



2022
Lleida

27 · 1
junio · juny
julio · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales



Organiza

LIFE AgroForAdapt: sistemas silvoarables y silvopastorales para la adaptación al cambio climático

COELLO, J.¹

¹ Programa de Gestión Forestal Multifuncional. Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC).

Resumen

Los sistemas agroforestales se mencionan en el Pacto Verde Europeo, y en las estrategias que lo desarrollan, como una práctica a promover, por su interés productivo, ambiental (protección de suelos, aguas, biodiversidad) y climático (adaptación y mitigación).

El proyecto LIFE AgroForAdapt (2021-2026) tiene como objetivo promover los sistemas agroforestales en zonas mediterráneas. El proyecto se centra en sistemas silvoarables (vegetación leñosa combinada con cultivos agrícolas) y silvopastorales (vegetación leñosa combinada con pastoreo). En total, se instalan y gestionan 300 ha de sistemas silvoarables y 500 ha de silvopastoralismo en Cataluña, Castilla y León, Occitanie y Provenza (Francia). El proyecto está coordinado por el CTFC, con la participación de las Diputaciones de Barcelona y Girona, Área Metropolitana de Barcelona, Departamento de Acción Climática, Alimentación y Agenda Rural de Cataluña, Fundación Emys, Agresta S. Coop y Agroof S, Cop (Francia).

En esta comunicación se presenta el contexto y potencial de los sistemas agroforestales mediterráneos y cómo se pretende abordar su promoción en el proyecto LIFE AgroForAdapt: objetivos, áreas de trabajo, herramientas técnicas, comerciales y políticas a desarrollar, seguimiento para evaluar el impacto de los sistemas demostrativos en múltiples servicios ecosistémicos: productividad, rentabilidad, biodiversidad, balance de carbono, vulnerabilidad a incendios o balance hídrico.

Palabras clave

Silvopastoralismo, Carbono edáfico, agroforestal, sistemas agroforestales, Sostenibilidad.

1. Introducción

1.1. ¿Qué son los sistemas agroforestales?

Los sistemas agroforestales son la combinación deliberada de vegetación leñosa (árboles o arbustos) en sistemas agrícolas o ganaderos para obtener beneficios de sus interacciones ecológicas y económicas (BURGUESS et al., 2015). En el presente trabajo nos centraremos en dos tipos de prácticas agroforestales, que son las exploradas en el proyecto LIFE AgroForAdapt:

a) Silvoarables: combinación de vegetación leñosa con producciones agrícolas, ya sea en terrenos con uso previo agrícola o en plantaciones forestales.

b) Silvopastorales: combinación de vegetación leñosa con producciones ganaderas, ya sea en terrenos con uso previo pascícola o forestal arbolado.

El componente leñoso del sistema se puede disponer en los márgenes del terreno (Figura 1) o bien en hileras (Figura 2), disperso o en islas (Figuras 3 y 4) o ser dominante (Figura 5), pudiendo atender a múltiples objetivos, compatibles entre sí:

- Producción: madera, frutos, hongos micorrícicos.
- Complemento de otra producción: rama verde, fijación de nitrógeno, mejora del microclima para el ganado o el cultivo, refugio de fauna auxiliar, recursos poliníferos.
- Protección ambiental: biodiversidad, prevención de la erosión, mejora de la calidad físico-química del agua, fijación y estabilización de carbono y materia orgánica en el suelo.

- Recursos culturales o didácticos, mejora del paisaje.

1.2. La vulnerabilidad del Mediterráneo al cambio climático

El mediterráneo es el bioclima europeo que más expuesto estará a los impactos del cambio climático en las próximas décadas (IPCC, 2019). Se prevé un incremento de la temperatura, de la irregularidad de la precipitación y de la frecuencia e intensidad de eventos extremos de sequía, olas de calor y tormentas (WILCOX et al., 2018). El impacto de estos fenómenos sobre los sectores agrario y forestal dependerá en gran medida de cómo de preparados estén los ecosistemas agro-silvo-ganaderos para tolerarlos.

