

DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓN Y ASESORAMIENTO EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO

N99 | LOS SISTEMAS AGROFORESTALES

P03 Los sistemas agroforestales modernos: ¿qué son y cuál es su fundamento? **P06** Evaluación técnica, ambiental y económica de los sistemas silvoarables **P10** Evaluación técnica, ambiental y económica de los sistemas silvopastorales **P13** ¿Los sistemas agroforestales tienen cabida en Cataluña? **P18** Marco normativo y de ayudas **P19** El desarrollo de los sistemas agroforestales en Francia durante los últimos 20 años **P21** Casos de estudio: sistemas agroforestales modernos piloto **P28** La Entrevista

Junio 2019



Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació
<http://agricultura.gencat.cat>



PRESENTACIÓN



Oriol Ansón Fradera

Director General de Desarrollo Rural
Departamento de Agricultura, Ganadería,
Pesca y Alimentación

Hay una evidencia cada vez más contrastada del interés de los sistemas agroforestales como alternativa productiva en condiciones templadas. La bibliografía disponible muestra un amplio consenso sobre las ventajas de estos sistemas a nivel productivo-económico (mayor producción acumulada y rentabilidad), ambiental (biodiversidad, protección de aguas y suelos) y social (valor patrimonial y estético, sentimiento de propiedad), siempre que estén bien planificados y gestionados. Como resultado, particularmente donde la normativa es favorable a estos sistemas, hay un número creciente de experiencias productivas y experimentales-demostrativas.

En el caso de Cataluña, el desarrollo de estos sistemas permitiría ayudar a mitigar algunos de los principales impactos

negativos de los agrosistemas modernos, como son la contaminación por nitratos, la erosión, la pérdida de carbono y materia orgánica edáfica y la fragmentación y disfuncionalidad de hábitats. Las principales barreras actuales para la promoción de estos sistemas son sociales (desconocimiento de su potencial por parte de gestores y técnicos) y normativas (falta de activación de las medidas específicas de apoyo contempladas en la normativa comunitaria).

Para promover el desarrollo de estos sistemas hay que trabajar a diferentes niveles, empezando por la implantación de sistemas piloto con una doble función: por un lado, generar conocimiento, explorar sus resultados a nivel ambiental y productivo y desarrollar criterios de diseño y gestión adaptados a nuestras condiciones; por otro lado, estos sistemas piloto pueden servir de base para actividades formativas y de transferencia, que permitan a técnicos y gestores familiarizarse con su potencial y condiciones de gestión. La demanda social de sistemas productivos cada vez más sostenibles debería ayudar a garantizar la promoción de estos sistemas allá donde sus resultados globales ambientales y socio-económicos sean particularmente favorables.

Dossier Tècnic. N° 99
Los sistemas agroforestales.
Junio de 2019

Edición

Dirección General de Alimentación,
Calidad e Industrias Agroalimentarias.

Consejo de Redacción

Carmel Mòdol Bresolí, Jaume Sió Torres,
Joan Gòdia Tresanchez, Joaquim Xifra Triadú,
Neus Ferrete Gracia, Laura Dalmau Pol, Joan S.
Minguet Pla, Maria Josep de Ribot Porta,
Maria Glòria Cugat Pujol, Joan Barniol Garriga,
Rosa Cubel Muñoz, Valentí Marco Sanz,
Rosario Allué Puyuelo, Jordi Ruiz Olmo,
Enric Vadell Guiral, Antoni Enjuanes Puyol
e Isaac Salvatierra Pujol.

Coordinación y producción

Maria Josep de Ribot Porta, Imma Malet Prat,
Jaime Coello Gómez, Annabel Teixidó Martínez
y Ester Blanco Casellas.

Traducción

CTFC.

Corrección y asesoramiento lingüístico

Joan Ignasi Elias Cruz.
Lluís Piqueres Pla.

Grafismo y maquetación

Hands On.

Impresión

Romanyà Valls, S.A.

Depósito legal

B-16786-05.
ISSN: 1699-5465.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores. DOSSIER TÈCNIC no se identifica necesariamente con ellos. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando la fuente y el autor.

Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.
Gran Via de les Corts Catalanes, 612, 4ª planta 08007 - Barcelona
Tel. 93 304 67 45
e-mail: sia.daam@gencat.cat

Más recursos, enlaces y versión electrónica en la web de RuralCat:

<https://ruralcat.gencat.cat>

Foto portada:

Sistema agroforestal en Montant de Tost (Alt Urgell, Lleida). Cultivo de lavanda y encinas truferas.
Autora: Roser Cristóbal.



LOS SISTEMAS AGROFORESTALES MODERNOS: ¿QUÉ SON Y CUÁL ES SU FUNDAMENTO?



1956

2014



**Instituto
Geográfico
Nacional**

Figura 1. Evolución de un paisaje agrícola de 1956 a 2014. La práctica totalidad de la vegetación leñosa ha sido eliminada y ahora el paisaje es muy homogéneo. Fuente: IGN.

01 Definiciones

El proyecto H2020 AGFORWARD¹ define los **sistemas agroforestales** como la combinación deliberada de vegetación leñosa (árboles y/o arbustos) en sistemas productivos agrícolas o ganaderos con el objetivo de obtener beneficios resultantes de sus interacciones ecológicas y económicas. Las seis principales prácticas agroforestales en Europa son: sistemas silvoarables, sistemas silvopastorales, márgenes riparios (*riparian buffer strips*), cultivos bajo plantaciones forestales o bosques, barbechos mejorados y árboles multipropósito (Mosquera-Losada *et al.*, 2009). Este documento se centra en las dos primeras de estas prácticas, definiendo así en la misma publicación:

- Sistemas silvoarables: árboles en baja densidad intercalados con cultivos agrícolas anuales

o perennes; los árboles se pueden distribuir en hileras, márgenes o dispersos en el campo.

- Sistemas silvopastorales: combinación de árboles con producción forrajera o de animales. Incluye el pastoreo en terreno forestal (zona arbolada o de matorral) y los sistemas adhesados.

En Europa se han identificado 54 modalidades de prácticas silvoarables y silvopastorales (Palma *et al.*, 2015), lo que indica la gran diversidad de opciones disponibles para adaptar estos sistemas a diversos contextos ambientales y socioeconómicos.

02 Sistemas agroforestales tradicionales y modernos

Los árboles han formado parte de los paisajes

y agroecosistemas desde el nacimiento de la agricultura (Dupraz *et al.*, 2005). Las principales funciones de los árboles en el medio agrícola incluían la producción de madera, leña o frutos y la retención del suelo en terrazas y bancales. El siglo XX en Europa fue testigo del desarrollo de la agricultura mecanizada, un fuerte crecimiento demográfico, un mercado de productos agroganaderos cada vez más globalizado y una Política Agraria Común (PAC) que fomentó la intensificación de los sistemas productivos. Como resultado, el paisaje agrario se configuró en forma de campos cada vez más amplios y continuos, con la eliminación de gran parte de los márgenes arbolados: en Cataluña, más del 50% de la longitud de los márgenes desapareció sólo entre 1957 y 1981 (de Miguel *et al.*, 2000), mientras que en el conjunto del Estado la superficie de sistemas tradicionales que combinaban cultivos anua-

¹ AGFORWARD (AGroFORestry that Will Advance Rural Development) es un proyecto de investigación financiado por el 7º Programa Marco de la Unión Europea para la investigación y el desarrollo.

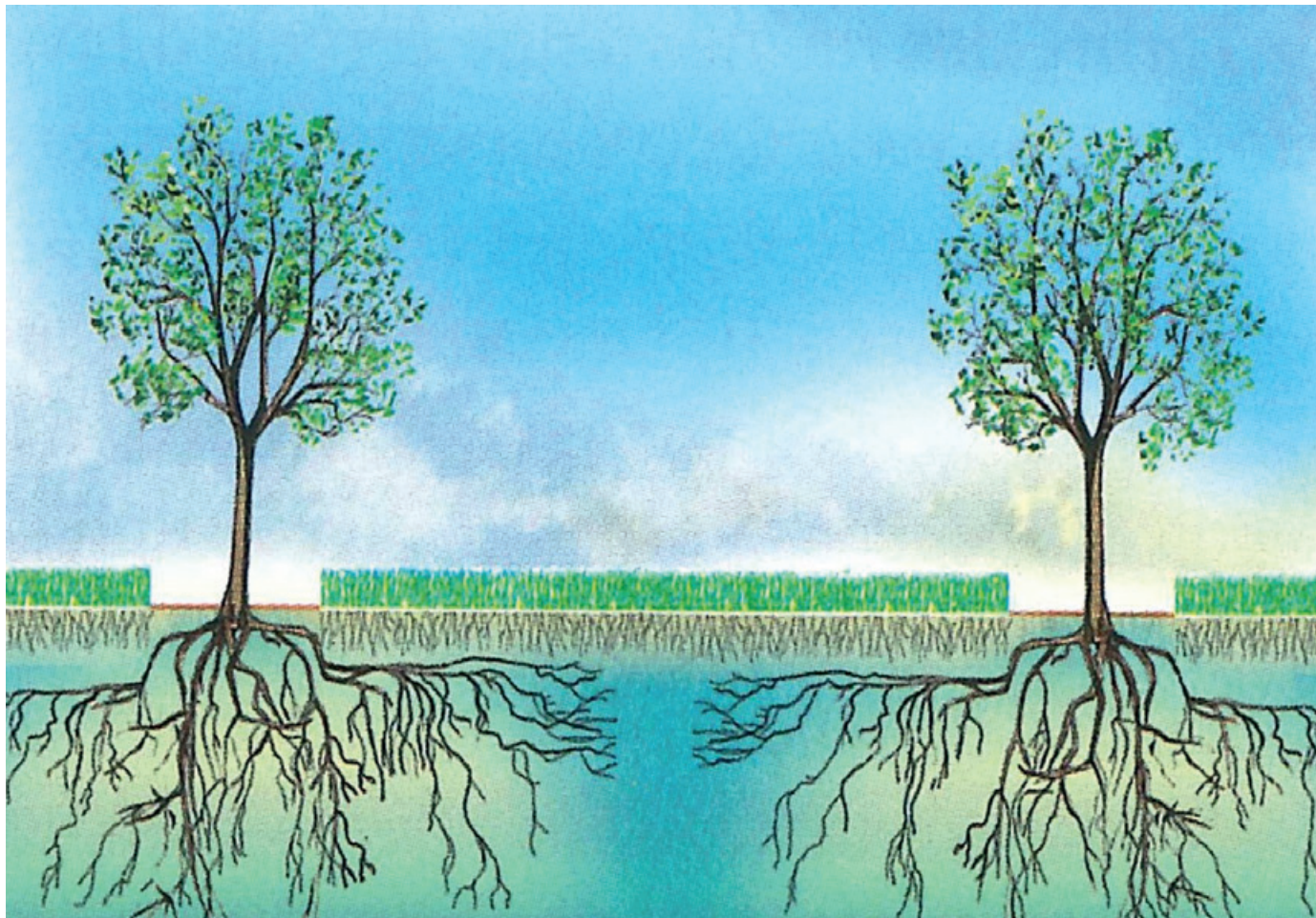


Figura 2. Esquema de un sistema silvoarable o silvopastoral: hay un solapamiento vertical entre los árboles y el cultivo/pasto a nivel aéreo (copa/hojas) y subterráneo (raíces). Este solapamiento permite incrementar el uso de los recursos disponibles en el medio: luz, agua y nutrientes. Adaptado de Dupraz y Liagre (2008).

les con frutales y olivos se redujo, respectivamente, el 97% y el 94% entre 1962 y 1999 (Eichhorn *et al.*, 2006). A escala de paisaje, se dieron dos fenómenos que condujeron a la disgregación de los sistemas agrícolas y forestales y a la homogeneización a gran escala (Van Zanten *et al.*, 2013): las llanuras y valles se destinaron a la producción agrícola mientras que en las áreas con relieve contrastado se abandonaron las explotaciones menos rentables y mecanizables, que fueron ocupadas por el bosque.

Este modelo productivo conlleva una serie de desequilibrios ambientales que pone en duda su sostenibilidad, debido a una serie de problemas asociados a la simplificación extrema de los agroecosistemas: pérdida de materia orgánica y

carbono del suelo, erosión, contaminación (mineral y orgánica) de suelos y aguas y pérdida de biodiversidad, entre otros (Moreno, 2004; Reisner *et al.*, 2007; Tóth *et al.*, 2008; Sarrias y Grau, 2009). En este marco, están proliferando iniciativas dirigidas a desarrollar agroecosistemas más sostenibles e integradores (Mosquera-Losada *et al.*, 2016) que hagan compatible la sostenibilidad económica y ambiental, entre las que los sistemas agroforestales modernos tienen una relevancia capital. En los últimos años, ha emergido una masa crítica de gestores e investigadores agroforestales en Europa, en un proceso que ha conducido al establecimiento de la Federación Agroforestal Europea (EURAF - <http://www.eurafagroforestry.eu>). En paralelo, las últimas formulaciones de la Política Agraria Común (PAC) ponen el foco de manera cada vez más intensa en el incremento de la sostenibilidad de las prácticas productivas, con un reconocimiento creciente de las oportunidades que ofrecen los sistemas agroforestales.

