



2025 | **16-20**
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO **FORESTAL** ESPAÑOL

9CFE-1525

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Proyecto AFCLIMA_DEMO: producción de cereal bajo nogal a nivel explotación en un contexto de transición ecológica y digital

LÓPEZ DÍAZ, M.L. (1), FERREIRO DOMÍNGUEZ, N. (2), MESÍAS DÍAZ, F.J. (1), URBÁN MARTÍNEZ, I. (3), MOSQUERA LOSADA, R. (2)

- (1) INDEHESA, Centro Universitario de Plasencia, Universidad de Extremadura.
 (2) Departamento de Producción vegetal y Proyectos de Ingeniería. Escuela Politécnica Superior de Lugo. Universidad de Santiago de Compostela.
 (3) Bosques Naturales S.A.

Resumen

Los sistemas silvoarables son prácticas de gestión sostenible del territorio que contribuyen a mitigar el efecto del cambio climático y a adaptar los sistemas agrícolas de cereal al cambio climático mediante la integración con el arbolado. El presente proyecto, con un marcado carácter multi- e interdisciplinar y una perspectiva holística, tiene como finalidad el contribuir a que los agricultores/as alcancen los objetivos climáticos y energéticos de la UE en el año 2030 de reducir las emisiones de GEI en un 55 % con respecto al 1990 y los objetivos del Pacto Verde Europeo (alcanzar la neutralidad climática en 2050). El proyecto consiste en el establecimiento de dos demo-site en las zonas atlántica y mediterránea de España en las que, gracias al desarrollo de metodologías participativas, se optimicen las prácticas silvoarables a nivel explotación. Una vez hecho esto, se ha analizado el ambiente de negocio, el análisis coste/beneficio y el plan de negocio. A partir de ello, y mediante el desarrollo de aplicaciones informáticas, los agricultores/as podrán comparar las alternativas convencionales y de sistemas silvoarables en sus explotaciones y analizar su factibilidad.

Palabras clave

Sistemas silvoarables, madera de calidad, trigo, cebada, maíz, ordenación del territorio.

1. Introducción

Según la FAO, los cereales, entre los que destacan el maíz y el trigo, constituyen una parte muy importante de la dieta humana, aunque también son utilizados como alimento del ganado en distintas formas. España es el quinto país europeo en cultivo de cereal, con una superficie de maíz y trigo de 0,39 y 1,7 Mha, respectivamente. Aun así, presenta un déficit anual de estos cereales de 5,3 Mt en el caso del maíz y de 4,27 Mt en el del trigo (MAGRAMA, 2016).

Por otra parte, en España hay un interés creciente por la producción de madera de calidad, de la que la UE es deficitaria. En concreto, España importa grandes cantidades de madera de nogal a un precio de entre 300 y 3.000 €/m³ dependiendo de la calidad (AFG 2016). Este tipo de plantaciones se manejan de forma intensiva, lo que lleva consigo una importante inversión en labores de control de malas



hierbas, fertilización, irrigación, podas o aclareos, que sólo podrá ser compensada a largo plazo (Muncharaz, 2012; ALETÀ SOLER et al., 2021).

Actualmente, las producciones de estos cereales se están reduciendo en muchas partes del mundo, como por ejemplo en la zona mediterránea, como consecuencia del cambio climático, debido al incremento de la sequía y a las altas temperaturas que trae consigo (BURGESS et al., 2022). Estos cambios están produciendo un adelanto en el momento de la floración de entre dos y tres semanas (LICHTFOUSE, 2009) y una reducción en el periodo de crecimiento, lo que da lugar a una disminución de la producción de cereal, que se prevé que será de hasta el 16% para el 2050 (IPCC, 2022). Por ello, es importante desarrollar nuevas metodologías que permitan incrementar la producción de cereal mediante la intensificación ecológica, es decir, a través del mejor uso de los recursos minimizando los inputs externos (LESK et al., 2016). En este contexto, la agroecología es una alternativa más sostenible que la agricultura intensiva desde el punto de vista ecológico, pero también económico y social.

Un ejemplo de agroecología son los sistemas agroforestales (SAF) y, dentro de ellos, los sistemas silvoarables, en los que se combina un estrato arbóreo con la producción agrícola (MOSQUERA-LOSADA et al., 2018). Actualmente, se reconoce internacionalmente el papel de los SAF como medida de resiliencia frente al cambio climático para la obtención de producciones agrícolas y forestales (FAO 2013). Este reconocimiento se ha traducido en la promoción de este tipo de sistemas a través de políticas nacionales y europeas (MOSQUERA et al., 2015b), que se han desarrollado a partir de la PAC (2023-2027).

