia agrícola del ciclo de N — Agroecosistemas más biodiversos, resilientes y conectados — Suelo: menor erosión y compactación; más materia orgánica, mejor estructura — Mayor almacenamiento de C a corto, medio y largo plazo — Mejora de la estética del paisaje y del potencial del ecoturismo — Mejora de la percepción social del agricultor 	

Equivalent Ratio), que indica la producción relativa (tanto por uno) de un sistema mixto respecto a los sistemas puros. Por ejemplo, en una experiencia de cereal con chopo (125 árboles ha⁻¹) se obtuvo, considerando toda la rotación del componente forestal, una producción total (cereal + madera) por hectárea equivalente a la que se habría obtenido en 0.53 ha de uso agrícola puro más la obtenida en 0.81 ha de chopera (Dupraz and Liagre, 2008). La RSE resultante es, por tanto, 1.34, es decir, que la productividad global del sistema se incrementa en un 34%.

Las cifras de RSE manejadas habitualmente para prácticas silvoarables de la zona templada con una densidad inicial de 50 a 100 árboles ha⁻¹ suelen ir de 1.3 a 1.5 (Graves *et al.*, 2007; Dupraz and Liagre, 2008, Colomb, 2009), sin que se haya observado ningún caso de RSE inferior a 1 (Dupraz *et al.*, 2005). Además del in-

cremento productivo, estos sistemas dan lugar a una rentabilidad económica mayor y a una diversificación de las rentas, lo que incrementa la resiliencia de los sistemas agrícolas (Herzog, 1998; Sereke, 2012).

3.4. *Condicionantes de diseño*

Este tipo de prácticas se instala habitualmente en terrenos dedicados previamente a la producción agrícola, preferentemente de grandes dimensiones, forma regular y suelo profundo. El diseño de un sistema silvoarable se realiza considerando la gestión a lo largo de toda la rotación forestal. El diseño define el sentido e intensidad de las interacciones y condiciona la gestión de ambos componentes. Los principales factores de decisión son:

3.4.1. *Especie/s y variedades*

La componente arbórea debe estar bien adaptada al medio y generar una alta rentabilidad, para cubrir el alto coste de oportunidad del terreno. Las especies más habituales son las frondosas productoras de madera de calidad (nogal, cerezo, serbal, fresno, etc) o bien especies que generan rentas periódicas (productoras de frutos o semillas comestibles, árboles micorrizados con hongos comestibles, etc).

En la componente agrícola lo más habitual durante los primeros años del sistema mixto, en los cuales la interacción es nula o mínima, es continuar con las especies y variedades empleadas antes de la instalación de los árboles. A medida que los árboles crecen se puede valorar emplear variedades agrícolas adaptadas a las microcondiciones existentes bajo los árboles (Pardini *et al.*, 2010), más sombreadas y húmedas.

3.4.2. *Disposición de los árboles*

Para no condicionar la mecanización agrícola, lo más habitual es disponer los árboles en líneas espaciadas dentro del campo o bien en líneas perimetrales. La orientación de las hileras condiciona el grado de sombreado del suelo, minimizado si se las líneas de plantación se orientan en dirección norte-sur. La distancia entre líneas se elige en función de la anchura de los aperos empleados (evitando tener que hacer maniobras o pasadas adicionales) y de la proporción de superficie que se quiera mantener sin interacción. Por ejemplo, las frondosas productoras de madera de calidad alcanzan un diámetro de copa al final del turno de unos 10-12 m, por lo que una distancia entre filas de 18-22 m permite mantener la mitad de la superficie del suelo sin sombra durante toda la rotación arbolada. Por último, la densidad de árboles en la línea de plantación condiciona la inversión inicial y de mantenimiento (podas, claras).