La intensificación agraria iniciada a mediados del siglo XX dio lugar a una segregación de la vegetación leñosa de los terrenos agrícolas y de pasto, evolucionando los paisajes tradicionales en mosaico en dos direcciones opuestas (VAN ZANTEN et al., 2014; COELLO et al., 2019):

A) En zonas de valle, los campos tendieron a ser unidos y ampliados para optimizar la mecanización, perdiéndose miles de árboles dispersos, márgenes arbolados (el 70% en Francia entre 1962-99 y el 50% en Cataluña entre 1957-81; MIGUEL et al., 2000; POINTEREAU, 2002) y sistemas combinados con frutales y cultivos (el 90% en Francia entre 1945-2000 y el 97% en España entre 1962-99; EICHHORN et al., 2006). Muchos de los paisajes resultantes se caracterizan por su simplificación, que tiene una serie de problemas ambientales asociados (REISNER et al., 2007; TSONKOVA et al., 2012; TSIAFOULLI et al., 2014): pérdida de biodiversidad, degradación del suelo por la pérdida de materia orgánica y fertilidad; problemas de erosión y compactación; contaminación mineral y orgánica de suelos y aguas (el 51% de los términos municipales de Cataluña y el 20% de la superficie agraria útil de Castilla y León son Vulnerables a nitratos), entre otros problemas de sostenibilidad.

B) Muchos terrenos de cultivo y pasto en la media montaña mediterránea sufren desde hace décadas un proceso de abandono, que da como resultado la expansión de masas forestales, sin gestión y con problemas de estabilidad y vitalidad asociadas a su densidad excesiva, lo que incrementa su vulnerabilidad a incendios (acumulación y continuidad de combustible) sequía y tormentas (baja vitalidad y estabilidad individual).

Además de estos “nuevos bosques”, las superficies tradicionalmente forestales del mediterráneo también se enfrentan al círculo vicioso del abandono forestal: la baja productividad predominante, limitada por la disponibilidad hídrica, reduce la viabilidad económica de la gestión, que termina por abandonarse: en España solo se aprovecha el 15% del incremento anual de volumen de madera si no se considera la Cornisa Cantábrica (MONTERO Y SERRADA, 2013). Los bosques resultantes son cada vez más densos, menos vitales y con más problemas de estabilidad y decaimiento, lo que desincentiva la gestión, mientras aumenta su vulnerabilidad a los impactos del cambio climático (sequías, incendios, tormentas, plagas; RESCO DE DIOS et al., 2007; LINDNER et al., 2010) reforzándose el círculo vicioso.

1.3. Servicios ecosistémicos asociados a los sistemas agroforestales mediterráneos

Los sistemas agroforestales son una práctica basada en ecosistemas (FAO, 2015) generadores de múltiples servicios ecosistémicos:

a) Mayor resiliencia ecológica y biodiversidad: estos sistemas dan lugar a un incremento notable, en comparación con los sistemas agrarios y forestales convencionales, de los ecotonos y de la diversidad y conectividad de los ecosistemas (TORRALBA et al., 2016; MOSQUERA-LOSADA et al., 2018; FAO, 2019). Se han constatado incrementos del número de especies de aves, murciélagos,

artrópodos, mesofauna edáfica y flora, tanto en sistemas silvoarables (ROLLIN et al., 2013; BARRAL et al., 2015, BENTRUP et al., 2019) como silvopastorales (BUTTLER et al., 2009; PLIENINGER & HUNTSINGER, 2018). Además del valor intrínseco desde el punto de vista de la conservación, muchas de estas especies proveen otros servicios ecosistémicos esenciales como el control de plagas (fauna auxiliar) y la polinización. De hecho, la promoción de los sistemas agroforestales está recogida en la Estrategia Nacional para la Conservación de los Polinizadores (MITECO, 2020). Además, los árboles en un entorno agrario mejoran los ciclos de nutrientes y tienen una función clave de filtrado de lixiviados y de reducción de la erosividad del viento y la lluvia (TSONKOVA et al., 2021; TORRALBA et al., 2016).

b) Mayor resiliencia productiva y económica: estos sistemas están considerados como una opción de eco-intensificación (PANTERA et al., 2021) gracias a que los componentes del sistema (vegetación leñosa y cultivo / pasto) aprovechan los recursos disponibles (luz, agua, nutrientes del suelo) de manera complementaria, tanto a nivel espacial (ocupan diferentes estratos a nivel aéreo y edáfico) y temporal (número de meses al año en los que hay, al menos, un componente en actividad vegetativa). La complementariedad temporal es especialmente evidente cuando el árbol y/o el cultivo están en actividad vegetativa durante los meses de invierno. Como resultado, la productividad global de estos sistemas es mayor y más estable, ya que, en sistemas bien diseñados y gestionados, el efecto favorable de la complementariedad prevalece sobre los posibles procesos de competencia entre los componentes del sistema. En ensayos agroforestales adultos se han obtenido aumentos de la productividad global del 20-40%, es decir, que la producción total de 1 ha agroforestal equivale a la producción obtenida en 1,2 - 1,4 ha de producción agrícola y arbórea por separado (DUPRAZ & LIAGRE, 2008). La rentabilidad también es superior, con incrementos en torno al 15 - 20% (KAESER et al., 2010 & 2011). Otros beneficios para el productor son la menor vulnerabilidad a las fluctuaciones del precio de un producto y la generación de productos de alto valor añadido a nivel ambiental y con opciones de diferenciación en el mercado, siendo especialmente sinérgicos con otras prácticas agroecológicas (producción ecológica, agricultura de conservación o regenerativa, permacultura...), la valorización de la mejora del paisaje (eco-turismo) y otros mercados emergentes: *carbon farming*, pagos por compensación de emisiones y otros servicios ambientales.