Los SAF contribuyen a la resiliencia al cambio climático de muchas formas, como por ejemplo reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorando el uso de recursos, como agua o nutrientes, que son utilizados a mayor profundidad por las raíces de los árboles, evitando problemas de lixiviación (DUPRAZ & LIAGRE, 2011), o reduciendo las emisiones de GEI por área (IPCC report, 2014). Por otra parte, el componente arbóreo crea un microclima que amortigua los valores de temperatura extremos, a la vez que reduce la sequía, lo cual es muy importante en el actual escenario de cambio climático, y que permite incrementar la duración de la estación de crecimiento de los cultivos, lo que repercutirá favorablemente en la producción agrícola (MOSQUERA-LOSADA, 2015a; LÓPEZ DÍAZ et al., 2015). Desde el punto de vista económico, reduce los costes de producción de ambos estratos (forestal y agrícola) y permite obtener ingresos a corto, medio (componente agrícola) y a largo plazo (componente forestal) (MOSQUERA-LOSADA et al. 2016).

Como hemos indicado anteriormente, en los SAF ambos sustratos (agrícola y forestal) compiten por los recursos, como agua, luz y nutrientes, por lo que el manejo de estos sistemas debe estar orientado a minimizar la competencia por estos recursos, maximizando a su vez todas las interacciones positivas que se producen entre ellos, como la mejora del microclima bajo el arbolado. Sin embargo, hay una falta de conocimientos técnicos sobre su manejo.



Hasta ahora, el papel de los SAF respecto a la adaptación y mitigación del cambio climático se ha demostrado a nivel investigación, como por ejemplo en el proyecto AFCLIMA (CTM2016-80176-C2; 2017-2020), establecido en una plantación de nogales en régimen intensivo bajo los que se cultivaron trigo, cebada, centeno y maíz. En este proyecto, se comprobó la viabilidad del cultivo de esas especies de cereal bajo nogal. Se probaron distintas variedades para detectar cuáles eran más tolerantes a la sombra. Sin embargo, no se ha desarrollado a nivel explotación, lo que resulta fundamental para su adopción por parte de los agricultores/as y selvicultores/as.

Con este fin, se desarrolló el proyecto AFCLIMA-DEMO (Sistemas silvoarables con cereal y su contribución a la mitigación del cambio climático en la España Atlántica (TED2021-131841B-C22) y Mediterránea (TED2021-131841B-C22)), proyecto coordinado del Plan estatal de investigación científica, técnica y de innovación, dentro de los proyectos orientados a la transición ecológica y digital (2021PN291), llevado a cabo por la Universidad de Santiago de Compostela y la Universidad de Extremadura, respectivamente.

2. Objetivos

El objetivo de este proyecto AFCLIMA-DEMO es establecer las bases para optimizar la producción de cereal bajo madera de nogal en explotaciones tanto atlánticas como mediterráneas de España desde el punto de vista productivo, económico, medioambiental y social a escala explotación, lo que traerá consigo un incremento de la sostenibilidad en esos tres aspectos. Con ello se pretende promover el desarrollo de estos sistemas, mediante la demostración a agricultores/as y selvicultores/as de su viabilidad, tanto técnica como económica. Para ello, es importante conocer previamente las características tanto productivas como sociales y económicas de las explotaciones agrícolas y forestales tipo en ambas zonas susceptibles para ver si pueden ser transformables en un SAF. Este es el aspecto en el que nos vamos a centrar en este trabajo.

Por ello, el objetivo concreto de este trabajo es caracterizar la explotación tipo agrícola y forestal de las zonas atlántica y mediterránea de España y determinar la posibilidad de ser transformadas en un sistema silvoarable de nogal con cereal.

3. Metodología

El estudio se ha llevado a cabo a través de la realización de encuestas a explotaciones reales agrícolas, cuya producción principal es cereal, y forestales, basadas en plantaciones de nogal y orientadas a la producción de madera o fruto. Las encuestas se realizaron en persona, de forma telefónica u online.

Se encuestaron 33 explotaciones agrícolas con cereal (19 encuestas) y de nogal (14 encuestas) situadas en zonas con clima atlántico y mediterráneo. En éstas, se les preguntaba a los gestores/as de las explotaciones distintos aspectos relacionados con las características de la explotación. Se recogió información sobre su superficie total, el tamaño de las parcelas, el porcentaje de cultivos y arbolado respecto a la

superficie total y los tipos de cultivos y arbolado de esa explotación.