03 Fundamento de los sistemas agroforestales modernos

El objetivo principal de los sistemas silvoarables y silvopastorales es conseguir un aprovechamiento complementario y más eficiente

de los recursos (luz, agua, suelo, nutrientes) y también potenciar al máximo las interacciones positivas entre las diferentes producciones (Graves *et al.*, 2007; Jose, 2009). Hay un amplio consenso, construido sobre una base empírica, sobre el incremento de la productividad global de estos sistemas combinados en comparación con los puros (Cannell *et al.*, 1996; Dupraz *et al.*, 2005; Torralba *et al.*, 2016). El aprovechamiento complementario y más eficiente de los recursos se produce a dos niveles:

- En el espacio: los sistemas radical y aéreo de los árboles y el cultivo/pasto se distribuyen en diferentes estratos (figura 2), lo que permite aprovechar en conjunto un volumen mayor de recursos (Fernández *et al.*, 2008; Smith *et al.*, 2012).
- En el tiempo: se dispone de un periodo más largo en el que al menos uno de los componentes del sistema está activo. Es posible incluso conseguir una continuidad durante todo el año, por ejemplo, con cereal de invierno (activo de octubre/noviembre hasta junio/julio) combinado con árboles de hoja caduca (activos de mayo a octubre).



La compatibilización de la sostenibilidad económica y ambiental es uno de los principales retos de la agricultura moderna.

04 Requerimientos de las especies empleadas en sistemas agroforestales

Estos sistemas pueden combinar la vegetación leñosa con cualquier cultivo o tipo de ganado, siempre que se adapte la disposición de los elementos para potenciar al máximo las interacciones positivas.

Las especies arbóreas más empleadas en sistemas agroforestales son aquellas con un claro interés económico (sobre todo si ocupan espacios productivos) o ambiental. El interés económico se consigue con producciones regulares (árboles frutales y/o micorrizados con hongos de alto valor, biomasa con finalidad energética), o bien con productos generados a más largo plazo pero con un alto valor añadido (madera de máxima calidad). Otras características deseables de los árboles son la hoja caduca y la brotación tardía a fin de minimizar el periodo de sombreo, así como la versatilidad de su producción: fruta, madera, hongos, biomasa, ramaje con interés forrajero, etc.

05 Para saber más:

CANNELL, M. G. R., VAN NOORDWIJK, M., ONG, C. K. (1996). "The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire". *Agrofor. Syst.* 27–31.

DE MIGUEL, E., POINTEREAU, P., STEINER, C. (2000). "Los árboles en el espacio agrario. Importancia hidrológica y ecológica". Banco Santander Central Hispano. Madrid.

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, París.

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". *Agroforestry Systems* 67, 29-50.

FERNÁNDEZ-NÚÑEZ, E., RIGUEIRO-RODRÍ-

QUEZ, A., MOSQUERA-LOSADA, M. R. (2008). "Évaluation économique des systèmes silvo-pastoraux. Systèmes agroforestiers comme technique pour la gestion durable du territoire". Mosquera-Losada (Ed.). Universidad Santiago de Compostela. Campus de Lugo.

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.

JOSE, S. (2009). "Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview". *Agrofor. Syst.* 76, 1–10.

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., RIGUERO-RODRÍQUEZ, A. (2009). "Definitions and components of agroforestry practices in Europe". a: RIGUEIRO-RODRÍQUEZ, A., MCADAM, J., MOSQUERA-LOSADA, M. R. (eds.) "Agroforestry in Europe: current status and future prospects". Springer Science + Business Media B. V., Dordrecht, p. 3-19.

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-RODRÍQUEZ, 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>

PALMA, J. H. N., CROUS-DURAN, J., GRAVES, A., BURGESS, P. J. (2015). "Database of agroforestry system descriptions". 81 p.

REISNER, Y., DE FILIPPI, R., HERZOG, F., PALMA, J. (2007). "Target regions for silvoarable agroforestry in Europe". *Ecological Engineering* 29:401–418.

SARRIAS, J., GRAU, I. (2009). "Informe del sector agrari. Document de base per al debat de l'Estratègia per al desenvolupament sostenible



Los sistemas agroforestales permiten hacer un uso de los recursos disponibles (agua, luz, suelo) más eficiente en el espacio y el tiempo que la agricultura convencional.

de Catalunya". Generalitat de Catalunya.

SMITH, J., PEARCE, B. D., WOLFE, M. S. (2012). "Reconciling productivity with protection of the environment: is temperate agroforestry the answer?" *Renew. Agric. Food Syst.* 28, 80–92.

TÓTH, G., MONTANARELLA, L., RUSCO, E., (2008). "Threats to Soil Quality in Europe". JRC Scientific and technical report.

TORRALBA, M., FAGERHOLM, N., BURGESS, P. J., MORENO, G., PLIENINGER, T. (2016). "Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230: 150–161.

VAN ZANTEN, B. T., VERBURG, P. H., ESPINOSA, M., GÓMEZ, P. S., GALIMBERTI, G., KANTELHARDT, J., KAPFER, M., LEFEBVRE, M., MANRIQUE, R., PIORR, A., RAGGI, M., SCHALLER, L., TARGETTI, S., ZASADA, I., VIAGGI, D. (2013). "European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review". *Agron. Sustain. Dev.* 34, 309–325.

06 Autor



Jaime Coello Gómez
Ingeniero de Montes e Investigador
Programa de Gestión Forestal Multifuncional, CTFC.
jaime.coello@ctfc.cat

EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL Y ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS SILVOARABLES

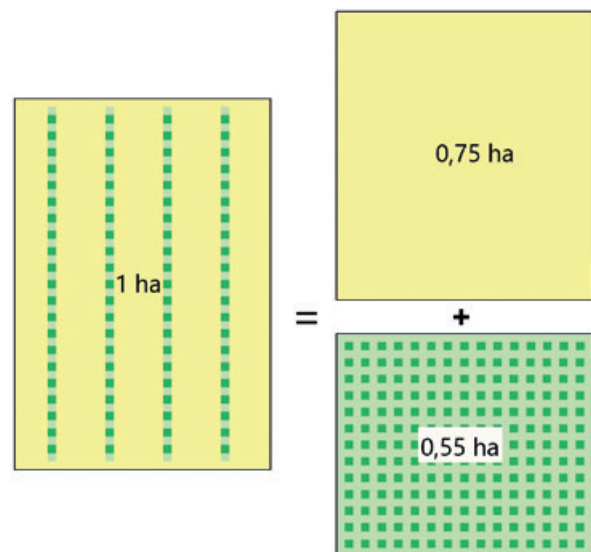


Figura 1. Representación de la Relación de Superficie Equivalente (RSE). La producción acumulada en 1 ha agroforestal equivale, a lo largo de la rotación de los árboles, a la producción de cultivo de 0,75 ha destinadas a agricultura pura más la producción de madera de 0,55 ha destinadas a uso forestal puro. La RSE resultante es, por tanto, de 1,3; es decir, un 30% superior a la productividad global de hacer las dos producciones por separado. Fuente de la imagen: Google Earth.

01 Introducción

Se presentan a continuación las principales ventajas e inconvenientes de los sistemas silvoarables en comparación con la producción agrícola sin componente arbolado. También se presentan sus principales condicionantes de viabilidad, diseño y gestión. Esta evaluación se basa principalmente en De Klein y Eckard (2008), Tsonkova *et al.* (2012), Coello *et al.* (2015) y Torralba *et al.* (2016).

02 Evaluación técnica

Existe un amplio consenso fundamentado en experiencias empíricas en que, bien diseñados y gestionados, estos sistemas tienen una productividad acumulada mayor que los sistemas puros. La productividad global de un sistema combinado se expresa mediante la Relación de Superficie Equivalente (RSE o *LER - Land Equivalent Ratio*; figura 1), que compara su producción con la de los sistemas puros por separado. Las RSE más habituales de sistemas silvoarables en zonas templadas varían entre 1,2 y 1,4 (Graves *et al.*, 2007; Dupraz y Liagre, 2008; Colomb, 2009).

Uno de los ensayos silvoarables modernos más conocidos en Europa es una combinación de cereal y nogal establecido por el INRA en Restinclières (Francia) en 1995. De acuerdo con los datos empíricos recogidos y con modelos de referencia, se espera una producción total por hectárea a lo largo de toda la rotación de los árboles equivalente a la producción de 0,85 ha de plantación forestal pura más la de 0,6 ha de cereal puro. La RSE resultante es 1,45, es decir, un 45% superior a desarrollar los sistemas por separado.

Estos buenos resultados productivos de los sistemas silvoarables se deben a la complementariedad de los componentes del sistema en el uso de los recursos, así como a la prevalencia de las interacciones positivas sobre las negativas entre los componentes.

Las principales interacciones positivas para el componente agrícola gracias a la presencia de árboles o arbustos son:

- Menor estrés hídrico y evapotranspiración (Freese *et al.*, 2010) debido a la reducción de la insolación, temperaturas extremas suavizadas en verano (Smith *et al.*, 2012) y efecto cortavientos.

- Fertilización por el aporte de materia orgánica: hojarasca, frutos, ramillos, corteza.

- Bombeo de agua (*hydraulic lift*; Burgess *et al.*, 2001) y nutrientes desde capas profundas del suelo y mejora de los ciclos de nutrientes (Chiffot *et al.*, 2005).

- Refugio de fauna auxiliar (murciélagos, aves, carábidos, sírfidos), que ayuda a restablecer una cadena trófica equilibrada y permite mantener un nivel controlado de poblaciones de plagas agrícolas (Eyre *et al.*, 2009; Pumariño *et al.*, 2015).

Por otra parte, las principales interacciones negativas para el componente agrícola son:

- Reducción de la productividad debido a la superficie no cultivada y al sombreado.

- Necesidad de hacer una mecanización más cuidadosa para no dañar los árboles.

- Necesidad de gestionar la vegetación espontánea instalada a lo largo de la hilera de árboles para evitar la creación de bancos de semillas de especies no deseadas, competidoras con el cultivo.

03 Evaluación ambiental y social

Los beneficios ambientales de los sistemas silvoarables están ampliamente demostrados y ayudan a mitigar muchos de los impactos negativos de la agricultura moderna. Las principales ventajas ambientales y sociales son:

- Mejora de la calidad del agua gracias al filtrado de lixiviados por las raíces, que interceptan hasta el 69% del nitrógeno y el 67% del fósforo (Van Vooren *et al.*, 2017) y al menor volumen de fertilizante aplicado (Di Nasso *et al.*, 2010).
- Mejora y protección del suelo: las raíces de los árboles y la superficie no cultivada durante décadas incrementan y estabilizan el carbono, la materia orgánica y los agregados del suelo. Las copas reducen hasta un 78% la erosividad del viento y la lluvia (Palma *et al.*, 2006), con una reducción de hasta el 91% en la pérdida de sedimentos (Van Vooren *et al.*, 2017).
- Secuestro de carbono: Palma *et al.* (2006) calcularon la fijación de unas 133 t de carbono por hectárea silvoarable a lo largo de 60 años.
- Agroecosistemas más resilientes, conectados y biodiversos (McAdam y McEvoy, 2009; Rollin *et al.*, 2013) gracias a las estructuras verticales estables y al suelo no perturbado. Incremento de la diversidad florística, fauna polinizadora y artrópodos (Öberg *et al.*, 2008; Woodcock *et al.*, 2010).
- Mejora de la percepción paisajística de los agrosistemas, tanto a nivel estético como funcional (FAO, 2017), y del agricultor como custodio del territorio (Malignier y Balaguer, 2017).

04 Evaluación económica de los sistemas silvoarables

04.01 Consideraciones previas

Los resultados económicos de un sistema silvoarable dependen en gran medida de la política de subvenciones aplicables. La tendencia de la PAC y del colectivo consumidor europeo va hacia una consideración creciente de los aspectos de sostenibilidad. Sin embargo, el apoyo económico a la implantación y el mantenimiento de estos sistemas en general, y en el caso de Cataluña en particular, es todavía muy incipiente. Los análisis económicos mostrados a continuación consideran, por lo tanto, la ausencia de políticas específicas de apoyo a estos sistemas, ya sean subvenciones directas o en forma de pago por servicios ecosistémicos, mercados de carbono, etc. Otro aspecto intrínseco de todos los sistemas agroforestales es la diversificación de rentas, la cual incrementa la resiliencia de las explotaciones ante las fluctuaciones climáticas y del mercado (Herzog, 1998; Sereke, 2012, Lafon *et al.*, 2015).

Dos de las principales dificultades para hacer la evaluación económica de estos sistemas son la gran diversidad de combinaciones que pueden ser planteadas y la falta de datos empíricos que incluyan toda la rotación arbolada, que se puede extender durante más de cuatro o cinco décadas. De esta manera, muchos de los trabajos publicados se basan en modelos de crecimiento y en simuladores econo-bio-físicos, entre los que destacan YieldSAFE (cálculo de la RSE para diferentes tipos de sistemas silvoarables) o FarmSAFE (evaluación económica de sistemas silvoarables a escala de parcela o explotación). Palma *et al.* (2007) proponen como solución



La productividad global de los sistemas agroforestales suele ser un 20-40% superior al de las producciones agrícola y forestal por separado.

hacer evaluaciones integrales de estos sistemas incluyendo una estimación económica del valor de indicadores como la erosión evitada, las toneladas de carbono secuestradas, el ahorro del coste de potabilización de agua gracias al filtrado de lixiviados, etc. Esta evaluación debería realizarse, por lo tanto, de acuerdo con metodologías de optimización multicriterio.