c) Menor vulnerabilidad a sequía, eventos meteorológicos extremos e incendios: el componente leñoso crea un microclima con temperaturas extremas suavizadas y un menor efecto evaporativo del viento, favoreciendo así al cultivo o al pasto. En el caso del silvopastoralismo, los árboles favorecen el bienestar animal al crear refugios del sol y de las tormentas, además de prolongar el período vegetativo del pasto en verano. Además, se puede incrementar y diversificar la oferta forrajera empleando árboles productores de alimento (frutos, ramón) para el ganado, que dispone de recursos alimentarios durante un período más prolongado. El silvopastoralismo en terreno forestal permite reducir la densidad arbolada, mejorando el balance hídrico y la vitalidad de los árboles mantenidos. Además, se reduce la vulnerabilidad a grandes incendios forestales, gracias a la menor acumulación de combustible y a la creación de discontinuidades verticales entre estratos, por el doble efecto de consumo y aplastamiento de la vegetación baja por parte del ganado.

d) Mitigación del cambio climático: añadir árboles a terrenos de cultivo o pasto permite estabilizar e incrementar el carbono orgánico del suelo (menor superficie laboreada, rizosfera más rica, aporte de necromasa) y el almacenamiento de carbono a largo plazo en la madera y las raíces, incrementándose la capacidad global de sumidero (MOSQUERA-LOSADA et al., 2018). Además, la presencia de árboles permite reducir el volumen de fertilizante (reducción de la superficie cultivada, bombeo de nutrientes desde capas profundas del suelo, aporte de materia orgánica) y de otros insumos de la explotación, por ejemplo, si los árboles generan biomasa para su aprovechamiento energético o alimento para el ganado. En el caso del silvopastoralismo en bosque, la reducción de la vulnerabilidad a incendios permite evitar las emisiones asociadas a éstos, que en el período 1998-2015 alcanzaron en España una media de 9,5 Mt CO₂eq/año (ENRÍQUEZ DE SALAMANCA, 2019).

1.4. Los sistemas agroforestales en la política comunitaria

Los beneficios mencionados previamente de los sistemas agroforestales han dado lugar a su inclusión explícita como medida a promover en las principales normativas y estrategias comunitarias de los últimos años, entre las que destacan:

- Documento acompañante de la comunicación “Una bioeconomía sostenible para Europa: SWD(2018) 431
- Evaluación de la Estrategia Europea de Adaptación al cambio climático: SWD(2018) 461
- Estrategia a largo plazo para 2050 “Un planeta limpio para todos” COM(2018) 773
- Reglamento LULUCF 2018/841
- Pacto Verde Europeo: COM(2019) 640
- Estrategia sobre Biodiversidad para 2030: COM(2020) 380
- Estrategia de la Granja a la Mesa: COM(2020) 381
- Análisis de los vínculos entre la reforma de la PAC y el Pacto Verde: SWD(2020) 93
- Estrategia Forestal Europea para 2030 - COM(2021) 572
- Estrategia Europea del suelo para 2030 - COM(2021) 699
- Reglamento con las normas para apoyar los planes estratégicos nacionales bajo la PAC, FEGA y FEDER: 2021/2115

Además, la Estrategia Catalana de Adaptación al Cambio Climático 2013-20 y la Estrategia Regional contra el Cambio Climático de Castilla y León 2009-2012-2020 contemplan la ganadería extensiva y la agroforestación, respectivamente, como medidas clave de adaptación.