4. Resultados

Las explotaciones con mayor superficie (Figura 1) se encontraban en la zona mediterránea. Las de mayor tamaño eran las plantaciones de nogal (325,82 ha por explotación de media). Si observamos la zona atlántica, el tamaño de la explotación de nogal (134 ha/explotación) era muy superior a la de cereal (36,1 ha/explotación). En el caso de los nogales, la variabilidad de tamaño de las explotaciones era muy elevada ($82,7 \pm 37,3$ ha/parcela en zona atlántica y $325,8 \pm 218,8$ ha/parcela en la mediterránea).

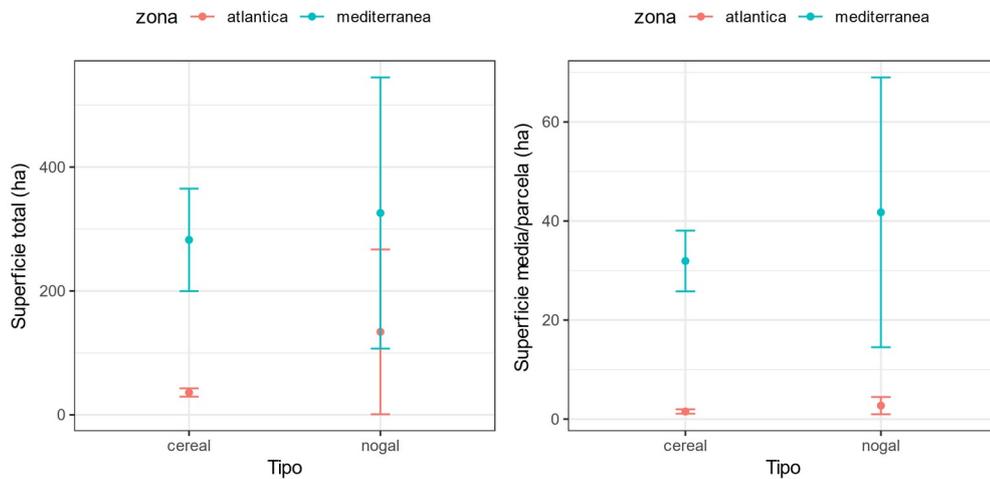


Figura 1. Superficie total (ha) de la explotación y de las parcelas (ha) que constituyen la explotación tipo de cereal y nogal de las zonas atlántica y mediterránea de España.

La superficie media de las parcelas (Figura 1) que constituyen las explotaciones siguió la misma tendencia de la superficie total, detectándose las parcelas de mayor tamaño en la zona mediterránea (31,9 ha/parcela en cereal y 41,8 ha/parcela en nogal), si bien en nogal había una gran variabilidad de tamaños ($41,8 \pm 27,2$ ha/parcela). En el caso de la zona atlántica, los tamaños de las parcelas eran menores, sobre todo en cereal (1,5 ha/parcela).

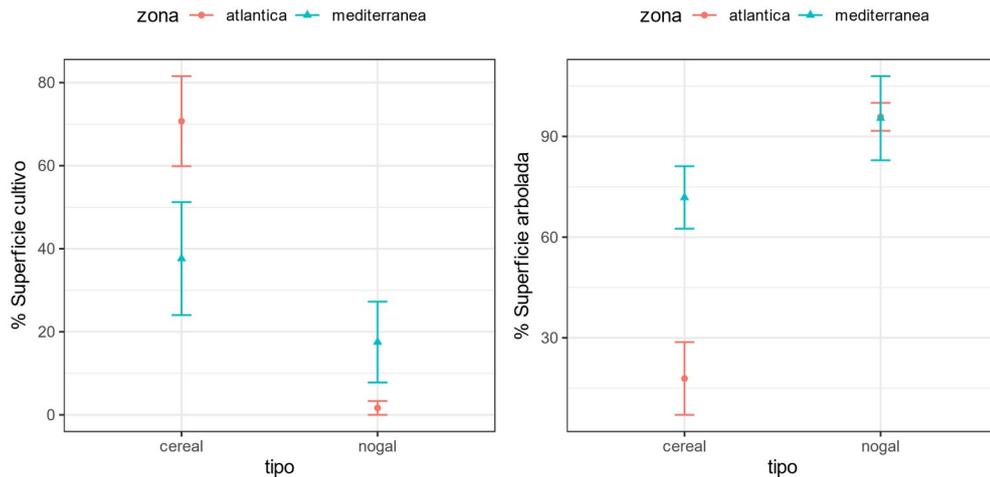


Figura 2. Porcentaje de la superficie total ocupada por cultivos y arbolada (%) de la explotación tipo de cereal y nogal de las zonas atlántica y mediterránea de España.