3.5. *Implicaciones para la gestión*

En términos generales, la gestión de los dos componentes de un sistema silvoarable se efectúa de manera independiente, aunque deben realizarse algunos ajus-

tes para minimizar las interacciones negativas:

- Respetar un margen de al menos 50 cm entre la línea de árboles y el cultivo, para evitar posibles daños durante la realización de labores agrícolas.
- Controlar la vegetación no deseada en la línea de árboles, tanto para reducir el efecto negativo que ejercen sobre éstos como para evitar que puedan convertirse en bancos de semillas de especies altamente competitivas con el cultivo.
- Con cultivos anuales, conviene realizar el mantenimiento de los árboles (desbroces, podas, tratamientos fitosanitarios) cuando el cultivo no está presente, para facilitar el acceso.
- Si se han plantado los árboles en una densidad superior a la final, y es por tanto necesario aplicar claras, éstas se ejecutan de manera temprana y dinámica para minimizar la superficie de cultivo que queda bajo la sombra.

4. El marco normativo de los sistemas silvoarables

4.1. Historia reciente de los sistemas silvoarables y la PAC

Durante las primeras décadas de la PAC la presencia de árboles en el medio agrícola era penalizada, al sustraerse de la superficie elegible para recibir subvenciones. Como consecuencia, se arrancaron miles de árboles (Rois *et al.*, 2016). La presencia del arbolado en sistemas agrícolas se comenzó a valorar positivamente desde el año 2003, a través de los Criterios de Condicionalidad desarrollados por las “Buenas Condiciones Agrarias y Medioambientales de la Tierra” o BCAM. En ellas se establecía la necesidad de conservar características del paisaje agrario, incluyendo los setos, los árboles en línea, en grupos, aislados, en lindes y terrazas. Estos árboles serían elegibles (no se descontaría de la subvención la superficie que éstos ocupan) aunque en la mayoría de regiones se limitó la densidad a un máximo de 50 árboles ha⁻¹ en la PAC 2007-2013, lo que provocó que esta medida no fuera eficiente para proteger muchos de los árboles presentes en el medio agrícola (Mosquera *et al.*, 2015; Court of Auditors, 2016). El principal motivo de la falta de eficacia de la BCAM en cuanto a la protección de elementos leñosos estriba en la dificultad que poseen los países para inventariar y controlar estos elementos. También se creó la medida 222 del Reglamento 1698/2005 para promover la instalación de estos sistemas, aunque tan solo fue activada en cinco países (Pisanelli *et al.*, 2014). Pese a su impacto limitado estos cambios normativos supusieron un primer paso en el reconocimiento del interés social y ambiental de estos sistemas y de la necesidad de promoverlos.

El actual período de programación (2014-2020) constituye un paso más en la evolución histórica de la PAC con la consideración creciente de aspectos ambientales y de sostenibilidad.

4.2. Los sistemas silvoarables en la PAC actual: Pagos directos y elegibilidad (Pilar I)

El primer condicionante al que se enfrentan los sistemas silvoarables modernos para poder recibir ayudas directas (financiadas íntegramente por la Comisión Europea) es la necesidad de mantener la catalogación del terreno como “superficie elegible”, una vez que se posee el “derecho de pago” en vigor. Con la normativa actual, en España las superficies arables que incluyan árboles dispersos son elegibles mientras la densidad sea inferior a 100 árboles ha⁻¹ en el momento en que éstos superan 4 m de diámetro de copa (Reglamentos Delegados 639 y 640/2014) y 5 m de altura. En otras palabras, es posible realizar plantaciones a una densidad mayor, siempre que ésta se reduzca mediante claras a 100 árboles ha⁻¹, cuando éstos alcancen las dimensiones indicadas. Esta limitación de densidad no afecta a frutales ni a árboles que produzcan alimento para el ganado.