1.5. Los sistemas agroforestales en España y Europa

La superficie de los sistemas agroforestales en la Unión Europea (contabilizando el Reino Unido y sin contabilizar Croacia) es la siguiente (DEN HERDER et al., 2017):

- los sistemas silvoarables ocupan unas 590.000 ha, es decir, poco más del 0,6% de la superficie agraria. De esta superficie, unas 170.000 ha se encuentran en España (0,7% de la superficie agraria en uso).
- los sistemas silvopastorales ocupan casi 16 millones de hectáreas, de las cuales 5,7 millones (36%) se encuentran en España, principalmente en la Dehesa. El silvopastoralismo en espacios abiertos se aplica solo en el 12% de la superficie de pasto europea.

Este gran contraste entre el interés de estos sistemas y su escaso grado de adopción, más allá de la Dehesa, atiende a una serie de motivos:

a) Normativos: el enfoque inicial de la PAC penalizaba la presencia de árboles en el medio agrario, al reducir éstos la superficie elegible para recibir ayudas directas, e incluso financió la eliminación de márgenes leñosos en numerosas concentraciones parcelarias. En las últimas formulaciones de la PAC estos sistemas han comenzado a ser promovidos activamente, especialmente a partir del PDR 2007-2013 (sub-medida 222) y 2014-2020 (medida 8.2). Además, el “Reglamento Ómnibus” (Reglamento 2017/2393) ha facilitado que la presencia de árboles en el medio agrario no dé lugar a una reducción de las ayudas directas de la PAC.

b) Culturales: la gestión agraria a menudo ha tendido a buscar la simplificación y homogeneización, con una reducción de las especies y variedades cultivadas y la eliminación de superficies consideradas improductivas. En el caso de la superficie forestal, el monte mediterráneo se caracteriza en general por una baja tasa de gestión. En los últimos años, sin embargo, hay un claro

incremento de la superficie agraria bajo una gestión que busca mejorar la sostenibilidad económica y ambiental (producción ecológica, de conservación, regenerativa) y existe un potencial creciente para fomentar el silvopastoralismo en el marco de políticas de economía circular y de prevención de incendios.

c) Estructura de propiedad y gestión: la pérdida de rentabilidad de la actividad agraria convencional ha hecho que una parte notable de la superficie productiva se encuentre en régimen de arrendamiento, lo que desincentiva la diversificación de usos y la aplicación de prácticas de mayor respeto ambiental, si no generan un rédito económico a corto plazo.

d) Desinformación: a menudo, los sistemas agroforestales se perciben como una vuelta a una agricultura o ganadería pre-industrial. Sin embargo, las experiencias de sistemas agroforestales instalados y gestionados con maquinaria moderna muestran su compatibilidad con técnicas agronómicas avanzadas, además de compensar muchas de las limitaciones de la gestión convencional. La falta de experiencias piloto dificulta el conocimiento de estos sistemas y su adopción.

2. Objetivos del proyecto LIFE AgroForAdapt

El objetivo principal del proyecto LIFE AgroForAdapt (desarrollado entre octubre 2021 y septiembre 2026) es promover los sistemas agroforestales como medida de adaptación al cambio climático de los sectores agrario y forestal en el mediterráneo. En el proyecto se trabaja con dos tipos de sistema agroforestal:

- Silvoarables: vegetación leñosa combinada con cultivos
- Silvopastorales: vegetación leñosa combinada con el pastoreo del ganado

Los objetivos específicos del proyecto (OE) son:

OE1. Evaluar y demostrar cómo los sistemas agroforestales mediterráneos son un uso de la tierra que promueve la resiliencia a la sequía y a los incendios forestales, a la vez que mejoran la provisión de múltiples servicios ecosistémicos: protección de la biodiversidad, diversificación de ingresos, rentabilidad, fijación de C, valores paisajísticos y socioculturales...

OE2. Incrementar la superficie agroforestal demostrativa mediante la instalación o mejora de la gestión de 291 ha de sistemas silvoarables y 511 ha de sistemas silvopastorales e induciendo la replicación de 300 y 1.075 ha adicionales, respectivamente.

OE3. Desarrollar y aplicar herramientas innovadoras para:

- i) evaluar los servicios ecosistémicos y la vulnerabilidad al cambio climático de sistemas agrarios, forestales y agroforestales. Entre las variables a evaluar se incluyen la biodiversidad (edáfica, flora, aves, abejas, mariposas, índice de biodiversidad potencial forestal), evaluación productiva y socioeconómica, balance hídrico, balance de carbono, humedad edáfica, índices de vegetación o la vulnerabilidad estructural de bosques a grandes incendios forestales.
- ii) facilitar el diseño y la priorización de áreas en las que instalar sistemas agroforestales.
- iii) evaluar el funcionamiento a largo plazo de los sistemas agroforestales demostrativos.