Se muestran a continuación las principales conclusiones de dos estudios publicados sobre los resultados económicos de diferentes sistemas silvoarables.

04.02 Evaluación económica de un sistema en Els Prats de Rei, Anoia (Barcelona)

Colomb (2009) analizó los resultados económicos de una combinación de cereal y nogal en gestión extensiva con los simuladores PlotSAFE y FarmSAFE. El marco de plantación fue de 20x5 m y se estimó un turno de 50 años, con una clara el año 10. A nivel productivo, la RSE calculada fue de 1,30 (0,68 agrícola + 0,62 forestal). La tabla 1 muestra los resultados económicos de este estudio.

04.03 Evaluación económica de un sistema tipo en Suiza

Kaeser *et al.* (2010) estudiaron la evolución del valor en capital de una combinación de cultivo y nogal para fruto o para madera con los simuladores PlotSAFE y FarmSAFE, en parcelas tipo en Suiza. La densidad de árboles fue de 70 por hectárea, obteniéndose una RSE de 1,30. La tabla 2 muestra los resultados económicos de este estudio.

	Escenario	Sistema agrícola	Sistema silvoarable		
			Componente agrícola	Componente forestal	Total silvoarable
Rentabilidad	VAN infinito (€/ha)	5.076	2.812	7.031	9.844
	VAE (€/ha/año)	203	112	281	384

Tabla 1. Resumen económico de un sistema silvoarable en Els Prats de Rei (Anoia, Barcelona). Fuente: Colomb (2019).

Año	Agrícola	Silvoarable con nogal para madera			Silvoarable con nogal para fruto		
	Cultivo	Componente agrícola	Componente forestal	Total silvoarable	Componente agrícola	Componente forestal	Total silvoarable
10	11.595	8.694	2.541	11.235	9.115	-15.189	-6.074
30	25.285	6.251	13.873	20.124	8.680	15.233	23.913
60	35.136	3.655	36.547	40.202	6.508	34.859	41.367

Tabla 2. Resumen económico (valor en francos suizos/ha) de un sistema silvoarable tipo en Suiza. Fuente: Kaeser *et al.* (2010).



Figura 2. Margen cortavientos en Japón. Autor: Jaime Coello.



Figura 3. Margen cortavientos en Marruecos. Autor: Jaime Coello.

05 Condicionantes de viabilidad, diseño y gestión de los sistemas silvoarables

Según Reisner *et al.* (2007), considerando sólo cinco especies arbóreas, el 40% de la superficie agraria europea sería susceptible de acoger sistemas silvoarables modernos. En Cataluña, los dos principales condicionantes son el tamaño y forma del terreno y la disponibilidad hídrica. Los terrenos ideales para introducir hileras de árboles son aquellos con una gran superficie continua, forma alargada y perímetro regular, para permitir hacer pasadas largas con la maquinaria. Si los árboles se disponen en el perímetro del terreno estos condicionantes no son tan relevantes. Por otro lado, si se emplean árboles para la producción de madera o fruto es necesaria una elevada disponibilidad hídrica, tanto de precipitación como de reserva de agua en el suelo, por lo que es necesario disponer de un suelo profundo. En todo caso, la elección de la especie arbórea debe hacerse con criterios conservadores, ya que una parte considerable del sistema radical de los árboles no podrá ocupar los horizontes superficiales, que estarán ocupados principalmente por la producción agrícola.

El diseño del sistema silvoarable tiene un efecto decisivo sobre sus resultados productivos, económicos y ambientales. El diseño se plantea considerando toda la rotación del sistema e incluye una selección cuidadosa de la especie arbórea (bien adaptada) y de su disposición (orientación y distancia entre hileras). La orientación ideal de las hileras es norte-sur para minimizar el

sombreado sobre el cultivo. La distancia entre hileras se elige según la anchura de la maquinaria agrícola utilizada (para evitar pasadas y maniobras adicionales) y el porcentaje de superficie que se quiera mantener sin sombra durante toda la rotación de los árboles. Por ejemplo, en combinaciones con cereal de invierno, las distancias más habituales entre hileras de árboles son 16-25 m, con las que se dejaría de cultivar un 4-5% de la superficie, correspondiente a una franja de cerca de 1 m de anchura siguiendo las hileras de árboles. La pérdida de superficie cultivada es aún menor en el caso de instalar la vegetación leñosa únicamente en los márgenes, y no dentro del campo. En todo caso, la densidad inicial de árboles en un sistema silvoarable puede ser de solamente 50-150 árboles/ha.

La gestión de los componentes de un sistema silvoarable se hace de manera independiente. Durante los primeros años, y durante un período más largo cuanto más espaciadas estén las hileras, la interacción entre los componentes es nula. A medida que los árboles se desarrollan, el sombreado puede hacer necesario priorizar las especies o variedades agrícolas más adaptadas a las micro-condiciones existentes bajo los árboles (Pardini *et al.*, 2010). Por ejemplo, en el caso de las plantas aromáticas combinadas con árboles, se puede plantear emplear durante los primeros ciclos especies termófilas y leñosas (tomillo, romero, salvia) y más adelante especies más herbáceas con mayor requerimiento hídrico (azahar o menta). También es habitual avanzar las podas y klareos de los árboles para reducir el sombreado causado sobre el cultivo.

06 Para saber más

BURGESS, S. S. O., ADAMS, M. A., TURNER, N. C., WHITE, D. A., ONG, C. K. (2001). "Tree roots: conduits for deep recharge of soil water". *Oecologia* 126:158-165.

CHIFFLOT, V., BERTONI, G., CABANETTES, A., GAVALAND, A. (2005). "Beneficial effects of intercropping on the growth and nitrogen status of zoung wild cherry and hybrid walnut trees". *Agrofor. Syst.* 66, 13-21.

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.

COLOMB, V. (2009). "Potential for agroforestry alley-cropping with valuable broadleaves in Central Catalonia". Tesis de Máster. Universitat de Lleida.

DE KLEIN, C. A. M., ECKARD, R. J. (2008). "Targeted technologies for nitrous oxide abatement from animal agriculture". *Aust. J. Exp. Agric.* 48, 14–20.

DI NASSO, N. N. O., GUIDI, W., RAGAGLINI, G., TOZZINI, C., BONARI, E. (2010). "Biomass production and energy balance of a 12-year-old short-rotation coppice poplar stand under different cutting cycles". *Glob Chang Biol Bioenergy* 2:89–97.

DUPRAZ, C., LIAGRE, F. (2008). "Agroforesterie: des arbres et des cultures". France Agricole Editions, París.

EYRE, M. D., LABANOWSKA-BURY, D., AVAYANOS, J. G., WHITE, R., LEIFERT, C. (2009). "Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in an intensively managed vegetable crop landscape in eastern England". *Agric Ecosyst Environ* 131:340–346.

FAO (2017). Agroforestería para la restauración del paisaje - Explorando el potencial de la agroforestería para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de los paisajes degradados.

FREESE, D., BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A., SCHNEIDER, B. U., HÜTTL, R. F. (2010). "Agroforst – flächenschonende Alternative für die Energieholzproduktion". *Neue Landwirtschaft* 9:76–78.

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.

HERZOG, F. (1998). *Streuobst: a traditional agroforestry system as a model for agroforestry development in temperate Europe*. *Agroforestry Systems* 42, 61–80.

KAESER, A., SEREKE, F., DUX, D., HERZOG, F. (2010). "Agroforesterie moderne en Suisse. Vergers novateurs: productivité et rentabilité". Rapport ART 725. Ed. Station de recherche Agroscope Reckenholz-Tänikon.



Con una adecuada planificación, los sistemas silvoarables son más rentables a medio plazo que la agricultura convencional.

LAFON, A., BACHEVILLIER, Y., CADILLON, A. (2015). "Panorama et dynamique de développement de l'agroforesterie". Cadillon, A. (ed.). *L'Agroforesterie en France: panorama*. AlterAgri, mai-juin 2015.

MALIGNIER, N., BALAGUER, F. (2017). Current extent and trends of agroforestry in France. 10 pp.

MCADAM, J. H., MCEVOY (2009). "The potential for silvopastoralism to enhance biodiversity on grassland farms in Ireland". In: Rigueiro-Rodríguez, A., McAdam, J., Mosquera-Losada, M. R. (eds.), *Agroforestry in Europe Current Status and Future Prospects*, 343–356. Springer Science + Business Media B. V., Dordrecht.

ÖBERG, S., MAYR, S., DAUBER, J. (2008). "Landscape effects on recolonisation patterns of spiders in arable fields". *Agric Ecosyst Environ* 123:211–218.

PALMA, J. H. N., GRAVES, A. R., BUNCE, R. G. H., BURGESS, P. J., DE FILIPPI, R. (2006). "Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 119: 320 – 334.

PALMA, J. H. N., GRAVES, A. R., BURGESS, P. J., KEESMAN, K. J., VAN KEULEN, H., MAYUS, M., REISNER, Y., HERZOG, F. (2007). "Methodological approach for the assessment of environmental effects of agroforestry at the landscape scale". *Ecol Eng* 29:450–462.

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.

PUMARIÑO, L., SILESHI, G. W., GRIPENBERG, S., KAARTINEN, R., BARRIOS, E., MUCHANE, M. N., MIDEGA, C., JOHNSON, M. (2015). "Effects of agroforestry on pest, disease and weed control: a meta-analysis". *Basic Appl. Ecol.*

REISNER, Y., DE FILIPPI, R., HERZOG, F., PALMA, J. (2007). "Target regions for silvoarable agroforestry in Europe". *Ecological Engineering* 29:401–418.

ROLLIN, O., BRETAGNOLLE, V., DECOURTYE, A., APTEL, J., MICHEL, N., VAISSIÈRE, B. E., HENRY, M. 2013. "Differences of floral resource use between honey bees and wild bees in an intensive farming system". *Agric. Ecosyst. Environ.* 179, 78–86.



Bien diseñados, los sistemas silvoarables permiten que las interacciones positivas entre los árboles y la producción agrícola prevalezcan sobre las negativas.

SEREKE, F. (2012). "Transdisciplinary development of agroforestry systems". Tesis Doctoral. ETH Zurich.

SMITH, J., PEARCE, B. D., WOLFE, M. S. (2012). "Reconciling productivity with protection of the environment: is temperate agroforestry the answer?" *Renew. Agric. Food Syst.* 28, 80–92.

TORRALBA, M., FAGERHOLM, N., BURGESS, P. J., MORENO, G., PLIENINGER, T. (2016). "Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230: 150–161.

TSONKOVA, P., BÖHM, C., QUINKENSTEIN, A., FREESE, D. (2012). "Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: A review". *Agroforestry Systems* 85 (1): 133–152.

VAN VOOREN, L., REUBENS, B., BROEKX, S., DE FRENNE, P., NELISSEN, V., PARDON, P., VERHEYEN, K. (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.

WOODCOCK, B. A., REDHEAD, J., VANBERGEN, A. J., HULMES, L., HULMES, S., PEYTON, J., NOWAKOWSKI, M., PYWELL, R. F., HEARD, M. S. (2010). "Impact of habitat type and landscape structure on biomass, species richness and functional diversity of ground beetles". *Agric Ecosyst Environ* 139:181–186.

07 Autores



Jaime Coello Gómez
Ingeniero de Montes e Investigador
Programa de Gestión Forestal Multifuncional, CTFC.
jaime.coello@ctfc.cat



Eva Moré Palos
Ingeniera Agrónoma
Plantas aromáticas y medicinales, CTFC.
eva.more@ctfc.cat

EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL Y ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORALES



Figura 1. Sistema silvopastoral. Autor: Marc Taüll.

01 Introducción

Se presentan a continuación las principales ventajas y desventajas de los sistemas silvopastorales en comparación con el mantenimiento de bosques sin pastar y con un uso pastoral puro. También se presentan los principales condicionantes de viabilidad, diseño y gestión.

Los dos tipos principales de sistemas silvopastorales en nuestras condiciones son:

- Pasto bajo cubierta arbolada densa: los animales consumen a diente los elementos comestibles: hierba, matorral, frutos y follaje.
- Dehesas: la densidad de árboles es baja (inferior al 60% de la superficie) y presentan copas muy desarrolladas. Esta estructura se consigue aclarando un bosque más denso (fomentando la llegada de luz al suelo y la producción del pasto) o bien añadiendo árboles a un terreno dedicado previamente a un uso pastoral puro.