4.3. Los sistemas silvoarables en la PAC actual: Pagos por prácticas beneficiosas para el clima y el medio ambiente - “greening” o verdeo (Pilar I)

Aquellas superficies agrícolas elegibles (ver apartado anterior) de más de 15 ha pueden recibir un 30% adicional de pago directo, siempre y cuando cumplan con los requisitos de “greening” o verdeo. Para ello, se debe destinar al menos un 5% de la superficie arable a Superficies de Interés Ecológico (SIE). De la lista de 19 SIEs propuesta por la UE, España ha activado 4, entre las cuales se incluyen las superficies agroforestales y por tanto los sistemas silvoarables. Sin embargo, estos fondos solo se aplican a terrenos que hayan recibido ayudas en el marco del Pilar II (medida 8.2 del Programa de Desarrollo Rural - PDR, ver apartado siguiente) en las Comunidades Autónomas que hayan activado esta medida en su PDR. Por tanto, para poder recibir una ayuda de verdeo vinculada a las prácticas agroforestales es necesario:

- (a) Que el terreno reciba pagos directos (es decir, que siga siendo “elegible”).
- (b) Que la Comunidad Autónoma haya activado la medida 8.2 en su PDR.
- (c) Que la práctica agroforestal haya sido registrada por el agricultor y reconocida como actividad susceptible de ser escogida en el marco del verdeo.

4.4 Los sistemas silvoarables en la PAC actual: Programas de Desarrollo Rural (Pilar II)

En España el Pilar II se organiza a través de dieciocho PDR, uno a escala nacional y diecisiete a escala autonómica, aprobados a finales de 2015. Como se menciona en el apartado anterior, el Reglamento 1305/2013 que regula los PDR contempla una medida específica (8.2) para fomentar la implantación de sistemas agroforestales (Tab. 2).

Tabla 2. Implantación de sistemas agroforestales en el Reglamento 1305/2013.**Artículo 23***Implantación de sistemas agroforestales*

1. La ayuda en virtud del artículo 21, apartado 1, letra b), se concederá a los titulares de tierras privados y a municipios y a sus asociaciones, y abarcará los costes de implantación y una prima anual por hectárea que cubra los costes de mantenimiento durante un período máximo de cinco años.
2. A efectos del presente artículo se entiende por sistemas agroforestales los sistemas de utilización de las tierras que combinan el mantenimiento de árboles con la agricultura en las mismas tierras. Los Estados miembros determinarán el número mínimo y máximo de árboles por hectárea atendiendo a las condiciones edafoclimáticas y medioambientales locales, las especies forestales y la necesidad de garantizar la utilización agrícola sostenible de las tierras.
3. La ayuda se limitará al porcentaje máximo establecido en el Anexo II.

Anexo II

80% del importe de las inversiones subvencionables para la implantación de sistemas agroforestales.

Actualmente, la medida 8.2 está activada en 6 comunidades autónomas: Andalucía, Asturias, Extremadura, Galicia, País Vasco, Comunidad Valenciana (Lawson *et al.*, 2016). Cada comunidad autónoma establece los esquemas de plantación elegibles y la intensidad de la ayuda asociada al establecimiento y mantenimiento posterior del arbolado.

5. Inventario de sistemas silvoarables modernos en España

Pese a los notables beneficios mencionados de los sistemas silvoarables modernos, tanto productivos como ambientales y sociales, su implantación en España es aún muy limitada. Algunos de los principales factores, relacionados entre sí, que explican esta reducida utilización de los sistemas silvoarables modernos son la falta de una política de promoción, el desconocimiento generalizado de su potencial y de cómo abordar su gestión (Buttoud, 2013).

Se muestra a continuación una recopilación de sistemas silvoarables modernos instalados en los últimos años en España, realizada a través de consultas a miembros del GT de Sistemas Agroforestales de la SECF y de la Asociación Agroforestal Española (AGFE). Se han seleccionado los sistemas de superficie superior a 1 ha de los cuales se dispone de suficiente información respecto a las condiciones del medio y al diseño. No se han incluido en esta compilación los sistemas silvoarables o agroforestales “tradicionales” mostrados en el Apartado 2 (dehesas con aprovechamiento agrícola, olivos o frutales combinados con uso agrícola).

Los sistemas recopilados se han organizado en base a la siguiente clasificación (Tab. 3):

Tabla 3. Clasificación de los sistemas silvoarables modernos analizados.