OE4. Promover los sistemas agroforestales en planes de adaptación y gestión territorial y en políticas y normativas climáticas, agrícolas, forestales y ambientales.

OE5. Sensibilizar sobre el interés y la multifuncionalidad de estos sistemas en la sociedad en general y en los sectores agrario y forestal en particular.

OE6. Desarrollar, y aplicar a escala piloto, herramientas de planificación y comerciales para promover los sistemas agroforestales.

3. Metodología del proyecto

3.1. Áreas de trabajo, beneficiarios y acciones

Las áreas de trabajo son cuatro: Cataluña (3 de las 4 provincias), Castilla y León (5 de las 9 provincias), Occitanie (Francia) y Provenza-Alpes-Costa Azul (Francia). La Figura 6 muestra la distribución de los sistemas demostrativos por tipología y área de trabajo.

El proyecto tiene ocho beneficiarios, con perfiles complementarios:

Un centro de investigación y transferencia: *Centre de Ciència y Tecnologia Forestal de Catalunya*: coordinador del proyecto.

Cuatro administraciones públicas: *Diputació de Barcelona* (OT *Prevenició Municipal d'Incendis Forestals i Desenvolupament Agrari*); *Diputació de Girona*; *Àrea Metropolitana de Barcelona* (OT *Gerència*); *Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural* (*Servei d'Innovació Agroalimentària y Subdirecció de Planificació Rural*).

Dos consultoras privadas: Agresta S. Coop (responsable del proyecto en Castilla y León); Agroof, SCOP (responsable del proyecto en Francia).

Una ONG de conservación de la naturaleza: *Fundació Emys*.

Además, el proyecto cuenta con la *Diputació de Tarragona* como entidad co-financiadora y con Sorbus Bosques Sostenibles SL y *Consell Comarcal del Baix Llobregat* como entidades colaboradoras.

El proyecto se desarrolla a través de 20 acciones (Figura 7).

3.2. Herramientas innovadoras del proyecto

A lo largo del proyecto se prevé desarrollar y aplicar a escala piloto una serie de nuevas herramientas:

- priorización de áreas en las que instalar sistemas silvoarables;
- priorización de áreas en las que instalar sistemas silvopastorales;
- diseño de sistemas silvoarables;
- planificación agro-silvo-pastoral integral a escala de finca o conjunto de fincas (25 – 500 ha);
- planificación agro-silvo-pastoral integral a escala supramunicipal (25 – 500 km²);
- experiencia piloto de promoción comercial y visibilización de productos generados en sistemas agroforestales.

3.3. ¿Cómo participar en el proyecto?

En los cinco años de duración del proyecto se prevé la participación activa de diversos perfiles de personas y entidades, principalmente los relacionados con la implementación de estos sistemas (agricultores, ganaderos, selvicultores), pero también perfiles técnicos e investigadores, políticos, estudiantes, entidades de comercialización y consumo, y sociedad en general. Para ello, se prevé una batería de actividades dirigidas a públicos generales o específicos, que incluyen:

a) Fomento directo de la replicación de sistemas agroforestales: asesoramiento técnico para la implantación de nuevos sistemas, tanto en las áreas de trabajo como en zonas colindantes.

b) Actividades de *networking*: creación de una red de sistemas agroforestales mediterráneos que agrupe a las personas propietarias de estos sistemas y permita el intercambio de información y experiencias; viajes técnicos y otras experiencias de colaboración con personas, entidades y proyectos con temáticas o enfoques relacionados con los de AgroForAdapt.

c) Actividades de divulgación y capacitación: jornadas y cursos de especialización, artículos técnicos y manuales, conferencias y seminarios técnico-científicos. A través de la página web (www.agroforadapt.eu) y de redes sociales se anunciarán y difundirán estas actividades.

d) Incorporación de medidas de fomento de estos sistemas en el marco político y normativo y en planes de adaptación regionales y locales en el área de trabajo.

4. Agradecimientos

El proyecto LIFE AgroForAdapt (LIFE20 CCA/ES/001682) está financiado por el programa LIFE de la Unión Europea.

Agradecemos la implicación de las entidades públicas y personas propietarias de los terrenos en los que se instalan los sistemas agroforestales demostrativos.