02 Evaluación técnica

Al igual que los silvoarables, los sistemas silvopastorales bien diseñados tienen una produc-

tividad global más elevada ($RSE > 1$) que los sistemas puros, gracias a un uso más eficiente de los recursos y a la prevalencia de las interacciones positivas sobre las negativas. En comparación con el pasto no arbolado, las principales interacciones positivas para la producción animal gracias a la presencia de árboles o arbustos son:

- Mejora del microclima para el pasto: reducción de la evapotranspiración (menos insolación y efecto desecante del viento), regulación de temperaturas extremas.
- Mejora del bienestar animal: los árboles ofrecen refugio del sol, el viento y el granizo.
- Los árboles generan materia orgánica (hojarasca, frutos, ramillos, corteza) que puede ser beneficiosa para el pasto y un complemento alimentario de interés para los animales. En este sentido, las especies del género *Quercus* y el castaño, entre otros, generan frutos de alto valor nutritivo a partir de mediados de otoño, lo que puede ser muy beneficioso en una época en la que la producción de hierba de calidad suele ser baja. Otra especie interesante es el fresno, cuyas hojas y ramillos tienen un gran interés como complemento alimentario durante el verano.

- La presencia de árboles puede favorecer la polinización (Rois *et al.*, 2016).

- Bombeo de agua y nutrientes desde capas profundas del suelo y mejora de los ciclos de nutrientes.

Además, los árboles se benefician de la presencia de los animales gracias a la fertilización aportada por éstos.

Por otra parte, la presencia de árboles implica interacciones negativas para el pasto:

- En zonas de clima húmedo, donde la disponibilidad de agua en el suelo no es un factor limitante, la producción de hierba se puede reducir hasta un 30% debido a la presencia de árboles (Taüll *et al.*, 2012). En cambio, en zonas de clima mediterráneo la presencia de árboles en densidad baja o moderada no afecta a la producción del pasto, que se podría ver incluso incrementada, como se ha visto en el suroeste ibérico (Moreno *et al.*, 2007; Gea *et al.*, 2009).

- Las labores mecanizadas de mantenimiento y aprovechamiento del pasto pueden tener una ligera reducción del rendimiento por la presencia de los árboles.



La presencia de árboles en un terreno de pasto mejora el bienestar animal y permite incrementar y diversificar las rentas.

Por último, el pastoreo en bosque, desde un punto de vista nutritivo, tiene las siguientes características:

- Alto contenido en minerales, siempre que haya un consumo variado de matorral y hierba.
- Contenido proteico intermedio entre la paja y el forraje.
- Contenido energético similar al de la paja, y por tanto mucho menor que el de los forrajes.

Según el sistema de producción animal empleado y el estado fisiológico del ganado, la alimentación en el bosque puede no ser suficiente para garantizar las necesidades nutritivas de los animales. Por ejemplo, para el ganado en producción (gestación, cría o lactación), el alimento del bosque no es suficiente, mientras que para animales en mantenimiento sí puede servir para alcanzar los requerimientos diarios.

03 Evaluación ambiental y social

Los sistemas silvopastorales presentan ventajas ambientales notables en comparación con los pastos sin componente arbolado:

- Mejora de la calidad del agua, gracias al filtrado de las deyecciones por las raíces de los árboles (Nair y Graetz, 2004)
- Mejora y protección del suelo, con una menor erosividad del viento y la lluvia (de Aguiar *et al.*, 2010)
- Ecosistemas más resilientes, conectados y biodiversos, con mayor valor paisajístico y capacidad para fijar carbono a largo plazo.

En comparación con el bosque no pastado, las principales ventajas ambientales y sociales de los sistemas silvopastorales son:

- Prevención de incendios: la acción de los animales permite reducir significativamente el combustible forestal de baja altura, pudiéndose romper su continuidad vertical y por tanto disminuir la vulnerabilidad estructural del bosque ante incendios forestales. Esta situación es consecuencia del doble efecto del consumo y del pisoteo de la vegetación. Para conseguir el mismo efecto con tratamientos mecánicos o con quemas prescritas el coste es superior en la mayoría de casos. Casals *et al.* (2009) estimaron en entre 40 y 70 €/ha/año el coste de pastorear zonas de bosque para prevención de incendios, en concepto de infraestructuras, coste de la alimentación complementaria a aportar, desplazamientos y vigilancia.
- Mejora de la transitabilidad, lo que facilita otras actividades de aprovechamiento y ocio.
- Diversificación de espacios, con la creación de claros que rompen la continuidad horizontal del bosque.

Por otra parte, el hecho de integrar animales en el bosque conlleva inconvenientes ambientales a tener en cuenta, sobre todo posibles problemas de regeneración y daños en árboles jóvenes.

04 Evaluación económica de los sistemas silvopastorales

04.01 Consideraciones previas

Las consideraciones previas de la evaluación económica de los sistemas silvopastorales son análogas a las de los sistemas silvoarables. En el caso de convertir bosques no pastoreados en sistemas silvopastorales la diversificación de rentas es particularmente relevante, ya que se incrementan a nivel cuantitativo y se aumenta su frecuencia.

El software más avanzado para hacer simulaciones económicas de sistemas silvopastorales en nuestras condiciones es ForageSAFE (García de Jalón *et al.*, 2018). Se muestran a continuación las principales conclusiones de dos estudios publicados sobre los resultados económicos de diferentes sistemas silvopastorales.



Los sistemas silvopastorales permiten reducir notablemente algunos de los impactos negativos de la ganadería extensiva sobre el suelo y el agua (compactación, erosión, polución por deyecciones).

	Cobertura de árboles										
	0% (pasto)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Margen bruto	124	129	183	181	179	177	175	173	159	118	70
Margen neto	25	27	37	33	29	24	20	16	1	-43	-93

Tabla 1. Resultados económicos (rentabilidad en €/ha/año) de diferentes coberturas de árboles en un sistema silvopastoral tipo en Extremadura. Fuente: García de Jalón *et al.* (2017).

Año	Pasto	Silvopastoral con nogal para madera			Silvopastoral con nogal para fruto		
	Pasto	Componente pasto	Componente forestal	Total silvopastoral	Componente pasto	Componente forestal	Total silvopastoral
10	9.033	5.149	2.544	7.693	5.913	-15.189	-9.276
30	20.182	917	13.881	14.798	2.710	15.233	17.943
60	27.820	-1.836	36.559	34.723	405	34.860	35.265

Tabla 2. Resumen económico (valor en francos/ha) de un sistema silvopastoral tipo en Suiza. Fuente: Kaeser *et al.* (2011)



El pastoreo dentro del bosque es una herramienta barata y eficiente de prevención de incendios forestales, diversificación de espacios y mejora de la transitabilidad.

04.02 Evaluación económica de un sistema tipo en Extremadura

García de Jalón *et al.* (2017) emplearon el modelo ForageSAFE para evaluar los resultados productivos y económicos de un sistema adeshado en Extremadura con ovejas, vacas y cerdos ibéricos. Se estudió el efecto de la variación de la densidad de árboles sobre los resultados productivos y económicos (tabla 1).

Este estudio muestra cómo la presencia de árboles mejora los resultados económicos en comparación con el pasto puro. Los resultados económicos se optimizan con una cobertura de árboles del 27%. A nivel productivo (datos no mostrados), la producción acumulada de pasto y bellotas se maximiza con una cobertura arbolada del 40%.

04.03 Evaluación económica de un sistema silvopastoral tipo en Suiza (Kaesler *et al.*, 2011)

Kaesler *et al.* (2011) realizaron un estudio similar al mostrado en el apartado anterior, pero considerando un sistema silvopastoral con nogal para madera o fruto, con la misma densidad de 70 árboles/ha (tabla 2).

El sistema silvopastoral mejora los resultados económicos del pasto puro, tanto si los árboles se destinan a hacer madera o fruto.



Los resultados productivos y económicos de los sistemas silvopastorales son, a medio plazo, superiores a los de los pastos no arbolados.

05 Condicionantes de viabilidad de los sistemas silvopastorales

El diseño de un sistema silvopastoral tiene un efecto decisivo sobre sus resultados productivos, económicos y ambientales. Su gestión debe ser dinámica y adaptada a las dimensiones de los árboles.

El clima, sobre todo la disponibilidad hídrica (índice de Thornthwaite), define la carga máxima que se puede aplicar sobre estos sistemas para lograr un aprovechamiento sostenible: de acuerdo con un estudio de Taüll (no publicado), en zonas de clima húmedo se pueden aplicar cargas de entre 0,50 y 0,90 UBM/ha/año, mientras que en climas subhúmedos las cargas deberían ser de hasta 0,30 UBM/ha/año. Sin embargo, el coste de convertir un bosque no pastado en un sistema adeshado es alto. Además, para evitar daños excesivos sobre la regeneración y los árboles jóvenes, conviene hacer un manejo cuidadoso de los animales en el espacio y el tiempo.

En el caso de los sistemas silvopastorales en los que se instalan nuevos árboles en un pasto, la elección de la especie arbórea se puede hacer con dos posibles prioridades: especies con interés intrínseco (producción de madera o fruto) o con interés para los animales o el pasto (productoras de fruto o ramaje de calidad, fijadoras de nitrógeno, etc.). En todo caso, las especies de hoja caduca y brotación tardía serían las más interesantes para mantener una alta producción del pasto en primavera. En este tipo de sistemas el coste de protección de los árboles durante los primeros años es uno de los factores con mayor incidencia económica (Graves *et al.*, 2009), sobre todo en caso de emplear animales de gran tamaño.

06 Para saber más:

CASALS, P., BAIGES, T., BOTA, G., CHOCARRO, C., DE BELLO, F., FANLO, R., SEBASTIÀ, M.T., TAÜLL M. (2009). "Silvopastoral Systems in the Northeastern Iberian Peninsula: Multifunctional Perspective". A: RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A, MCADAM J, MOSQUERA-LOSADA MR (eds). *Agroforestry in Europe*. Chapter 8: 161-181.

DE AGUIAR, MI, MAIA, SMF, XAVIER, FAS, DE SÁ MENDONÇA, E, FILHO, JAA, DE OLIVEIRA, TS. (2010). "Sediment, nutrient and water losses by water erosion under agroforestry systems in the semi-arid region in northeastern Brazil". *Agroforestry Systems* 79(3): 277-289.

GARCÍA DE JALÓN, S., GRAVES, A., MORENO, G., PALMA, J.H.N., CROUS-DURAN, J.,

BURGESS P.J. (2017). "Forage-SAFE: a tool to assess the management and economics of wood pasture systems". Submitted to the 15th International Conference on Environmental Science and Technology (CEST), 31 August - 2 September 2017, Rhodes, Greece.

GARCÍA DE JALÓN S, GRAVES A, MORENO G, PALMA JHN, CROUS-DURÁN J, KAY S, BURGESS PJ. (2018). "Forage-SAFE: a model for assessing the impact of tree cover on wood pasture profitability". *Ecological Modelling* 372: 24-32.

GEA, G., MONTERO, G., CAÑELLAS, I. (2009). "Changes in limiting resources determine spatio-temporal variability in tree-grass interaction". *Agroforestry systems*, 76, 375-387.

GRAVES A, BURGESS P, LIAGRE F, PISANELLI A, PARIS P, MORENO G, BELLIDO M, MAYUS M, POSTMA M, SCHINDLER B, MANTZANAS K, PAPANASTASIS VP, DUPRAZ C. (2009). "Farmer perceptions of silvoarable systems in seven European countries". A: RIGUEIRO-RODRÍGUEZ A, MCADAM J, MOSQUERA-LOSADA MR (eds) *Agroforestry in Europe*. Advances in Agroforestry. Volume 6. Springer

KAESER A, SEREKE F, DUX D, HERZOG F. (2011). "Agroforesterie en Suisse". *Recherche Agronomique Suisse* 2 (3): 128-133.

MORENO, G., BRADOR, J., GARCÍA, E., CUBERA, E., MONTERO, M.J., PULIDO, F., DUPRAZ, C. (2007). "Driving competitive and facilitative interactions in oak dehesas through management practices". *Agroforestry Systems*, 70, 25-40.

NAIR, VD, GRAETZ, DA. (2004). "Agroforestry as an approach to minimizing nutrient loss from heavily fertilized soils: The Florida experience". *Agroforestry Systems* 61: 269-279

TAÜLL, M., BAIGES, T., CASALS, P. (2012). "Producción herbácea, calidad del pasto, y carga ganadera en diferentes tipologías de rodales adeshados en Catalunya: efecto del arbolado". Actas de la Reunión Científica de la SEEP. 75-80. Pamplona.

07 Autores



Marc Taüll Taüll
Ingeniero de Montes e Investigador
Grupo de Ecología y Gestión de Sistemas
Silvopastorales
Programa de Gestión Forestal Multifuncional. CTFC.
marc.taul@ctfc.cat



Jaime Coello Gómez
Ingeniero de Montes e Investigador
Programa de Gestión Forestal Multifuncional. CTFC.
jaime.coello@ctfc.cat

¿LOS SISTEMAS AGROFORESTALES TIENEN CABIDA EN CATALUÑA?

01 Introducción

Este artículo presenta, en base a la evaluación mostrada previamente y a las problemáticas y oportunidades del territorio catalán, las principales zonas y tipos de terreno donde los sistemas agroforestales podrían dar unos resultados económicos, productivos y ambientales particularmente positivos. De acuerdo con Torralba *et al.* (2016), las zonas de clima mediterráneo son, a escala europea, aquellas donde los sistemas agroforestales dan lugar a un incremento más notable de los servicios ecosistémicos generados. Cataluña presenta actualmente un desarrollo muy incipiente de estos sistemas, con sólo el 5,5% de la superficie de sistemas silvoarables y el 1,4% de sistemas silvopastorales del Estado (den Herder *et al.*, 2016). Los agentes y las actividades de transferencia son claves para su promoción en nuestras condiciones.