Criterio	Tipo de práctica
Duración de la combinación	<u>Permanente</u> : está previsto que la combinación se prolongue durante todo el turno forestal; se suelen emplear densidades iniciales bajas. <u>Temporal</u> : la combinación se limita a los primeros años o décadas del turno forestal, con el objetivo de aprovechar el espacio disponible entre los árboles de una plantación joven para adelantar las primeras rentas, pero en la parte final del turno forestal no se realiza otra producción <u>Flexible</u> : en función de la evolución del sistema se decidirá si se mantiene en el futuro el componente forestal, el agrícola o ambos. Este sistema suele incluir árboles frutales entre sus componentes.
Componente agrícola	<u>Anual</u> : el cultivo se repone anualmente (ej: cereal de invierno, maíz, colza...). <u>Permanente</u> : el cultivo se aprovecha durante varios años sin tener que reponerlo (ej: especies forrajeras, plantas aromáticas y medicinales...). <u>Plurianual o rotación de cultivos</u> : se emplean diferentes cultivos a lo largo del tiempo, incluyendo leguminosas.
Componente leñoso	<u>Frutal</u> : tanto árboles como arbustos. <u>Maderera</u> : árboles productores de madera de calidad o de crecimiento rápido. Otros productos forestales: producción de corcho, forraje, etc.

5.1. *Sistemas silvoarables permanentes con cultivo anual*

La *Tab. 4* muestra la relación y principales características de los sistemas silvoarables permanentes con cultivo anual, mientras que *Fig. 2* y *Fig. 3* muestran algunos ejemplos.

Tabla 4. Ejemplos de sistemas silvoarables permanentes con cultivo anual y producción maderera en España.

Localización	Els Prats de Rei (Barcelona)	Soto de Cerrato (Palencia)	Puig-Reig (Barcelona)	Gàver (Lleida)
Año de plantación	2010	2013	2014	2017
Superficie (ha)	5.0	2.2	2.0	2.3
Altitud media (m)	600	720	470	610
Temperatura media (°C)	12.8	12.3	12.7	13.0
Precipitación media (mm)	684	438	675	557
Textura suelo	Franco limosa	Franco arcillosa	Franca	n.d
Riego/técnicas contra sequía	No	Riego y WaterBoxx	No	Riego localizado enterrado

Localización	Els Prats de Rei (Barcelona)	Soto de Cerrato (Palencia)	Puig-Reig (Barcelona)	Gàver (Lleida)
Componente agrícola	Cereal	Cereal	Cereal	Leguminosas anuales o cereal
Componente forestal	Nogal híbrido y fresno	Cerezo, serbal, nogal, pistacho, almendro	Nogal híbrido y fresno	Peral, fresno, nogal híbrido
Marco de plantación (m)	5x19	4x28	4x18	20x5
Crecimiento medio diametral (mm año ⁻¹) / altura (cm año ⁻¹)	Nogal 6.0 / 45 Fresno 8.4 / 85	n.d	Nogal 8.9 / 47 Fresno 6.0 / 49	Nogal n.d./14 Fresno n.d./14 Peral n.d./51
Producción agrícola anual	2000-4000 kg ha ⁻¹	n.d	2000-4000 kg ha ⁻¹	n.d.

nd: no existen datos

Figura 2. Els Prats de Rei, Sistema silvoarable permanente con cultivo anual (*Autor:* Ramon Bosch).

Figura 3. Fresno en un sistema silvoarable en Soto de Cerrato (*Autor:* Fermín Garrido).

5.2. Sistemas silvoarables de marco temporal flexible con cultivo plurianual

La Tab. 5 muestra la relación y principales características de los sistemas silvoarables de marco temporal flexible con cultivo plurianual, mientras que Fig. 4 y Fig. 5 muestran algunos ejemplos.

Tabla 5. Ejemplos de sistemas silvoarables permanentes con cultivo anual y producción maderera en España.