5. Bibliografía

BARRAL, M.P.; REY BENAYAS, J.M.; MELI, P.; MACEIRA, M.O.; 2015. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: A global meta-analysis. *Agric Ecosyst Environ* 202 223 - 231

BENTRUP, G.; HOPWOOD, J.; ADAMSON, N.L.; VAUGHAN, M.; 2019. Temperate Agroforestry Systems and Insect Pollinators: A Review. *Forests* 10(11) 981

BURGESS, P.J.; CROUS-DURAN, J.; DEN HERDER, M.; DUPRAZ, C.; FAGERHOLM, N.; FREESE, D.; GARNETT, K.; GRAVES, A.R.; HERMANSEN, J.E.; LIAGRE, F.; MIRCK, J.; MORENO, G.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; PALMA, J.H.N.; PANTERA, A.; PLIENINGER, T.; UPSON, M.; 2015. AGFORWARD Project Periodic Report: January to December 2014. Cranfield University: AGFORWARD. 95 pp. <http://www.agforward.eu/index.php/en/news-reader/id-27-february-2015.html>

BUTTLER, A.; KOHLER, F.; GILLET, F.; 2009. The Swiss Mountain Wooded Pastures: Patterns and Processes. En: RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MCADAM, J.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. (eds) *Agroforestry in Europe. Advances in Agroforestry*, vol 6. Springer, Dordrecht.

COELLO, J.; MORÉ, E.; TAÜLL, M.; CRISTÓBAL, R.; 2019. Los sistemas agroforestales. Dossier Técnico 99. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya. 28 p. Barcelona

EICHHORN, M.P.; PARIS, P.; HERZOG, F.; INCOLL, L.D.; LIAGRE, F.; MANTZANAS, K.; MAYUS, M.; MORENO, G.; PAPANASTASIS, V.P.; PILBEAM, D.J.; PISANELLI, A.; DUPRAZ, C.; 2006. Silvoarable systems in Europe – Past, present and future prospects. *Agroforest Syst* 67 29 - 50

ENRÍQUEZ DE SALAMANCA, A.; 2019. Contribution to Climate Change of forest fires in Spain: emissions and loss of sequestration. *J Sustain Forest* 1 - 15.

FAO. 2015. Agroforestry definition. www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en

FAO. 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture, J. Bélanger & D. Pilling (eds.). FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. 572 p. Roma

IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 906 p. www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2021/07/210714-IPCCJ7230-SRCCL-Complete-BOOK-HRES.pdf

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

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

LINDNER, M.; MAROSCHEK, M.; NETHERER, S.; KREMER, A.; BARBATI, A.; GARCIA-GONZALO, J.; SEIDL, R.; DELZON, S.; CORONA, P.; KOLSTRÖM, M.; LEXER, M.J.; MARCHETTI, M.; 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For Ecol Manage* 259(4) 698 - 709

MIGUEL, E.; POINTEREAU, P.; STEINER, C.; 2000. Los árboles en el espacio agrario. Importancia hidrológica y ecológica. Banco Santander Central Hispano. 93 p. Madrid.

MITECO; 2020. Estrategia nacional para la conservación de los polinizadores. Aprobada por Conferencia Sectorial de Medio Ambiente de 21 de septiembre de 2020. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. 93 p. Madrid.

MONTERO, G.; SERRADA, R.; 2013. La situación de los bosques y el sector forestal en España - ISFE 2013. Sociedad Española de Ciencias Forestales. 260 p. Lourizán (Pontevedra).

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

PANTERA, A.; MOSQUERA-LOSADA, M.R.; HERZOG, F.; DEN HERDER, M.; 2021. Agroforestry and the environment. *Agroforest Syst* 95 767 – 774

PLIENINGER, T.; HUNTSINGER, L.; 2018. Complex Rangeland Systems: Integrated Social-Ecological Approaches to Silvopastoralism. *Rangeland Ecol. Manage.* 71(5) 519 – 525

POINTEREAU, P.; 2002. Les haies: évolution du linéaire en France depuis quarante ans. *Courrier de l'environnement de l'INRA* 46 69 - 73

REISNER, Y.; DE FILIPPI, R.; HERZOG, F.; PALMA, J.; 2007. Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecol Eng* 29 401 – 418

RESCO DE DIOS, V.; FISCHER, C.; COLINAS, C.; 2007. Climate change effects on Mediterranean forests and preventive measures. *New for* 33(1) 29 – 40

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

TORRALBA, M.; FAGERHOLM, N.; BURGESS, P.J.; MORENO, G.; PLIENINGER, T. 2016. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 230 150 – 161