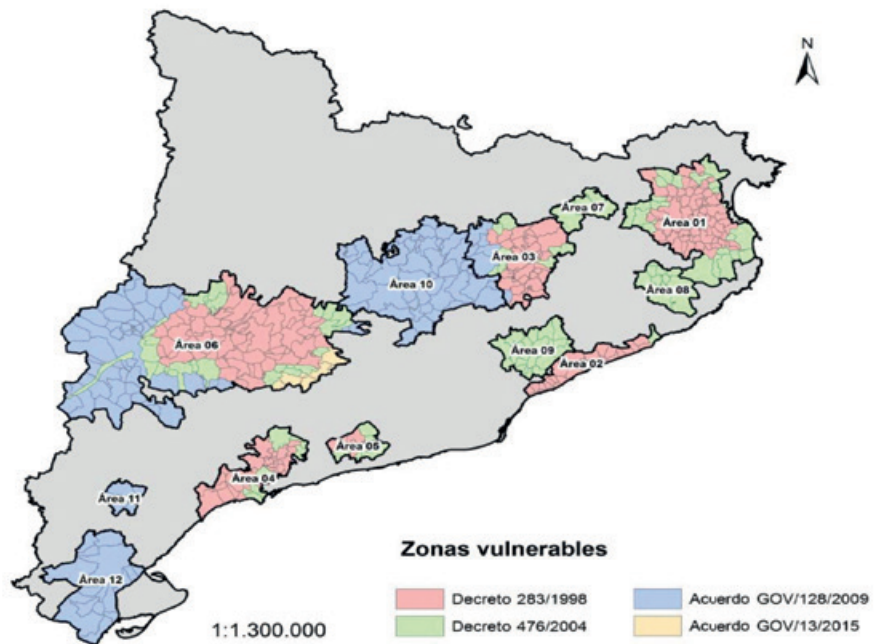


Figura 1. Zonas vulnerables a nitratos en Cataluña y evolución desde 1998. Fuente: ACA (2017)

02 Zonas vulnerables a nitratos

La contaminación de aguas subterráneas y superficiales por lixiviados agrícolas, sobre todo los vinculados al uso excesivo de deyecciones ganaderas como fertilizante, es un problema ambiental de primer orden en Cataluña. Cerca de la mitad de los términos municipales y más de un tercio de la superficie están catalogados como Vulnerables a nitratos (ACA, 2017; figura 1), con una superficie que se ha duplicado desde 1998. Este problema tiene graves consecuencias para la salud humana, la calidad de los ecosistemas fluviales (problemas de eutrofización, invasión de especies nitrófilas) y el coste de potabilización. Como consecuencia, el DARP ha preparado una propuesta de Decreto de gestión de la fertilización del suelo y de las deyecciones ganaderas, que está pendiente de aprobación. Como se ha mencionado, los sistemas agroforestales pueden ayudar a mitigar este problema.

03 Zonas con un fuerte predominio del monocultivo agrícola

Cataluña, a pesar de tener un paisaje en mosaico en una parte notable del territorio, tiene zonas de gran extensión destinadas a un número muy limitado de cultivos (figura 2). En estas zonas el proceso de intensificación agrícola ha sido importante en las últimas décadas, tanto en lo referente a los sistemas productivos como en la simplificación del paisaje y el ecosistema agrícola y la fragmentación de hábitats. Esta

	ZONA		MUNICIPIOS	
	Km ²	%	Número municipios	%
Decreto 283/1998	3.753	11,7	204	21,5
Decreto 476/2004	6.231	19,4	320	33,7
Acuerdo GOV/128/2009	10.701	33,3	420	44,2
Acuerdo GOV/13/2015	10.850	33,8	422	44,5

Tabla 1. Zona y número de municipios de Cataluña incluidos en zonas Vulnerables a nitratos. Fuente: ACA.

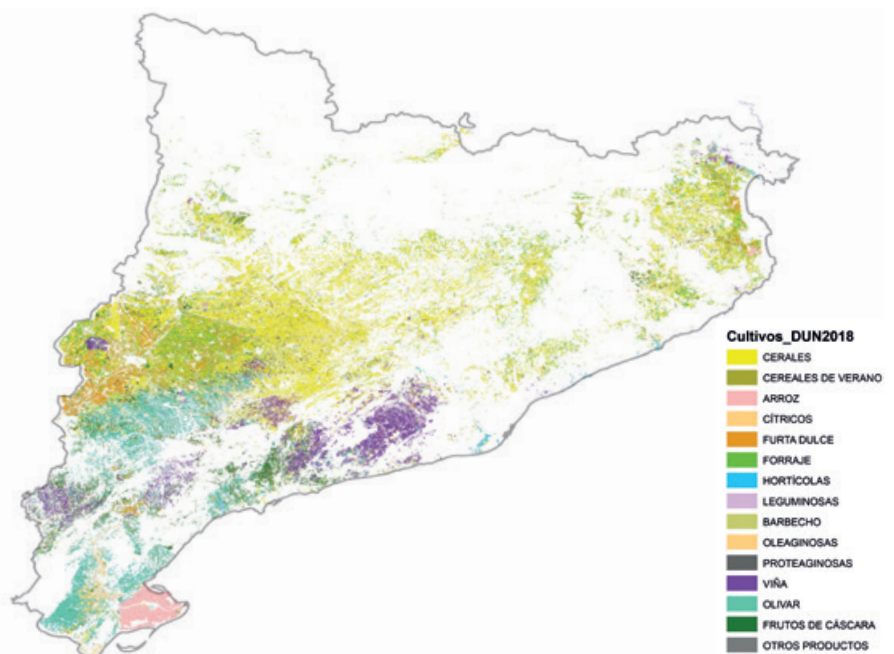


Figura 2. Mapa de cultivos de Cataluña 2018. Se puede ver como gran parte de la Cataluña central está dominada por cultivos de cereal (amarillo, 178.000 ha en total), mientras que en el tercio sur domina, en zonas bien definidas, el olivo (azul claro, 125.000 ha). Fuente: adaptado de ICGC, 2018.



Figura 3. Frutales con forrajeras en Mallorca. Autor: Jaime Coello..

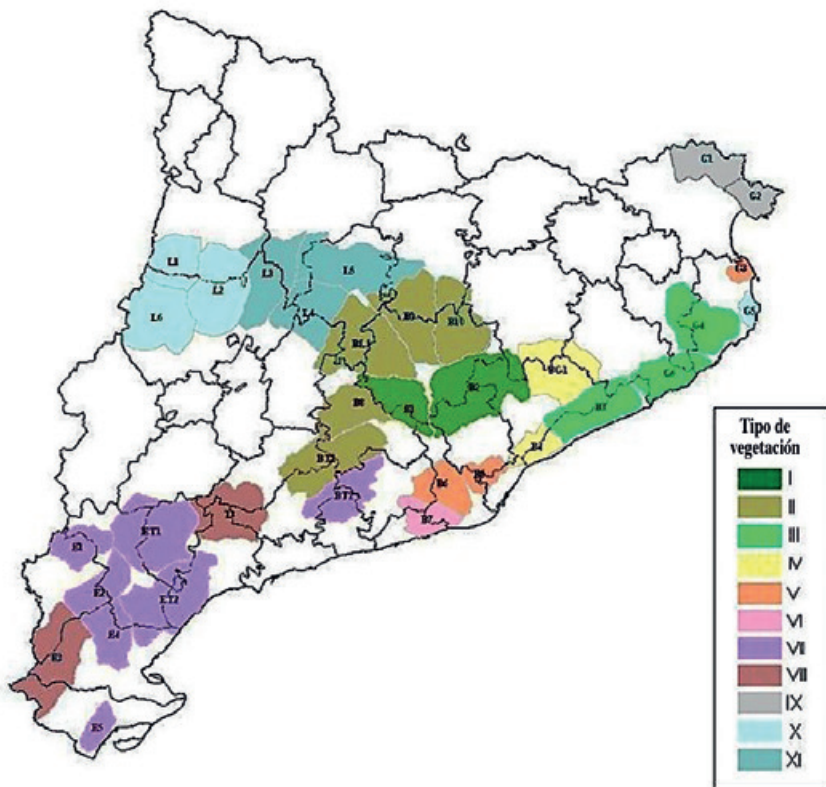


Figura 4. Perímetros de Protección Prioritaria en Cataluña, según la vegetación dominante. I: matorrales y estepares de tierra baja; II: matorrales y estepares de tierra alta, bosques de pino laricio, cultivos herbáceos; III: alcornoques, maquias acidófilas; IV: encinares, carrascales y maquias acidófilas; V: maquias calcícolas; VI: bosques de pino carrasco, garrigas; VII: matorrales y estepares de tierra baja, cultivos arbóreos de secano; VIII: matorrales y estepares de tierra baja, cultivos arbóreos de secano, bosques de pino laricio; IX: prados, estepares, matorrales acidófilos y alcornoques; X: encinares y carrascales, cultivos herbáceos; XI: bosques de pino laricio, cultivos herbáceos. Fuente: Grupo de Sistemas Silvopastorales del CTFC

simplificación es particularmente grave en las zonas en las que se ha perdido parcial o totalmente la funcionalidad del bosque de ribera por la ocupación para uso agrícola de las zonas de servidumbre del dominio público hidráulico.

Otro problema asociado a la puesta de grandes zonas en monocultivo es su susceptibilidad ante fluctuaciones climáticas y de mercado, así como ante la aparición de plagas y enfermedades.

Los sistemas agroforestales son intrínsecamente diversos y heterogéneos y dan lugar a una gran variedad de nichos ecológicos para diferentes especies que a menudo han sido desplazadas debido a la simplificación y homogeneización del paisaje agrícola. Además, en caso de integrar especies leñosas con aprovechamiento comercial, se añade al sistema un producto que puede ayudar a absorber parte de las fluctuaciones del mercado del producto principal. La restauración de márgenes con vegetación leñosa y la instalación de sistemas agroforestales modernos permitiría recuperar en gran medida la funcionalidad ecológica de muchos de estos agroecosistemas, junto con la aplicación de prácticas agronómicas de alto respeto ambiental (mantenimiento de rastrojos, mínimo laboreo, etc.).

04 Grandes superficies de bosque cerrado y/o con alto riesgo de incendios forestales

En un fenómeno opuesto al de las llanuras agrícolas descrito en el punto anterior, en otras zonas del territorio se da una pérdida progresiva del mosaico paisajístico debido a la colonización natural de espacios abiertos por parte del bosque. Esta situación es común sobre todo en condiciones de media montaña y en terrenos abancalados con una baja competitividad de la actividad agraria y con un descenso del número de explotaciones de rumiantes en régimen extensivo. Debido a la pérdida de estas actividades se observa un aumento progresivo de la biomasa acumulada y una estructura forestal caracterizada por la ausencia de gestión, con una continuidad horizontal y vertical entre los estratos arbustivo y arbóreo que aumenta el riesgo de grandes incendios forestales. El DARP ha definido 34 Perímetros de Protección Prioritaria (PPP, figura 4), que integran unidades forestales homogéneas, grandes infraestructuras de la red viaria de comunicaciones, corredores no forestales, núcleos de población y la red hidrográfica. Dentro de estos espacios, que ocupan cerca de un tercio de la superficie forestal, el Grupo de Apoyo de Actividades Forestales de los Bomberos (GRAF) ha identificado una serie de Puntos Estratégicos de Gestión (PEG), áreas cuya intervención permite optimizar el desarrollo de actuaciones de prevención de Grandes Incendios Forestales. En estos PEG es donde los sistemas silvopastorales (pastoreo bajo arbolado, formaciones adehesadas) permitirían un cambio sustancial del comportamiento del fuego, lo que facilitaría las tareas de extinción.

05 Paisajes agroforestales tradicionales y culturales

El territorio de Cataluña se caracteriza por su diversidad paisajística, con un gradiente que se extiende desde las tierras bajas mediterráneas hasta la alta montaña pirenaica. En muchas zonas de interior se mantienen paisajes agrarios y de mosaico agroforestal resultado de una secular interacción entre los factores biofísicos y la actividad humana. Por ejemplo, el paisaje de mosaicos agroforestales de la Depresión Central está dominado por campos de cereales intercalados con pequeños bosquetes, con elementos característicos como bancales sostenidos por muros de piedra seca, el mantenimiento de almendros y olivos como cultivos complementarios que además retienen los márgenes o bien infraestructuras como norias, construcciones de piedra seca, molinos, etc.

Estos paisajes conservados, recuperados o creados recientemente son percibidos por parte de una sociedad cada vez más urbanizada como depositarios de formas de vida y de relación con el medio natural de origen ancestral. Los paisajes rurales en mosaico agroforestal, como recurso patrimonial y turístico, están en línea con el Plan Estratégico del Turismo en Cataluña (2013-16), que reconoce la importancia de la relación entre paisaje y turismo y establece que la integración de la actividad turística y el paisaje es uno de los principales activos y potencialidades de Cataluña.



Los sistemas agroforestales pueden ayudar a mitigar uno de los grandes problemas ambientales que afectan a Cataluña: la contaminación por nitratos.