Localización	Ontinar de Salz (Zaragoza)	Caldes de Montbui (Barcelona)	Sagàs (Barcelona)	Viladrau (Girona)	Gàver (Lleida)
Año de plantación	2006	2008	2012	2014	2017
Superficie (ha)	4.0	1.0	1.5	1.0	4.3
Altitud media (m)	280	205	695	885	610
Temperatura media (°C)	13.4	15.5	11.5	10.8	13.0
Precipitación media (mm)	372	633	780	1038	557
Textura suelo	n.d	Franca	Franca	Franco arenosa	n.d
Riego /técnicas contra sequía	A manta	Goteo	No	No	Riego localizado enterrado
Componente agrícola	Avellano	Avellano	Salvia	Forraje	Pasto
Componente forestal	Nogal híbrido	Nogal híbrido y fresno	Nogal híbrido	Nogal híbrido y fresno	Nogal común e híbrido, avellano
Marco de plantación (m)	7x1.5x4	6x1.5x4.5	6x7	11x4/11x2.5	18x5
Crecimiento medio diametral (mm año ⁻¹) / altura (cm año ⁻¹)	20/n.d	10/n.d	10.9/54	Nogal 2.1/20 Fresno 3.0/15	Nog híbrido: n.d./26 Nog común: n.d./20
Producción agrícola anual	500 kg ha ⁻¹	500 kg ha ⁻¹	Biomasa seca salvia 94 g planta ⁻¹	400 kg ha ⁻¹ forraje siega 150 kg ha ⁻¹ diente	n.d.

Figura 4. Detalle de acompañamiento en el crecimiento de avellano con nogal en Caldes de Montbui (Autor: Antoni Vilanova).

Figura 5. Vista general del sistema de nogal y salvia instalado en Sagàs (Autor: AGS-CTFC).

5.3. Sistemas silvoarables temporales con cultivo anual

La Tab. 6 muestra la relación y principales características de los sistemas silvoarables temporales con cultivo anual, mientras que Fig. 6 y Fig. 7 muestran algunos ejemplos.

Tabla 6. Ejemplos de sistemas silvoarables temporales con cultivo anual y producción maderera en España.

Localización	Landete (Cuenca)	Arzúa (A Coruña)
Año de plantación	2004	2004
Superficie (ha)	24.0	4.0
Altitud media (m)	1100	430
Temperatura media (°C)	12.3	13.0
Precipitación media (mm)	675	1270
Textura suelo	Franco arcillosa	Franca
Riego/técnicas contra sequía	Goteo	No
Componente agrícola	Trigo	Maíz
Componente forestal	Nogal y cerezo	Nogal híbrido y cerezo
Marco de plantación (m)	5x5	6x4x12
Crecimiento medio diametral (mm año ⁻¹) / altura (cm año ⁻¹)	8/30	20/120
Producción agrícola anual	750-3500 kg ha ⁻¹	32-40 Tn ha ⁻¹ forraje fresco

Figura 6. Cereal bajo sombra de nogal en Toledo (Autor: Carlos A. Homar).

Figura 6. Cereal bajo sombra de nogal en Toledo (*Autor:* Carlos A. Homar).

5.4. Otros sistemas silvoarables modernos

Otros sistemas silvoarables relevantes, aunque se instalan generalmente en parcelas de pequeñas dimensiones y durante poco tiempo, son los cultivos agrícolas u hortícolas establecidos entre líneas de árboles de una plantación forestal, durante los primeros años. Estos sistemas permiten aprovechar el espacio disponible entre los árboles jóvenes antes de que se dé el cierre de copas. Se trata de sistemas de producción a muy pequeña escala. Destacan dos modalidades:

- Cultivos intercalares en choperas jóvenes, durante los 1-3 primeros años. Esta práctica es especialmente frecuente en las cuencas del Duero y del Ebro. Los principales cultivos realizados son cereales, hortícolas y pastos. En caso de emplear especies leguminosas, se consigue incrementar la fertilidad del suelo, lo cual es beneficioso para la producción forestal.
- Cultivos intercalares de plantas aromáticas y medicinales en plantaciones forestales: estos sistemas, muy incipientes pero con interés potencial, buscan aprovechar el sombreado moderado y temporal para conseguir un producto de

gran valor añadido en cuanto a la concentración aceites esenciales y propiedades organolépticas.

