

INFORME LAYMAN / LAYMAN'S REPORT
LIFE 11 / ENV / ES / 000535

Socios / *Partners*

Universidad de Valladolid

Coordinación científica y técnica.
Scientific and technical coordination.

FUNGE UVa

Coordinación administrativa y financiera.
Administrative and financial coordination.

PHC Plant Health Cure

Innovación tecnológica de productos micorrícicos y mejoradores del suelo.
Technological innovation of mycorrhyza products and soil improvers.

FSG

Plan de gestión agroforestal y coordinación de la certificación de créditos de carbono.
Agroforestry planning and coordination of carbon credit certification.

VIVEROS FUENTEAMARGA, S.L.

Producción de plantas inoculadas.
Production of inoculated plants.

Fundació Catalunya La Pedrera

Responsable del área demostrativa en la Muntanya d'Alinyà.
Responsible for the demonstration area Muntanya d´Alinyà.

Beral Ingeniería, S.L.P.

Responsable del área demostrativa en Ayoó de Vidriales.
Responsible for the demonstration area Ayoó de Vidriales.

Edena Alternativas Ecológicas

Responsable del área demostrativa en San Mateo de Gállego.
Responsible for the demonstration area San Mateo de Gállego.

TRANSFER CONSULTANCY

Coordinación de la comunicación y difusión de los resultados.
Coordination of communication and dissemination of results.

OPERACIÓN CO_2

1. ¿Por qué esta iniciativa?

Problemas ambientales

Abordar los problemas del **cambio climático** no es una cuestión de futuro dado que éstos ya pueden observarse y sus efectos se sienten a nivel global a través de cambios en precipitaciones, temperatura, condiciones meteorológicas extremas y emisiones de CO_2.

Hoy en día, nuestro conocimiento de las tendencias del clima Europeo indica un aumento de las temperaturas de entre 2º a 4º C y en las precipitaciones del 10 al 50% de cara a la década del 2080.

Estos cambios están distribuidos de manera desigual según la región y/o la estación climática, aunque parece que serán más pronunciados en el sur de Europa, donde veremos un incremento de la temperatura de +5ºC y un crecimiento de los períodos de sequía intensa en la **zona del Mediterráneo**.

Con el fin de demostrar la posibilidad de transformar áreas erosionadas o propensas a erosión en España en suelos saludables e incrementar el secuestro de carbono surge la iniciativa propuesta por el proyecto **Operación CO_2.**

¿Qué es un sistema agroforestal?

La **agroforestería** es un grupo de prácticas y sistemas de producción, donde la **siembra de los cultivos** y **árboles forestales** se encuentran secuencialmente y en combinación con la aplicación de **prácticas de conservación de suelo**.

Estas prácticas y sistemas están diseñados y ejecutados dentro del contexto de un plan de manejo de agroforestal, donde la participación del agricultor es clave.

El proyecto **"Operación CO_2."** tiene como objetivo principal evaluar la viabilidad de **incrementar el secuestro de carbono** en Europa mediante acciones de **gestión forestal y agroforestal**, ambiental y **económicamente sostenibles**, con el fin de contribuir a la lucha contra el cambio climático.

Objetivos

1. Promover la conservación a través de la **gestión integral del bosque** y el potenciar el secuestro de carbono

2. Transformar áreas degradadas en **ecosistemas integrales agroforestales**.





OPERATION CO_2

1. *Why carry out this initiative?*

Environmental problems

*Tackling the impacts of **climate change** is not a matter for the future, as they are already being observed and their effects felt worldwide through changes in precipitation, temperature, extreme weather events and CO_2 emissions.*

Nowadays, the current understanding of European climate trends leads to a projected overall temperature increase from 2º to 4º C and precipitation changes of 10 to 50% by 2080.

*These changes are unequally distributed across different regions and seasons and are likely to become more pronounced in Southern Europe with temperature increases reaching +5ºC and particularly, an increase of drought periods throughout the **Mediterranean** area.*

*The **Operation CO_2** initiative arises therefore as a tool to demonstrate the feasibility of transforming abandoned areas in Spain into healthy and productive soils. This will create ecosystems that contribute to climate change resilience.*

What is an agroforestry system?

Agroforesty** is a group of practices and production systems where **the planting of trees and diverse crops** is combined with **soil conservation.

These practices and systems are designed and carried out within the context of an agroforesty management plan, in which the participation of the farmer is key.

*The project **"Operation CO_2"** seeks to evaluate the **viability of increasing carbon sequestration** in Europe through environmentally and economically sustainable, **forest and agroforestry management actions** with the end goal of contributing to the fight **against climate change.***

Objectives

***1.** Promoting conservation through an **integral management of forests** and the potential of carbon capture.*

2.** Transform degraded areas into **integral agroforestry ecosystems.

2. ¿Dónde se ejecuta?

El proyecto se implementa en 3 regiones de España con diferentes características climáticas y con problemas ambientales particulares.

Para abordar el **primer objetivo** del proyecto, el cual es promover la conservación a través de la gestión activa del bosque y la fijación de CO_2, se efectúa el **Plan de gestión integral forestal** en el Espai Natura Muntanya d'Alinyà.