Figura 5. Nogal entre campos. Autor: AGS-CTFC.



Figura 6. Paisaje agroforestal en el Solsonès sur (Lleida). Autor: Grupo PAM-CTFC.



Los sistemas agroforestales son una herramienta a considerar a escala de finca, pero también territorialmente, al permitir diversificar y vertebrar paisajes.

Los sistemas agroforestales modernos y la recuperación de sistemas tradicionales pueden contribuir a la creación de paisajes de alto valor, sinérgicos con otras actividades:

- Zonas con turismo de interior: en los últimos años el turismo rural/ecoturismo se ha convertido en un complemento económico de interés creciente para muchas explotaciones, que pueden rentabilizar prácticas agroecológicas de alto respeto ambiental y productos de proximidad.

- Zonas ambientalmente sensibles, como el interior y el entorno de Espacios Naturales Protegidos (ENP), que en Cataluña ocupan más de un millón de hectáreas. Gran parte de esta superficie es forestal, pero incluye también espacios destinados históricamente a producciones agrícolas o ganaderas, en las que el aspecto productivo se debe compatibilizar con la protección ambiental.

- Zonas de alta frecuentación, como los Parques Agrarios situados en zonas periurbanas. En estos espacios se conjuga una demanda productiva con la necesidad de un alto respeto ambiental y paisajístico, así como los valores educativos y lúdicos.



Figura 7. Sistema silvoarable tradicional con olivo y tomillo. Autor: Grupo PAM-CTFC.



Figura 8. Viña con serbal, al sur de Francia. Autor: AGS-CTFC.

06 Explotaciones en ecológico y/o con control integrado

Algunos de los beneficios mencionados de los sistemas agroforestales son particularmente interesantes en el marco de explotaciones agrícolas o ganaderas con sello ecológico o que buscan un producto de mayor valor añadido (diferenciación en el mercado) y en explotaciones con control integrado. Las principales oportunidades son el incremento de la capacidad de acogida de la fauna auxiliar (carábidos, aves y murciélagos), que puede ayudar a mantener las poblaciones de plagas (insectos, babosas) en densidades bajas, así como la mejora del bienestar animal gracias al microclima mejorado que proveen los árboles. Además, el bombeo de nutrientes desde horizontes profundos del suelo y su recirculación favorece el estado nutritivo de los cultivos o el pasto.

En el caso de los rumiantes, el acceso a pastar bosques o dehesas puede facilitar el cumplimiento de los requerimientos de bienestar animal (pastoreo durante un determinado número de días de su ciclo de vida), lo que ayuda también a disminuir los costes de alimentación respecto a un sistema más intensivo y al ahorro de inversiones en establos y otras infraestructuras.

07 Zonas vitivinícolas con problemas para controlar el grado

En el contexto actual de cambio climático, caracterizado por un incremento de las temperaturas, las zonas más calurosas en las que se produce uva están empezando a adaptar la gestión para limitar el grado alcohólico, ya sea avanzando la vendimia (con riesgo de afectar al color) o alterando la dosis de riego. Una medida que puede ayudar a mitigar este problema consiste en instalar hileras de árboles para mejorar el microclima (menos in-



Figura 9. Viña con ciprés, al sur de Francia. Autor: AGS-CTFC.

solación y transpiración, temperaturas extremas suavizadas) en el que se desarrollan las cepas. En el sur de Francia se han obtenido buenos resultados intercalando una hilera de árboles cada 10 hileras de viña (Malignier y Balaguer, 2017).

08 Para saber más

ACA, Agència Catalana de l'Aigua. "Zones vulnerables a la contaminació per nitrats procedents de fonts agràries". Fitxes de les zones vulnerables. 9 de junio de 2017.

DEN HERDER, M, MORENO G, MOSQUERALOSADA R, PALMA J, SIDIROPOULOU A, SANTIAGO-FREIJANES JJ, CROUS-DURAN J, PAULO J, TOMÉ M, PANTERA A, PAPANASTASIS V, MANTZANAS K, PACHANA P, PAPAPOULOS A, PLIENINGER T, BURGESS PJ. (2016). "Current extent and trends of agroforestry in the EU27". 76 p.

MALIGNIER N, BALAGUER F. (2017). "Current extent and trends of agroforestry in France". 10 p.

TORRALBA M, FAGERHOLM N, BURGESS PJ, MORENO G, PLIENINGER T. (2016). "Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230: 150–161.

09 Autores



Jaime Coello Gómez
Ingeniero de Montes e Investigador
Área Gestión Forestal Sostenible
Programa Gestión Forestal Multifuncional. CTFC.
jaime.coello@ctfc.cat



Eva Moré Palos
Ingeniera Agrónoma
Grupo de Plantas Aromáticas y Medicinales
Programa de Bioeconomía y Gobernanza. CTFC.
eva.more@ctfc.cat



Marc Taüll Taüll
Ingeniero de Montes e Investigador
Grupo de Ecología y Gestión de Sistemas
Silvopastorales
Programa de Gestión Forestal Multifuncional. CTFC.
marc.taull@ctfc.cat



Roser Cristóbal Cabau
Ingeniera Agrónoma
Grupo de Plantas Aromáticas y Medicinales
Programa de Bioeconomía y Gobernanza. CTFC.
roser.cristobal@ctfc.cat



Estos sistemas son especialmente estratégicos para explotaciones que buscan generar productos con valor añadido ambiental, social o paisajístico.

MARCO NORMATIVO Y DE AYUDAS

01 Introducción

Este artículo muestra la evolución en la consideración de los sistemas agroforestales en la Política Agraria Común (PAC). En sus inicios, estos sistemas estaban penalizados, mientras que actualmente están cada vez más promovidos gracias a las evidencias científicas que han ido mostrando su interés productivo, ambiental y social.

02 Los sistemas agroforestales en la PAC hasta 2013

Durante las primeras décadas de la PAC la prioridad principal era potenciar al máximo la producción, con una consideración relativamente marginal de aspectos relacionados con la sostenibilidad. Así, la presencia de vegetación leñosa en los márgenes y en el interior de los terrenos agrícolas y de pastoreo se descontaba de la superficie elegible para recibir subvención. Como consecuencia, y junto con las políticas de concentración parcelaria, se arrancaron miles de árboles del medio agrícola (Rois *et al.*, 2016). A partir de la reforma de 2003, la PAC comenzó a prestar cada vez más atención a actividades de desarrollo rural y a prácticas sostenibles, creándose los criterios de condicionalidad, que incluían el mantenimiento de elementos característicos del paisaje agrario, como los márgenes y los árboles. En esta línea, los sistemas agroforestales se reconocieron por primera vez dentro de la PAC en el Reglamento 1698/2005, que establecía la necesidad de promover estos sistemas por su alto valor ecológico y social. Durante el siguiente período de programación (2007-2013), la medida 222 de promoción de sistemas agroforestales distribuyó 15 millones de euros, aunque sólo el 6,4% se destinó a la implementación de nuevos sistemas y sólo en los cinco países donde fue activada (Pisanelli *et al.*, 2014). Además, la presencia de árboles dejó de descontarse de la superficie elegible para recibir el pago directo (Pilar I), siempre que la densidad de éstos fuera inferior a 50 por hectárea, lo que era favorable para algunos sistemas agroforestales.

03 Los sistemas agroforestales en la PAC actual (2014-20)

La programación actual de la PAC ha añadido nuevas medidas y criterios para promover de manera específica los sistemas agroforestales.

03.01 Pilar I, pago directo: ¿la presencia de árboles limita la elegibilidad de un terreno?

La presencia de árboles en un terreno catalogado como "arable" no limita la elegibilidad para recibir pagos directos mientras no se supere una determinada densidad de árboles de más de 4 m de

diámetro de copa y, en el caso de España, de 5 m de altura. El valor de esta densidad máxima viene determinado por cada región o estado miembro y en ningún caso puede superar los 100 árboles/ha (Reglamento Delegado 640/2014). Esta limitación de densidad no afecta a los árboles frutales y, desde 2018, tampoco a los árboles que produzcan alimento para el ganado (fruto, hojas, ramas).

03.02 Pilar I: ¿son los sistemas agroforestales una actividad de greening?

Las ayudas de greening se pueden otorgar a explotaciones con más de 15 ha arables no puestas en ecológico que destinen al menos un 5% de su área a ser Superficies de Interés Ecológico (SIE o *Ecological Focus Areas*). De los 19 SIE elegibles, España ha activado 4, una de los cuales es "superficies agroforestales", si bien sólo se puede recibir financiación si se han recibido ayudas en el marco del Pilar II, ya sea con la programación anterior (medida 222) o con la actual sub-medida 8.2 (véase el apartado siguiente: 03.03). Por lo tanto, para recibir esta ayuda, es necesario que la región o estado haya activado la medida 222 o 8.2.

De los otros 15 SIE planteados por la UE pero no activados en España hay 6 que incluyen elementos propios de los sistemas agroforestales como son las franjas riparias, árboles aislados, alineados o en bosquetes, márgenes y franjas arboladas y cultivos leñosos con finalidad energética.

03.03 Pilar II: Desarrollo Rural

La sub-medida 8.2 del Reglamento 1305/2013 promueve la instalación de nuevos sistemas agroforestales en terrenos agrícolas. Esta sub-medida ha sido activada en 35 regiones/estados europeos (30% del total), entre los que se encuentran España (Andalucía, Asturias, Extremadura, Galicia, País Vasco, Comunidad Valenciana), Francia (15 de 27 regiones), Italia (5 de 21), Portugal (3 de 3), Reino Unido (3 de 4), Hungría y Grecia (Lawson *et al.*, 2016). Con esta sub-medida 8.2 se pueden llegar a establecer hasta 74.000 nuevas hectáreas agroforestales.

Una sub-medida que sí ha sido activada en Cataluña es la 8.3 (Gestión silvopastoral para prevención de incendios; Resoluciones ARP/2572/2016 y ARP/1881/2018), con un importe total de 40.000 y 50.000 € para las anualidades 2017 y 2018, respectivamente. Tanto en 2019 (ya otorgado) como en 2020 (ya convocado) los fondos disponibles son de 100.000 €. Además, dentro de las medidas de Gestión Forestal Sostenible incluidas en el PDR 2014-2020, las actuaciones selvícolas de mejora son conceptos subvencionables (ope-

ración 08.05.01). Estas medidas incluyen ayudas para claras y para desbroces, lo que podría permitir subvencionar una fase previa o inicial del adhesamiento de bosques, si bien la transformación completa hacia dehesa o pasto no son acciones subvencionables directamente.

Además, hay otras medidas (M) y sub-medidas (SM) dentro de este Reglamento 1305/2013, no activadas en Cataluña, que podrían contribuir al establecimiento y mantenimiento de estos sistemas (Lawson *et al.*, 2016), entre las que destacan:

- Pequeñas plantaciones de árboles y márgenes (M4).
- Forestación con densidades bajas (SM8.1).
- Restauración de zonas afectadas por incendios y problemas sanitarios (SM8.4).
- Establecimiento o recuperación de sistemas agrícolas tradicionales (incluyendo pastos arbolados, márgenes y huertos) con finalidad agroambiental (M10).

03.04 Perspectivas futuras y retos pendientes

La futura PAC (2021-2027) está actualmente en fase de diseño y negociación y todo apunta a que los sistemas agroforestales tendrán una posición aún más relevante que la actual en los diferentes pilares. En todo caso, las posibilidades de proliferación de estos sistemas en Cataluña dependen de que el DARP y las autoridades estatales activen las medidas previstas en la normativa europea.

Considerando la normativa actual, sería posible promover estos sistemas en Cataluña con la activación de la sub-medida 8.2 del PDR. En el ámbito estatal, estos sistemas se verían favorecidos con la activación de las Superficies de Interés Ecológico (Pilar I) relacionadas con los sistemas agroforestales: franjas riparias, árboles aislados, alineados o en bosquetes, márgenes y franjas arboladas y cultivos leñosos con finalidad energética.

04 Para saber más

LAWSON, G., BALAGUER, F., PALMA, J. H. N., PAPANASTASIS, V. (2016). "Options for agroforestry in the CAP 2014-2020". Actas de la 3a Conferencia EURAF, Montpellier (Francia), 23-25 de mayo de 2016.

05 Autor



Jaime Coello Gómez
Ingeniero de Montes e Investigador
Programa Gestión Forestal Multifuncional. CTFC.
jaime.coello@ctfc.cat

EL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES EN FRANCIA DURANTE LOS ÚLTIMOS 20 AÑOS



Figura 1. Las Jornadas de Transferencia, una herramienta fundamental para la promoción de los sistemas agroforestales. Autor: Fabien Liagre - Agroof.