6. Consideraciones finales

- Los prometedores resultados productivos y ambientales obtenidos por las prácticas silvoarables modernas en áreas templadas sugieren un interés y potencial notable en nuestro país. Este interés contrasta con la escasa adopción de estos sistemas hasta ahora, debida principalmente a la falta de una normativa favorable, así como por el desconocimiento generalizado del potencial de estos sistemas.
- La nueva formulación de la PAC abre la puerta, aunque de manera incipiente, a la promoción de estos sistemas en el marco de ayudas de los Pilares I y II, si bien el desarrollo estatal y autonómico de las líneas de ayuda determinarán su efectividad y alcance. Es por tanto imperante que se promueva un impulso normativo favorable a estos sistemas, en el marco de diferentes iniciativas ambientales y de cambio climático.
- Existe una serie de oportunidades crecientes para la promoción de estos sistemas en los próximos años:
 - El número incipiente de sistemas instalados en los últimos años en nuestro país, y especialmente en otros países europeos, en particular, en Francia. Este tipo de experiencias, frecuentemente ligadas a proyectos de investigación o de demostración, debe servir de base para avanzar en el conocimiento a nivel funcional, productivo y económico de estos sistemas, y facilitar su divulgación y su aclimatación a nuestras condiciones.
 - Existe un número creciente de grupos de trabajo y de investigación de estos sistemas, así como organizaciones de estos colectivos como por ejemplo el GT de Sistemas Agroforestales de la SECF, la Asociación Agroforestal Española (AGFE), la Federación Agroforestal Europea (EURAF), así como asociaciones nacionales de otros países. Como resultado, se espera un incremento notable del conocimiento de estos sistemas y de su visibilidad para los gestores y creadores de políticas agrícolas y forestales.
 - La creciente concienciación social respecto a aspectos relacionados con la sostenibilidad, el medio ambiente y lucha contra el cambio climático pueden promover la adopción de sistemas productivos que fomenten una mayor provisión de servicios ecosistémicos frente a los sistemas intensivos actuales.

- Existencia de líneas de financiación que podrían permitir coordinar las actividades de diferentes grupos transversales de trabajo a nivel nacional, como por ejemplo el recientemente aprobado grupo focal agroforestal de la Asociación Europea para la Innovación (EIP-Agri), los Grupos Operativos Regionales y transregionales financiados a través del Pilar II de la PAC.
- Entre las líneas de investigación y desarrollo a explorar, a nivel local, regional y nacional destacan:
- Estudios de productividad y rentabilidad.
 - Estudios del impacto ambiental global (biodiversidad, agua, suelo, carbono) de los sistemas silvoarables Optimización del diseño y la gestión: desarrollo de combinaciones particularmente eficientes y de variedades especialmente adaptadas a estos sistemas: árboles de brotación tardía, cultivos tolerantes a la sombra, etc.
- Algunas de las áreas geográficas en las que este tipo de prácticas agroforestales pueden tener un mayor impacto positivo a nivel productivo y ambiental son las zonas de claro predominio agrícola como por ejemplo las grandes estepas cerealistas de ambas mesetas, así como las zonas designadas como Vulnerables a nitratos.

7. Agradecimientos

Proyectos “*Transferència de resultats de la xarxa de parcel·les experimentals de plantacions forestals i agroforestals del CTFC. Planifolis productors de fusta de qualitat i pi pinyer*” (2017-2019) y “*Sistemes agroforestals a Catalunya: innovació d’esquemes productius per a la diversificació de rendes – Experiència Pilot a Sagàs i Lluçà*” (2011-2016), financiados por el Departament d’Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya y desarrollados por el CTFC.