En la Figura 2, se observa que la superficie cultivada de las explotaciones de cereal era del 70% en la zona atlántica, mientras que en la zona mediterránea bajaba al 37,6%. En las explotaciones de nogal estos valores eran mucho más bajos, sobre todo en los nogales atlánticos, en los que no es habitual encontrar cultivos combinados (1,7% de la superficie de la explotación). Si estudiamos la presencia de arbolado, podemos ver cómo la cobertura era casi total en las plantaciones de nogal en general (95% aproximadamente en ambos casos), también alto en las de cereal mediterráneo (71,81%) y mucho menor en las de cereal atlántico (17,9%).

Cuando analizamos los tipos de cultivos y árboles de las distintas explotaciones (Figura 3), podemos observar que, en las explotaciones de cereal de la zona atlántica, más de la mitad (62%) presentaban leguminosas, así como otros cultivos, e incluso otro arbolado distinto del nogal (50% de las explotaciones). En la zona mediterránea, la presencia de leguminosas era menor (33%), pero era mayor la de otros cultivos y arbolado (89% en ambos casos), principalmente dehesas con pastos. En ningún caso hay presencia de nogal en ninguna de esas explotaciones cerealísticas. En las explotaciones cuya principal orientación es nogal, ya existe en ambas zonas la combinación con cereal. En la zona atlántica, no se combinan con leguminosas u otro cultivo, pero sí con otro arbolado (como el cerezo) en algún caso. En la zona mediterránea, sí aparecen combinados en algún caso con leguminosas (9%) u otro cultivo (18%; pastos) u otro arbolado (27%; almendros u olivos).

5. Discusión

En este trabajo se intentó conocer las características de superficie y tipos de cultivos que se dan habitualmente en las explotaciones de cereal y en las plantaciones de nogal de las zonas atlántica y mediterránea de España, lo que nos puede ayudar a determinar si ambos tipos de explotación pueden transformarse en un sistema agroforestal.

El tamaño de la explotación, así como la superficie media de las parcelas, son aspectos limitantes a la hora de establecer una plantación de nogal, debido a que es un árbol de grandes dimensiones, que se planta con espaciamientos entre 5x6 y



12x12 m (MUNCHARAZ, 2012). Además, la comercialización de su madera sólo resulta interesante para los agentes intervinientes en el aprovechamiento y en la compraventa si el volumen de madera es importante, debido a las características de la maquinaria implicada y del tipo de mercado de esta madera (ALETÀ SOLER et al., 2021). Por tanto, es importante analizar si tanto el tamaño de las explotaciones donde queremos hacer plantaciones de nogal como de las parcelas que lo forman es adecuado para la producción de madera de calidad de este tipo de arbolado. Las explotaciones de menor tamaño resultaron ser las de la zona atlántica, que estaban situadas en Galicia. Esta es una comunidad que se caracteriza por presentar una estructura de la propiedad claramente minifundista (BADÍA, 2001), lo que afecta a las tareas de manejo de las explotaciones). En el caso del cereal en Galicia, su cultivo se suele dar en explotaciones con una superficie adecuada (36,1 ha como media), y en zonas con parcelas de un tamaño mayor a lo habitual en la zona (1,5 ha), ya que el aprovechamiento se realiza con cosechadoras de grandes dimensiones, por lo que el tamaño no debería ser un problema, aunque se recomienda que se escojan las de mayor tamaño de las disponibles. Las explotaciones de cereal de la zona mediterránea son en general mucho más grandes, con superficies medias y tamaño de parcela de $282,4 \pm 82,7$ y $31,9 \pm 6,12$ ha, respectivamente, con lo que esto no supone un límite para la plantación de nogales.

También es importante estudiar si ya existen casos de combinaciones de cereal con nogal u otro arbolado en las explotaciones de ambas zonas para comprobar su viabilidad. Además, la existencia de experiencias previas de sistemas silvoarables facilitaría la adopción de estas alternativas por otros agricultores o selvicultores de la zona. En las explotaciones estudiadas, se observó que, en las explotaciones de cereal de la zona atlántica, la mayor parte de la superficie (71,7% de media) se dedicaba al cereal, sobre todo trigo, avena y maíz, aunque también cebada en algún caso, combinadas en bastantes ocasiones con la plantación de leguminosas (62% de las explotaciones), cuyo cultivo promueve la PAC actual (2023-27) u otros cultivos (62% de las explotaciones), que eran sobre todo patata, pero también colza o praderas.