TSIAFOULI, M.A.; THÉBAULT, E.; SGARDELIS, S.P.; DE RUITER, P.C.; VAN DER PUTTEN, W.H.; BIRKHOFFER, K.; HEMERIK, L.; DE VRIES, F.T.; BARDGETT, R.D.; BRADY, M.V.; JØRGENSEN, H.B.; CHRISTENSEN, S.; D'HERTEFELDT, T.; HOTES, S.; HOL, W.H.G.; FROUZ, J.; LIIRI, M.; MORTIMER, S.R.; SETÄLÄ, H.; TZANOPOULOS, J.; UTESENY, K.; PIŽL, V.; STARY, J.; WOLTERS, V.; HEDLUND, K.; 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biol.* 21 973 – 985

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. *Agroforest Syst* 85 133 – 152

VAN ZANTEN, B.T.; VERBURG, P.H.; ESPINOSA, M.; GOMEZ-Y-PALOMA, S.; GALIMBERTI, G.; KANTELHARDT, J.; KAPFER, M.; LEFEBVRE, M.; MANRIQUE, R.; PIORR, A.; RAGGI, M.; SCHALLER, L.; TARGETTI, S.; ZASADA, I.; VIAGGI, D.; 2014. European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review. *Agron. Sustainable Dev.* 34(2) 309 – 325.

WILCOX, L.J.; YIOU, P.; HAUSER, M.; LOTT, F.; VAN OLDENBORGH, G.J.; COLFESCU, I.; DONG, B.; HEGERL, G.; SHAFFREY, L.; SUTTON, R.; 2018. Multiple perspectives on the attribution of the extreme European summer of 2012 to climate change. *Clim. Dyn.* 50 1 – 19



Figura 1. Sistema silvoarable con el componente leñoso (frutales) en el margen. Riaza (Segovia).



Figura 2. Sistema silvoarable con el componente leñoso (frutales) en forma de hileras. Vezdemarbán (Zamora).



Figura 3. Sistema silvoarable con el componente leñoso disperso o formando islas. Gormaz (Soria).



Figura 4. Sistema silvopastoral con el componente leñoso disperso o formando islas. Tiermes (Soria).



Figura 5. Sistema silvopastoral con el componente leñoso (enebros y encinas) dominante. Espeja de San Marcelino (Soria).