8. Bibliografía

- Buttoud, G., 2013. Advancing agroforestry on the policy agenda. <http://www.fao.org/3/a-i3182e.pdf> Accessed. 26 October 2017.
- Coello, J., Baiges, T., Cervera, T., Alcoverro, F., 2015. Plantacions agroforestals de noguera i freixe amb cultius herbacis. Un sistema productiu innovador amb interès ambiental. In: Tusell, J.M., Vericat, P. (eds.), *XXXII Jornades Tècniques Silvícoles* Emili Garolera. Consorci Forestal de Catalunya. Santa Coloma de Farners, pp. 60-71.

- Colomb, V., 2009. *Potential for agroforestry alley-cropping with valuable broadleaves in Central Catalonia*. Tesis de Máster. Universitat de Lleida.
- Court of Auditors, 2016. Cross-compliance: Commission cannot ensure system is effective, warn EU Auditors. http://www.eca.europa.eu/Lists/News/NEWS1610_27/INSR_CROSS_COMPLIANCE_EN.pdf Accessed. 26 October 2017.
- Dupraz, C., Burgess, P., Gavaland, A., Graves, A., Herzog, F., Incoll, L., Jackson, N., Keesman, K., Lawson, G., Lecomte, I., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Palma, J., Papanastasis, V.P., Paris, P., Pilbeam, D., Reisner, Y., van der Werf, W., 2005. *Synthesis of the Silvoarable Agroforestry For Europe project*. INRA-UMR System Editions, Montpellier.
- Dupraz, C., Liagre, F., 2008. *Agroforesterie: des arbres et des cultures*. France Agricole Editions, Paris.
- Eichhorn, M.P., Paris, P., Herzog, F., Incoll, L.D., Liagre, F., Mantzanas, K., Mayus, M., Moreno, G., Papanastasis, V.P., Pilbeam, D.J., Pisanelli, A., Dupraz, C., 2006. Silvoarable systems in Europe – Past, present and future prospects. *Agroforest. Syst.* 67, 29-50. <https://doi.org/10.1007/s10457-005-1111-7>
- Graves, A.R., Burgess, P.J., Palma, J., Herzog, F., Moreno, G., Bertomeu, M., Dupraz, C., Liagre, F., Koffeman, A., van den Briel, J., 2005. Deliverable 7.3 Report on plot economics of European silvoarable systems and Deliverable 8.2 Economic feasibility of silvoarable agroforestry in target regions report. SAFE project. <http://www1.montpellier.inra.fr/safe/english/results/final-report/D7-3%208-2.pdf> Accessed. 20 June 2016.
- Graves, A.R., Burgess, P.J., Palma, J.H.N., Herzog, F., Moreno, G., Bertomeu, M., Dupraz, C., Liagre, F., Keesman, K., van der Werf, W., de Nooy, A.K., van den Briel, J.P., 2007. Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. *Ecol. Eng.* 29, 434–449. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.09.018>
- Herder den, M., Burgess, P.J., Mosquera-Losada, M.R., Herzog, F., Hartel, T., Upson, M., Viholainen, I., Rosati, A., 2015. Preliminary stratification and quantification of agroforestry in Europe. Milestone Report 1.1 for EU FP7 AGFORWARD Research Project (613520). <http://www.agforward.eu/index.php/en/preliminary-stratification-and-quantification-of-agroforestry-in-europe.html> Accessed. 27 June 2016.
- Herzog, F., 1998. Streuobst: a traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe. *Agroforest. Syst.* 42, 61-80. <https://doi.org/10.1023/A:1006152127824>
- Izac, A.M.N., Sánchez, P.A., 2001. Towards a natural resource management paradigm for international agriculture: the example of agroforestry research. *Agr. Syst.* 69(1-2), 5-25. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00015-4)
- Jose, S., 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforest. Syst.* 76, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Lawson, G., Balaguer, F., Palma, J.H.N., Papanastasis, V., 2016. Options for agroforestry in the CAP 2014-2020. https://euraf.isa.utl.pt/files/pub/docs/policyupdates_1_lawson.pdf Accessed. 26 October 2017.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2008. *Diagnóstico de las Dehesas Ibéricas Mediterráneas, Tomo I*. Madrid.
- Miguel de, E., Pointereau, P., Steiner, C., 2000. *Los árboles en el espacio agrario. Importancia*