01 La evolución progresiva de la investigación y el desarrollo

Los sistemas agroforestales o agroselvicultura son un concepto que llegó desde Canadá en los años 80. En Francia, como en el resto de Europa, se aplicaban desde tiempos inmemoriales en forma de prácticas tradicionales, pero la palabra “agroselvicultura” o agroforestal no se empleó hasta los años 90. En la práctica, el desarrollo de estos sistemas fue inicialmente testimonial, al no estar reconocidos en la PAC ni a nivel fiscal ni patrimonial. En el caso de los sistemas tradicionales, el agricultor tenía que decidir si declaraba el terreno como plantación de frutales, forestal, o terreno agrícola. Sin embargo, ya existían algunos equipos de investigación sobre sistemas silvopastorales en zonas mediterráneas y de montaña, así como del sistema de *bocage* (campos agrícolas delimitados por márgenes densos de vegetación arbórea y arbustiva) del oeste de Francia. A escala local, algunas asociaciones iniciaron la plantación y gestión de márgenes leñosos, especialmente en el oeste de Francia. Algunas de estas asociacio-

nes llevan trabajando más de 30 años, como *Prom'haies* y *Arbre et Paysage*. A pesar de estos movimientos incipientes, y dejando de lado el silvopastoralismo del sur de Francia, no había centros técnicos ni servicios de extensión y asesoramiento relacionados con temas agroforestales, ni tampoco apoyo por parte de las Cámaras de Agricultura.

Los sistemas agroforestales empezaron a ganar visibilidad a nivel nacional especialmente gracias al impulso del INRA de Montpellier en colaboración con algunas personalidades del mundo profesional (agricultores y técnicos). A partir de 2000, diversas entidades como *Agroof* o *Solagro* participaron en el movimiento nacional para el fomento y reconocimiento de los sistemas agroforestales. En 2007, cuatro entidades (*Agroof*, *Prom'haies*, *Arbre et Paysage* 32 y *Mission Bocage*) crearon la Asociación Francesa del Árbol Campestre y la Agroselvicultura (*Association Française de l'Arbre Champêtre et des Agroforesteries* - AFAC). Esta asociación agrupa actualmente más de 200 entidades distribuidas por todo Francia y colabora con el Ministerio de Agri-

cultura en la aplicación de criterios de Condicionalidad de la PAC.

Gracias a estas asociaciones y a otros organismos, entre 1998 y 2010 hubo grandes progresos normativos y legales. Por ejemplo, en 2001 se reconoció oficialmente la agroselvicultura, mediante una circular que autorizaba la admisibilidad para recibir las ayudas de la PAC para la superficie ocupada por árboles y, sobre todo, se promovió la instalación de nuevos sistemas gracias a una línea de ayuda nacional que pasó a ser europea en 2007. Desde 2010, la agroselvicultura ha continuado su progresión a escala nacional, especialmente gracias al “Plan Nacional de Desarrollo de la Agroselvicultura”, creado en 2015 por el Ministerio de Agricultura. Este plan pretende fomentar el desarrollo, la investigación y la formación en materia agroforestal. Esta herramienta no distribuye financiación, sino que es una plataforma para agrupar trabajos colectivos y facilitar la captación de recursos para proyectos agroforestales a través de fuentes habituales de financiación. Este plan favorece, por tanto, el trabajo coordinado de la red de grupos dedicados a la investigación, desarrollo, forma-



Figura 2. Sistema silvopastoral con ovejas. Autor: Christian Dupraz

ción y docencia, así como las normativas y políticas relacionadas con sistemas agroforestales.

02 Más allá de las entidades, el trabajo sobre el terreno

La estructuración de la red de entidades que trabajan en cuestiones agroforestales a escala nacional ha sido un hito de gran importancia, pero es el trabajo sobre el terreno y la implicación de los diversos actores lo que ha permitido el desarrollo de los sistemas agroforestales a través de las jornadas de transferencia y formación, así como la instalación y seguimiento de las primeras experiencias. En el período 2001-2005, el proyecto europeo SAFE (*Silvoarable Agroforestry for Europe*) coordinado por el INRA de Montpellier permitió encuestar a agricultores que desconocían la agrosilvicultura. Uno de los resultados más relevantes y sorprendentes fue que más de un tercio de las personas encuestadas mostró inte-

rés en llevar a cabo un posible proyecto de instalación agroforestal y otro tercio quedaba a la espera de más información y resultados. En 2006, la cooperativa Agroof coordinó un programa de desarrollo de la agrosilvicultura con el conjunto de agricultores encuestados durante el proyecto SAFE para dar apoyo a su proyecto agroforestal, en colaboración con las Cámaras de Agricultura y las asociaciones locales. Se creó así una primera red de parcelas demostrativas realizada de manera participativa, es decir, con la implicación directa de los agricultores en los sistemas de plantación y en los experimentos de los que quisieran hacer un seguimiento. En pocos años el número de proyectos se ha ido incrementando de manera exponencial: se estima que en los últimos 10 años se han instalado en Francia más de 20.000 ha de sistemas agroforestales modernos, con una tendencia creciente. Además, sólo en 2017 la red de AFAC dio apoyo técnico sobre el terreno a más de 800 agricultores.



Figura 3. Jornada de transferencia en campo. Autor: Fabien Liagre - Agroof.

03 2010-2019: Una nueva era de desarrollo de la agrosilvicultura

Una vez superada la fase de lanzamiento, la agrosilvicultura en Francia se encuentra actualmente en una fase de desarrollo, con nuevos retos y demandas. Con el fin de cuantificar el número y superficie de sistemas agroforestales en marcha, se está trabajando en un proyecto nacional de cartografía acoplada con las declaraciones de la PAC sea cual sea su modalidad (bosquetes, márgenes leñosos, hileras intercaladas, silvopastoralismo). Además, se están creando los primeros distintivos comerciales que permiten identificar y apoyar explotaciones agroforestales, como por ejemplo el distintivo "madera de bocage" (*Bois Bocager*) con finalidad principalmente energética, así como la etiqueta "Vegetal Local" para promover el uso de variedades locales en proyectos agroforestales.

Un aspecto clave en los nuevos proyectos agroforestales es cómo diseñarlos y gestionarlos, buscando un equilibrio entre su función productiva y la generación de conocimiento técnico y científico. En otras palabras, cómo conseguir nuevos conocimientos que sean transferibles a otras explotaciones a partir de sistemas complejos y de larga duración (en algunos casos, de muchas décadas). Así nacen las iniciativas de investigación participativa, que se cuestionan el tipo de datos a recoger, su gestión y protección, las técnicas agronómicas a emplear y el seguimiento a realizar a largo plazo, además de definir la forma de conseguir y gestionar la financiación para su seguimiento y mantenimiento. Por otra parte, la *Fondation de France* hizo una profunda reflexión sobre estos temas y creó un fondo para financiar este tipo de proyectos de investigación participativa.

Es crucial y a la vez apasionante que los nuevos retos que nos afectan actualmente como la adaptación al cambio climático, la pérdida de biodiversidad o de fertilidad del suelo, sean abordados por equipos multidisciplinares y bien coordinados, que trabajen en un marco geográfico y temporal amplio y se basen en resultados sobre el terreno.

Por último, cabe decir que en este momento la práctica totalidad de los 95 departamentos franceses disponen de al menos una persona técnica dedicada a los sistemas agroforestales, ya sea de la Cámara de Agricultura o de una asociación local.

04 Autor



Fabien Liagre
Socio y responsable de proyectos de la cooperativa Agroof
liagre@agroof.net

CASOS DE ESTUDIO: SISTEMAS AGROFORESTALES MODERNOS PILOTO

01 Sistemas agroforestales modernos piloto en Cataluña

01.01 Combinación de árboles para madera con plantas aromáticas; Sagàs (Berguedà, Barcelona)

Sistema silvoarable instalado en el marco del proyecto DARP-CTFC "Sistemas agroforestales en Cataluña: innovación de esquemas productivos para la diversificación de rentas". Se combina nogal híbrido (*Juglans x intermedia* Mj209xRa) para madera de calidad con plantas aromáticas: salvia (*Salvia officinalis*) en secano de 2012 a 2017 y melisa (*Melissa officinalis*) en regadío desde 2018. Esta combinación se considera temporal, ya que el sombreado causado por los nogales hará necesario aclarar las hileras arboladas y/o adaptar el cultivo. Los árboles llevan una cubierta del suelo (100x100 cm) para reducir la necesidad de desbrozar. Por ahora no se ha visto ningún efecto de los árboles sobre la producción y la calidad de las plantas aromáticas, ni al revés.

Primer periodo vegetativo	2012
Superficie	1,5 ha
Altitud media	695 m
Temperatura media	11,5° C
Precipitación anual	780 mm
Precipitación estival	215 mm
Suelo	Franco arenoso, pH = 8,1
Marco de plantación	7 x 6 m nogales 2,6 x 0,3 m salvia
Crecimiento diámetro árboles	16 mm/año
Crecimiento altura árboles	72 cm/año
Producción anual salvia (corte de otoño)	0,57 t/ha/año (hoja seca)



Figura 1. Aspecto general de la experiencia, en el año 3. Autor: CTFC.



Figura 2. Aspecto de la experiencia, con la salvia en flor. Autor: CTFC.



Figura 3. Aspecto de la experiencia, en el año 6. Autor: CTFC.

01.02 Combinación de árboles para madera con pasto, Lluçà (Osona, Barcelona)

Sistema silvopastoral instalado en el marco del proyecto DARP-CTFC "Sistemas agroforestales en Cataluña: innovación de esquemas productivos para la diversificación de rentas". Se combina nogal híbrido (*Juglans x intermedia* Mj209xRa) para madera de calidad con pastoreo a diente de oveja y vaca, en un sistema adhesionado. Cada árbol está protegido con tres palos de castaño y malla ovejera de 2 m de altura. El terreno estaba destinado previamente a pastoreo y se hizo una siembra de enriquecimiento con esparceta (50 kg) y dácilo (20 kg). Los árboles llevan una cubierta del suelo (100x100 cm) para reducir la necesidad de desbrozar. Por ahora no se ha visto ningún efecto de los árboles sobre la productividad del pasto.

Primer periodo vegetativo	2012
Superficie	1 ha
Altitud media	680 m
Temperatura media	11,5° C
Precipitación anual	765 mm
Precipitación estival	220 mm
Suelo	Franco, pH 8,1
Distancia entre árboles	> 10 m
Crecimiento diámetro árboles	6,3 mm/año
Crecimiento altura árboles	47 cm/año



Figura 1. Aspecto del sistema durante el primer periodo vegetativo. Autor: CTFC.



Figura 2. Aspecto del sistema en el año 4. Autor: CTFC.

01.03 Combinación de árboles para madera con cereal, Puig-Reig (Berguedà, Barcelona)

Este sistema silvoarable se instaló en colaboración con el CPF en el marco del proyecto LIFE Futur Agrari: Explotaciones agrarias para el futuro. Se combina nogal híbrido (*Juglans x intermedia* Mj209xRa) y fresno (*Fraxinus excelsior*) para madera de calidad con cereal de invierno en secano: trigo, cebada o avena. Los árboles llevan una cubierta del suelo (100x100 cm) para reducir la necesidad de desbrozar. Los fresnos se protegen de los daños causados por la fauna con protectores de malla plástica de 150 cm de altura. Por ahora no se ha visto ningún efecto de los árboles sobre la productividad del cereal.

Primer periodo vegetativo	2014
Superficie	2 ha
Altitud media	470 m
Temperatura media	12,7° C
Precipitación anual	675 mm
Precipitación estival	190 mm
Suelo	Franco arenoso, pH 7,8
Marco de plantación	18 x 4 m
Crecimiento diámetro árboles	5,8 mm/año
Crecimiento altura árboles	34 cm/año
Producción cereal	2.200-2.800 kg/ha grano; 1.800-2.200 kg/ha paja



Figura 1. Aspecto del sistema poco antes de la cosecha del cereal, año 1. En primer plano: fresno con protector individual. Autor: AGS-CTFC.



Figura 2. Aspecto del sistema poco antes de la cosecha del cereal, año 2. En primer plano, un nogal. Autor: AGS-CTFC.

01.04 Combinación de árboles para madera con forrajeras, Viladrau (Osona, Girona)

Este sistema silvoarable se instaló en colaboración con el CPF en el marco del proyecto LIFE Futur Agrari: Explotaciones agrarias para el futuro. Se combina nogal híbrido (*Juglans x intermedia* Mj209xRa) y fresno (*Fraxinus excelsior*) para madera de calidad con forrajeras (alfalfa y *Festuca*). Los árboles llevan una cubierta del suelo (100x100 cm) para reducir la necesidad de desbrozar. Los fresnos y los nogales se protegen de los daños causados por la fauna con protectores de malla plástica de 150 cm de altura. Por ahora no se ha visto ningún efecto de los árboles sobre la productividad del forraje.

Primer periodo vegetativo	2014
Superficie	1,2 ha
Altitud media	885 m
Temperatura media	10,8° C
Precipitación anual	1.040 mm
Precipitación estival	205 mm
Suelo	Franco arenoso, pH 5,9
Distancia entre árboles	11 x 4 m
Crecimiento diámetro árboles	2,7 mm/año
Crecimiento altura árboles	13 cm/año
Gestión del pasto	Corte mecanizado en mayo-junio y a diente (250 ovejas) en septiembre-octubre. Entre 2 y 4 siegas anuales.