Estas explotaciones tenían una superficie arbolada como media del 17,9%. Los árboles con los que se combinaba el cereal eran robles, castaño y, en algún caso, abedul. Por tanto, hay casos de combinación en la misma explotación de cereal y arbolado, incluso frondosas de calidad, pero en ningún caso estaban intercalados ni son nogales. En el caso de la zona mediterránea, las explotaciones de cereal tenían una menor superficie dedicada a cultivos, como trigo, avena y cebada (37,6%), pero mucho mayor arbolada (71,8%), debido a que se localizaban en Extremadura y se trataba, en su mayoría, de dehesas de encina y alcornoque, con lo que en estos casos no consideramos posible implantar nogales. Además, suelen ser zonas con baja disponibilidad de agua, esencial para el cultivo intensivo de esta especie destinada a madera de calidad (MUNCHARAZ, 2012). Si nos fijamos en las explotaciones de nogal, en todos los casos se encontraban cubiertas prácticamente en su totalidad de estos árboles (95% de la superficie en ambas zonas) o de otros como el cerezo, especies que también proporciona madera de calidad, u olivo, almendros o encinas, estos últimos sólo en la zona mediterránea. En estas explotaciones, prácticamente no hay cultivos en la zona atlántica, salvo en algún



caso que dedican una pequeña superficie al maíz forrajero, mientras en la zona mediterránea se dedica como media un 17,5%, principalmente a praderas.

Por tanto, creemos que resulta factible el establecimiento de este tipo de sistemas silvoarables en todos los casos estudiados, a excepción de las dehesas de la zona mediterránea. En anteriores trabajos de estos autores, se ha demostrado su viabilidad técnica a nivel investigación (ARENAS-CORRALIZA et al., 2022), y también económica. Respecto a los beneficios económicos, los sistemas silvopastorales suponen en todos los casos estudiados una mejor opción que los agrícolas y forestales (MOSQUERA LOSADA et al., 2024). Con los datos de producciones de cereal y de crecimiento del arbolado obtenidos, se está desarrollando un modelo productivo y económico adaptado a cada una de las condiciones climáticas estudiadas que podrán utilizar los gestores de las explotaciones interesados en implantar este sistema.

6. Conclusiones

Las explotaciones de cereal y nogal de ambas zonas tienen un tamaño adecuado para desarrollar un sistema silvoarable de nogal con cereal, si bien será necesario escoger las parcelas de mayor tamaño de cereal de las disponibles en la zona atlántica. En ambas zonas estudiadas se han encontrado ejemplos de explotaciones de cereal en las que se cultiva cereal y también hay arbolado, pero no nogal. Además, el arbolado no se encuentra intercalado, por lo que no se puede hablar de un sistema silvoarable. En el caso de las zonas de cereal mediterráneo estudiados, los cultivos de cereal se desarrollaban en dehesas, con baja disponibilidad de agua, con lo que no resulta factible la plantación de nogales. Sí se ha detectado alguna plantación de nogal combinado con cultivos varios, como cereal. Aunque son muy escasos y suponen una superficie muy pequeña, puede servir de base para promover su desarrollo.

7. Agradecimientos

Este estudio está enmarcado en los proyectos coordinados Afclima_Demo: Sistemas silvoarables con cereal y su contribución a la mitigación del cambio climático en la España Atlántica (TED2021-131841B-C21) y Mediterránea (TED2021-131841B-C22), de la Universidad de Santiago de Compostela y Universidad de Extremadura, del Plan Estatal de Investigación científica, técnica y de innovación, Proyectos orientados a la transición ecológica y digital (2021PN291), Ministerio de Ciencia e Innovación. También queremos agradecer a la empresa Bosques Naturales S.L. su colaboración en este trabajo.