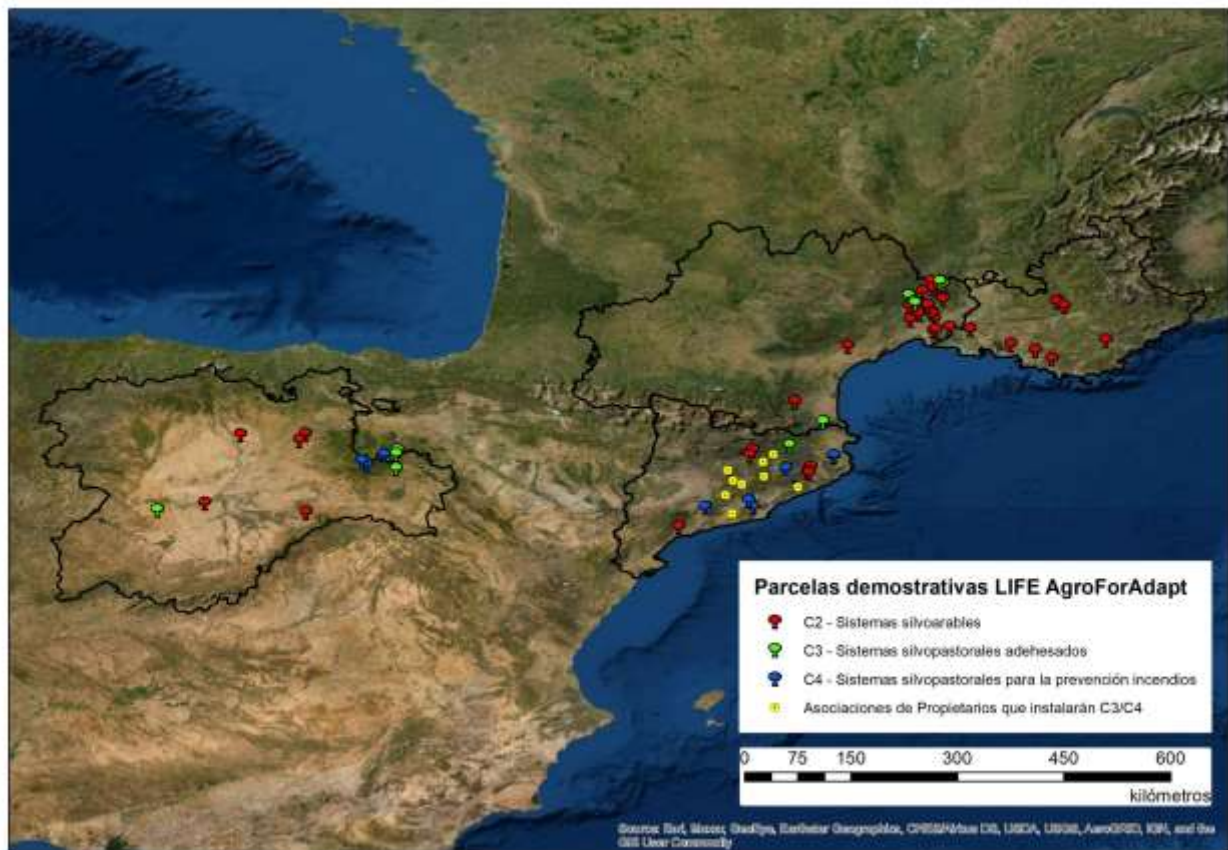


Figura 6. Distribución de los sistemas demostrativos por tipología de sistema y área de trabajo

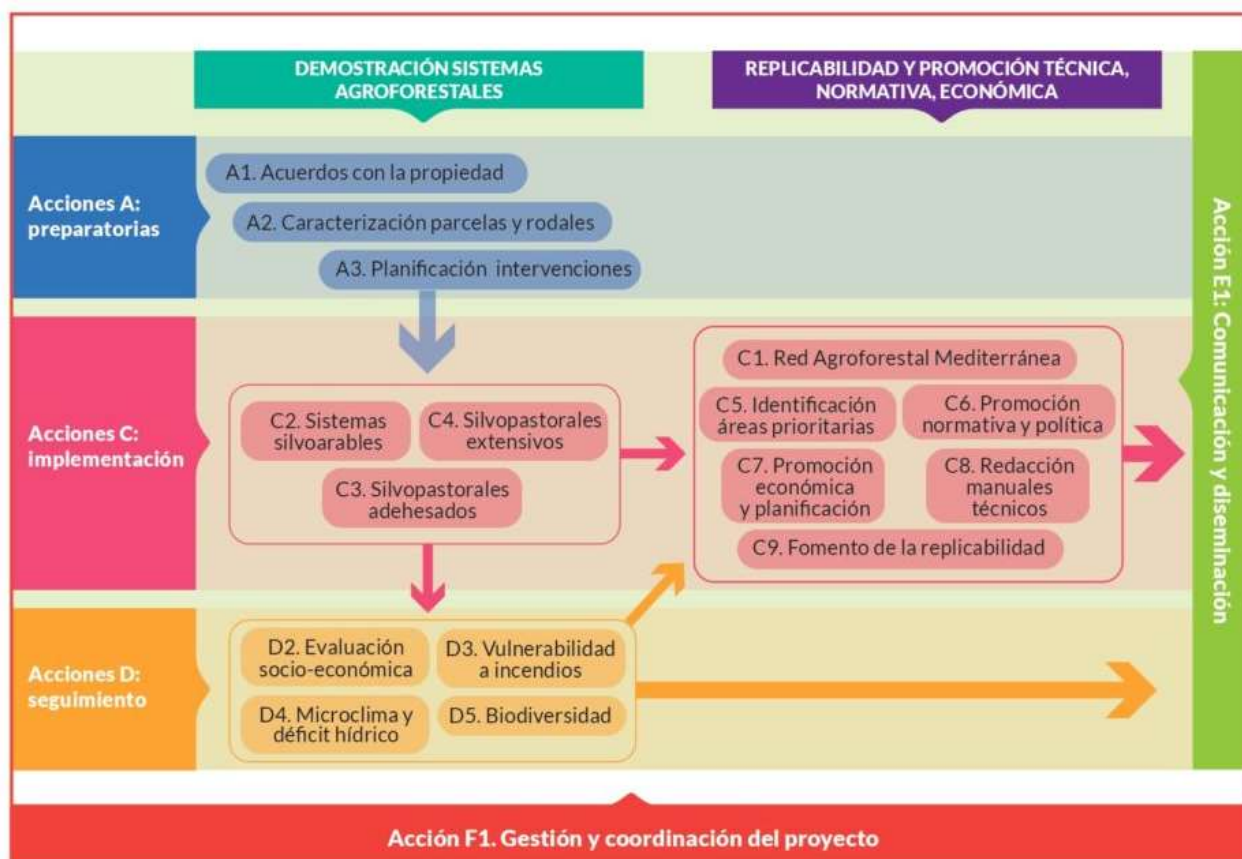


Figura 7. Flujo de las acciones del proyecto