- tancia hidrológica y ecológica*. Banco Santander Central Hispano. Madrid.
- Moreno, G., 2002. Spain. In: Paris, P. (ed). Extant Silvoarable Practices in Europe, Report. www1.montpellier.inra.fr/safe/english/results/annual_report/Extant-SA-parctices-in-Europe.pdf Accessed. 20 June 2016.
- Moreno, G., 2004. El árbol en el medio agrícola. *Foresta* 27 (3), 170-176.
- Mosquera-Losada, M.R., McAdam, J., Romero-Franco, R., Santiago-Freijanes, J.J., Rigueiro-Rodríguez, A., 2009. Definitions and components of agroforestry practices in Europe. In: Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., Mosquera-Losada, M. (eds) *Agroforestry in Europe: current status and future prospects*. Springer Science + Business Media B.V. Dordrecht, pp. 3-19.
- Mosquera-Losada, M.R., Moreno, G., Santiago-Freijanes, J.J., Ferreiro-Domínguez, N., 2015. Sistemas Agroforestales y PAC. *Ambienta* 112, 110-124.
- Mosquera-Losada, M.R., Santiago-Freijanes, J.J., Pisanelli, A., Rois, M., Smith, J., den Herder, M., Moreno, G., Malignier, N., Ruiz-Mirazo, J., Lamersdorf, N., Ferreiro-Domínguez, N., Balaguer, F., Pantera, A., Rigueiro-Rodríguez, A., González-Hernández, P., Fernández-Lorenzo, J.L., Romero-Franco, R., Chalmin, A., García de Jalón, S., Garnett, K., Graves, A., Burgess, P.J., 2016. Extent and Success of current policy measures to promote agroforestry across Europe. <https://www.agforward.eu/index.php/en/extent-and-success-of-current-policy-measures-to-promote-agroforestry-across-europe.html> Accessed. 26 October 2017.
- Pardini, A., Mori, S., Rigueiro-Rodríguez, A., Mosquera-Losada, M.R. 2010. Efecto del arbolado en la producción de pasto y trigo *Triticum aestivum* L. ecológicos en la Maremma Toscana, Italia central. *Pastos* 40, 211-223.
- Pisanelli, A., Marandola, D., Marongiu, S., Paris, P., Rosati, A., Romano, R., 2014. The role of development policy in supporting agroforestry systems in EU. Actas de la 2a Conferencia EURAF, Cottbus (Alemania) 4-6 Junio 2014.
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F., Palma, J., 2007. Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecol. Eng.* 29, 401-418. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.09.020>
- Rigueiro-Rodríguez, A., Fernández-Núñez, E., González-Hernández, P., McAdam J.H., Mosquera-Losada, M.R., 2009. Agroforestry systems in Europe: productive, ecological and social perspective. In: Rigueiro-Rodríguez, A.R., McAdam, J., Mosquera-Losada, M.R. (eds.). *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects*. Springer, pp. 43-65. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8272-6>
- Rois, M., Lovric, N., Lovric, M., den Herder, M., Graves, A., Pisanelli, A., Mosquera-Losada, M., Ferreiro-Rodríguez, N., García De Jalón, S., Vityi, A., Varga, A., Burgess, P.J., 2016. Environmental and socio-economic framework conditions of agroforestry in different regions in Europe. <https://www.agforward.eu/index.php/de/environmental-and-socio-economic-framework-conditions-of-agroforestry-in-different-regions-in-europe.html> Accessed. 26 October 2017.
- Sereke, F., 2012. *Transdisciplinary development of agroforestry systems*. Tesis Doctoral. ETH Zurich.
- Tóth, G., Montanarella, L., Rusco, E., 2008. Threats to Soil Quality in Europe. JRC Scientific and technical report. https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/EUR23438.pdf Accessed. 27 June 2016.