Figura 1. Aspecto del sistema silvopastoral, en el año 2. Autor: AGS-CTFC

01.05 **Combinación de árboles para madera con cultivos anuales, Estaràs (Segarra, Lleida)**

Este sistema silvoarable fue instalado por el IRTA en el marco de un proyecto INIA de valoración de la producción de madera de frondosas con varios sistemas productivos (RTA2014-00008-00-00). Se combinan tres frondosas de alta calidad genética (progenies y clones desarrollados por el IRTA): fresno (*Fraxinus excelsior*), peral (*Pyrus communis* sp. *communis*) y nogal híbrido (*Juglans x intermedia*) con cultivos anuales de leguminosas o cereal. La distancia entre hileras de árboles (20 m) se considera definitiva y permite compatibilizar la producción agrícola y forestal a largo plazo.

Primer periodo vegetativo	2017
Superficie	2,3 ha
Altitud media	610 m
Temperatura media	13° C
Precipitación anual	637 mm
Precipitación estival	168 mm
Producción leguminosa (garbanzo)	1,0 t/ha/año (2017)*
Producción cereal (cebada)	5,5 t/ha/año (2018)*
Distancia entre árboles	20 x 5 m
Crecimiento altura árboles	Fresno: 44 cm/año Peral: 75 cm/año Nogal: 33 cm/año**
Tipo de riego	Riego localizado enterrado bajo las hileras de árboles Aplicación anual (media 2017, 2018): 450 m ³ /ha/año

* Datos cedidos por el propietario, M. Verdes.

** Árboles afectados por las heladas de abril de 2017.



Figura 1. Sistema silvoarable, durante la parada vegetativa de los árboles. Autor: IRTA.



Figura 2. Sistema silvoarable a finales de primavera. Autor: IRTA.

01.06 Combinación de árboles para madera y fruto con pasto, Estaràs (Segarra, Lleida)

Este sistema silvopastoral fue instalado por el IRTA en el marco de un proyecto INIA de valoración de la producción de madera de frondosas bajo diferentes sistemas productivos (RTA2014-00008-00-00). Se combinan dos especies de nogal de alta calidad genética (progenies cualificadas desarrolladas por el IRTA): nogal híbrido (*Juglans x intermedia*) y nogal común (*Juglans regia*) con pasto aprovechado a diene por vacas. Los árboles están protegidos por una alambrada eléctrica. En algunas hileras, se han instalado avellanos (*Corylus avellana*) a ambos lados de los nogales, a 50 cm, para hacer un sombreado lateral que facilite la poda. La distancia entre hileras de árboles (18 m) se considera definitiva y permite compatibilizar la producción pastoral y forestal a largo plazo.

Primer periodo vegetativo	2017
Superficie	4,3 ha
Altitud media	610 m
Temperatura media	13° C
Precipitación anual	637 mm
Precipitación estival	168 mm
Producción pasto	7,0 t/ha/año*
Distancia entre árboles	18 x 5 m
Crecimiento altura árboles	Nogal híbrido: 60 cm/año Nogal común: 10 cm/año**
Tipo de riego	Riego localizado enterrado bajo las hileras de árboles Aplicación anual (media 2017, 2018): 450 m ³ /ha/año

* Datos cedidos por el propietario, M. Verdes.

** Árboles afectados por las heladas de abril de 2017.



Figura 1. Sistema silvopastoral. Autor: IRTA.

02 Otros sistemas agroforestales modernos en España

Se muestra a continuación una selección de sistemas agroforestales modernos en España. Información proporcionada por Bosques Naturales, SA; IRTA y Fundación FIRE.

03 Agradecimientos

Agradecemos a Ignacio Urbán (Bosques Naturales, SA), Neus Aletà (IRTA) y a Fernando Viñegla y José María Rey Benayas (Fundación Fire) sus aportaciones para la elaboración de este artículo.

Término municipal	Landete (Cuenca)	Arzúa (A Coruña)	Ontinar de Salz (Zaragoza)	Valdepeñas (Ciudad Real)
Tipo sistema	Silvoarable temporal (siembra bajo árboles)	Silvoarable	Madera + Fruto	Recuperación de márgenes de vegetación leñosa
Primer periodo vegetativo	2004	2004	2006	2009
Superficie/longitud	24 ha	4 ha	4 ha	450 m x 2 m ancho
Componente arbolado o leñoso	Nogal, cerezo	Nogal, cerezo	Nogal híbrido	16 especies de los géneros <i>Bupleurum</i> , <i>Colutea</i> , <i>Crataegus</i> , <i>Daphne</i> , <i>Dorycnium</i> , <i>Genista</i> , <i>Jasminum</i> , <i>Juniperus</i> , <i>Pistacia</i> , <i>Quercus</i> , <i>Retama</i> , <i>Rhamnus</i> , <i>Rosa</i>
Cultivo	Trigo	Maíz	Avellano	Olivo (ecológico)
Marco de plantación	5 x 5 m	12 x 6 x 4 m	7 x 4 x 1,5 m	Margen: 1 x 1 m, tresbolillo
Altitud media	1.100 m	430 m	280 m	722 m
Precipitación anual (riego)	675 mm (regadío)	1.270 mm (secano)	370 mm (regadío)	402 mm (secano)
Suelo	Franco arcilloso	Franco	n.d.*	n.d.*
Crecimiento diámetro árboles	8 mm/año	20 mm/año	20 mm/año	n.d.*
Crecimiento altura árboles	30 cm/año	120 cm/año	n.d.*	n.d.*
Producción agrícola	1.000-3.500 kg/ha	32-40 t/ha forraje seco	500 kg/ha	2.000 kg/ha (olivar de 8 años)

* n.d.: datos no disponibles.



Figura 1. Sistema silvoarable con maíz en Arzúa. Autor: Bosques Naturales, SA.



Figura 2. Sistema silvoarable en Landete. Autor: Bosques Naturales, SA.



Figura 3. Sistema de producción de madera y fruto en Ontinar de Salz. Autor: IRTA.



Figura 4. Margen leñoso en Valdepeñas. Autor: Fundación FIRE.



LA ENTREVISTA

María Rosa Mosquera Losada
Catedrática de la Universidad de Santiago de Compostela y presidenta de la Asociación Agroforestal Española.

“EL SECTOR HA PEDIDO A LA COMISIÓN EUROPEA MEJORAS EN ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÓMICO-FINANCIEROS, POLÍTICOS Y DE FORMACIÓN Y DIVULGACIÓN PARA FACILITAR LA ADOPCIÓN DE LOS SISTEMAS AGROFORESTALES”

Extracto de la entrevista publicada en <http://ruralcat.gencat.cat>



María Rosa Mosquera Losada es doctora en Ciencias Biológicas, catedrática en el Departamento de Producción Vegetal y Proyectos de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Compostela y presidenta de la Asociación Agroforestal Española. También es coordinadora de los grupos *Arable Crops*, de la *Global Research Alliance* (observador oficial del IPCC), y *Enabling Environment Working Group*, de la *Global Alliance for Climate Smart Agriculture* (FAO).

www.agfeagroforestry.eu

Los sistemas productivos que combinan un componente leñoso, ya sean árboles o arbustos, con producción agrícola o ganadera han ido desapareciendo con los años en Europa. ¿Por qué tiene sentido recuperarlos?

En primer lugar, porque están muy vinculados a los pilares de sostenibilidad en el marco de la agricultura. Las prácticas agroforestales permiten incrementar la producción por unidad de superficie optimizando el uso de los recursos, algo muy necesario en un contexto de crecimiento poblacional a nivel mundial.

Desde un punto de vista productivo, si tenemos árboles y cultivos tendremos más hojas y seremos capaces de captar más radiación o energía solar. A nivel del suelo, todos los nutrientes disponibles que no son aprovechados por el cultivo pueden serlo por el arbolado que tiene raíces más profundas. Con ello, generaremos más biomasa, que se puede utilizar, por ejemplo, en el marco de las energías renovables.

Desde un punto de vista medioambiental, son capaces de incrementar la biodiversidad, mejorar el ciclo de nutrientes, depurar aguas o adaptar mejor los sistemas agrícolas y ganaderos al cambio climático. También ayudan a mitigar el cambio climático, al aumentar el secuestro de carbono por unidad de superficie.

Desde un punto de vista social, si somos capaces de producir más y aprovechar mejor los recursos, mejoraremos la rentabilidad de las explotaciones. Además, hay un componente estético que permite mejorar el disfrute del paisaje, favorecer el turismo rural y la consolidación de comunidades rurales más viables.

La literatura científica y técnica producida en Francia y Europa Central en las últimas dos décadas muestra claramente las ventajas de estos sistemas a nivel ambiental y productivo. ¿Hasta qué punto estos resultados son apli-

cables en el ámbito mediterráneo? ¿Cómo podemos adaptar estas prácticas a nuestro contexto?

Bueno, yo le daría la vuelta a la pregunta: el norte de Europa está redescubriendo un tipo de sistemas que, debido a la intensificación de la producción, fueron despreciados y prácticamente abandonados durante años. Sin embargo, en España los preservamos en mayor medida porque no tenemos un clima tan favorable y no pudimos realizar intensificaciones tan fuertes en muchas de nuestras zonas. Realmente, creo que es una gran suerte poder decir que aún tenemos sistemas agroforestales que, de hecho, sirven de modelo para el norte. Hay que tener en cuenta que cerca del 80% de los sistemas agroforestales que hay en Europa están situados en el sur, en España, Portugal, Grecia, Italia y el sur de Francia.

Evidentemente, las condiciones climatológicas y las especies a combinar son diferentes, pero podemos aprender a mejorar los sistemas de contabilización de servicios eco-sistémicos como han hecho en el norte. Aunque la biodiversidad no tiene un retorno monetario convencional, aspectos como el cómputo de carbono o el ciclo de nutrientes empiezan a cuantificarse y valorarse. Por ejemplo, en Inglaterra, el arbolado se utiliza para reducir la erosión por el viento; en Alemania, para la recuperación de suelos degradados; en Francia, para reducir el impacto de fenómenos extremos, como las altas temperaturas que causan pérdidas en las cosechas; en Bélgica, para la depuración de aguas con altos niveles de nitratos y, en general, en Europa Central se utilizan para alargar los periodos de floración y mejorar la polinización de los cultivos, o para el control de plagas y enfermedades, estableciendo puntos de referencia para la fauna depredadora.

“En Europa las prácticas silvopastorales ocupan 19,5 millones de hectáreas, menos del 10% de la superficie potencial de pastos permanentes, mientras que las prácticas silvoarables sólo ocupan el 0,05% de la superficie de cultivos arables”

Sin embargo, aún se podría hacer mucho más. En Europa las prácticas silvopastorales ocupan 19,5 millones de hectáreas, menos del 10% de la superficie potencial de pastos permanentes, mientras que las prácticas silvoarables sólo ocupan el 0,05% de la superficie de cultivos arables, a pesar de que las prácticas agroforestales pueden emplearse en cualquier tipo de uso del territorio. Por un lado, se podría aumentar la presencia del componente leñoso en las fincas, ya sea en su interior o en su perímetro y, por otro, en las zonas forestales se podría introducir el componente agrícola o ganadero, mejorando así su gestión y también la prevención de incendios.

¿Cuáles son los principales factores que dificultan la adopción de este tipo de sistemas en España?

En el proyecto *Agroforestry Innovation Networks* (AFINET), del cual fui coordinadora, se hizo precisamente esta misma pregunta a 400 agricultores, ganaderos y propietarios forestales, políticos y agentes de extensión agraria de toda Europa. Las conclusiones, prácticamente unánimes, se centran en cuatro factores que limitan la implementación a mayor escala de estos sistemas.

El primero de ellos es el técnico. Necesitamos mejorar los conocimientos sobre las especies que se pueden combinar. Gran parte del conocimiento tradicional se ha perdido y hay que reinventarlo, pero también adaptarlo a los tiempos modernos, especialmente a las nuevas tecnologías. Por ejemplo, las especies que se combinaban antaño no se mecanizaban, pero ahora sí se podría.

El segundo factor sería el económico. Los agricultores necesitan herramientas para poder comparar la producción de un sistema convencional con uno agroforestal, y para saber qué rentabilidad tendrían a corto, medio y largo plazo. Está claro que, si estableces un sistema agroforestal, a corto plazo puedes tener ciertas pérdidas en la producción del cultivo, pero a medio y largo plazo tendrás un componente forestal que podrás vender y/u otros productos si lo combinas, por ejemplo, con frutales.

El tercer ámbito es el de la comunicación y la educación. Se necesita formación para mejorar los conocimientos de los productores en las últimas tecnologías vinculadas a sistemas agroforestales y comunicación para dar a conocer estos sistemas a toda la sociedad. El consumidor debe saber que la calidad del alimento (por ejemplo, la carne) es diferente si es resultado de una gestión agroforestal o de un sistema convencional basado en la estabulación. El impacto ambiental, la sostenibilidad y la calidad nutritiva y organoléptica juegan a favor de los sistemas agroforestales.

El cuarto aspecto era la financiación en el marco político-normativo. Se pedía una mejora de las políticas de financiación a través de la PAC para la implantación de estos sistemas. Aunque se ha mejorado mucho, aún quedan reminiscencias de una PAC poco favorable en este ámbito. La pérdida de sistemas agroforestales tradicionales se asocia en gran parte a la PAC, que financiaba maximizar la producción y penalizaba la presencia del arbolado en la agricultura. Se espera que las nuevas políticas realmente fomenten este tipo de sistemas o al menos que no les perjudiquen.