8. Bibliografía

AGF (Asociación Forestal de Galicia) (2016) http://www.selvicultor.net/redfor/wp-content/uploads/nuevos_docs/guia_Nogal.pdf

ALETÀ SOLER, N.; ABEL BACHS, J.; TEIXIDÓ COMPAÑÓ, A.; URBÁN-MARTÍNEZ, I.; FERNÁNDEZ-MOYA, J.; VILANOVA SUBIRATS, A.; 2021. Plantaciones de nogal para madera. En: Pemán García, J., Navarro Cerrillo, R.M.; Prada Sáez, M.A.; Serrada



Hierro, R. Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal. Tomo 2. Ministerio para la transición ecológica y el resto demográfico. 390-416

ARENAS-CORRALIZA MG, LÓPEZ-DÍAZ ML, ROLO V, CÁCERES Y, MORENO G.; 2022. Phenological, morphological and physiological drivers of cereal grain yield in Mediterranean agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 340 1-11. Elsevier. ISSN: 1873-2305. The Netherlands <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.05.024>

BURGESS, A.J.; CORREA CANO, M.E.; PARKES, B; 2022. The deployment of intercropping and agroforestry as adaptation to climate change. *Crop and Environment* 1(2) 145–160. Elsevier <https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.05.001>

CARMONA BADÍA, X.; 2001. Galicia, minifundio persistente e industrialización limitada. En: Germán Zubero, L.G.; Llopis Agelán, E.; Maluquer de Motes Bernet, J.; Zapata Blanco, S. (eds.), *Historia económica regional de España: siglos XIX y XX* 13-45. Crítica.

DUPRAZ, D.; LIAGRE F.; 2011. *Agroforesterie: des arbres et des cultures*. Agriproduction publishers

EGGLESTON, S.; BUENDÍA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABA, K; 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IGES

FAO; 2013. *Climate Smart Agriculture Sourcebook*. <https://www.fao.org/3/i3325e/i3325e00.htm>

IPCC; 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*

IPCC; 2022. *Fact Sheets Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. In *Fact Sheet*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/about/factsheets/%0Ahttps://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/about/factsheets>

LESK, C.; ROWHANI, P.; RAMANKUTTY, N.; 2016. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature* 529(7584) 84–87. <https://doi.org/10.1038/nature16467>

LICHTFOUSE, E. (2009). *Climate change, society issues and sustainable agriculture*. *Sustainable agriculture reviews 2*. In E. Lichtfouse (Ed.), *Climate change, intercropping, pest control and beneficial microorganisms* (pp. 1–8). Springer.

LÓPEZ-DÍAZ M.L.; ROLO, V.; BENITEZ, R.; MORENO, G.; 2015. *Shrub encroachment*



of Iberian dehesas: implications on total forage productivity. *Agroforest Syst.* 89, 587–598

MAGRAMA; 2016. Anuario del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2016/default.aspx>

MOSQUERA LOSADA, M.R.; MORENO, G.; SANTIAGO FREIJANES, J.J; FERREIRO DOMÍNGUEZ, N.; RIGUEIRO RODRÍGUEZ, A.; 2015a. Sistemas agroforestales y PAC. *Ambienta* 112 110-124

MOSQUERA, M.R.; FERREIRO, N.; SANTIAGO, J.J.; FERNÁNDEZ, E.; RIGUEIRO, A.; 2015b. Los sistemas agroforestales como forma de gestión en la adaptación al cambio climático. Libro blanco de adaptación al cambio climático. MAGRAMA 112 110-124

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; SANTIAGO-FREIJANES, J.J.; LAWSON, G.; BALAGUER, F.; VAETS, N.; BURGUESS, P.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A. ; 2016. Agroforestry as tool to mitigate and adapt to climate under LULUCF accounting. 3^o European Agroforestry Conference.

MOSQUERA-LOSADA, M. R.; SANTIAGO-FREIJANES, J.J.; ROIS-DÍAZ, M.; MORENO, G.; DEN HERDER, M.; ALDREY-VÁZQUEZ, J.A.; FERREIRO-DOMÍNGUEZ, N.; PANTERA, A.; PISANELLI, A.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2018. Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change. *Land Use Policy* 78 603–613. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.052>

Mosquera Losada, R.; Mesías Díaz, F.; Urbán Martínez, I.; Ferrreiro Domínguez, N; López Díaz, M.L.; 2024. Escenarios socioeconómicos en Sistemas silvoarables con nogal en la zona Mediterránea y Atlántica de España. Congreso nacional XI WORKSHOP RED REMEDIA “Reconectando agricultura, ganadería y silvicultura hacia la neutralidad climática. Un encuentro de la ciencia y sociedad ibéricas” celebrado en Plasencia los días 23 y 24 de mayo de 2024.

MUMCHARAZ POU, M.; 2012. El cultivo de nogal para madera y fruto. Mundi-Prensa