Es una finca de 5.400 hectáreas situada en el Pre-pirineo catalán, propiedad de la Fundació Catalunya-La Pedrera.

Esta área presenta varias amenazas ambientales, como el estancamiento de la masa forestal, la falta de vigor, un elevado riesgo de incendio, la aparición de plagas forestales y la desertificación entre otros.

El **segundo objetivo** se centra en transformar áreas degradadas en ecosistemas integrales agroforestales. Para tal fin se implementa el **Plan agroforestal** en dos comunidades españolas, Castilla y León y Aragón.

Las áreas seleccionadas comparten diversos problemas ambientales como lo son la compactación del suelo, erosión, sequía, riesgo de incendios y desertificación.

Muntanya d'Alinyà (Catalunya) Area A

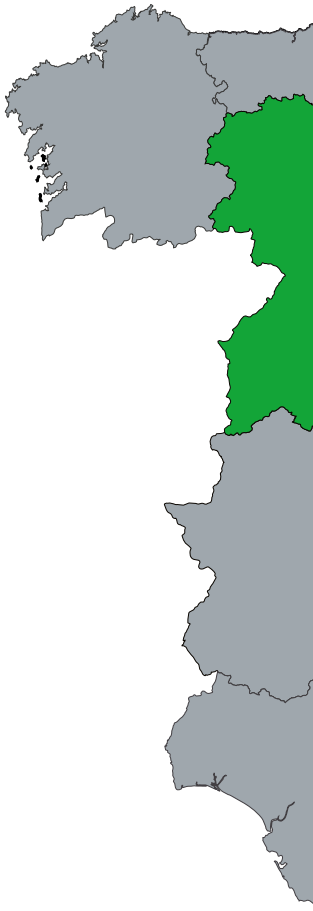


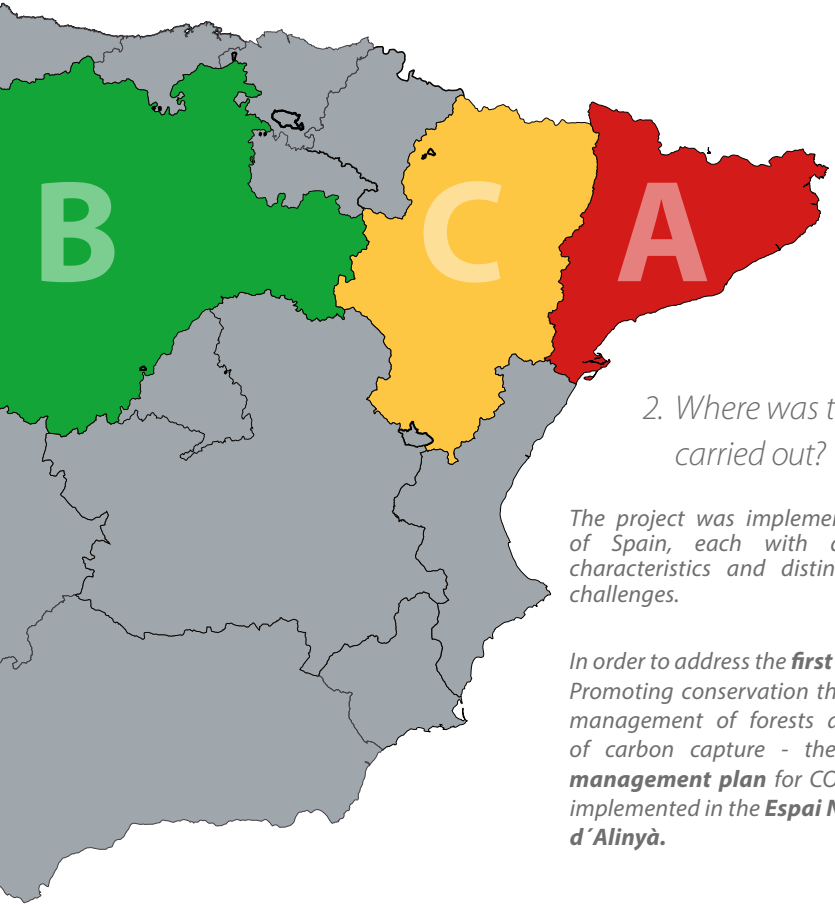
Ayoó de Vidriales (Castilla y Léon) Area B



San Mateo de Gállego (Aragón) Area C







2. Where was the project carried out?

The project was implemented in 3 regions of Spain, each with different climatic characteristics and distinct environmental challenges.

*In order to address the **first project objective** Promoting conservation through an integral management of forests and the potential of carbon capture - the **Integral forest management plan** for CO_2 fixation is being implemented in the **Espai Natura Muntanya d´Alinyà.***

The site, located in the Catalan Pre-Pyrenees, covers 5.400 hectares and belongs to the Fundació Catalunya-La Pedrera. Here, various environmental threats to the forest are present including stagnation in growth, lack of vigor, high risk of forest fires, plagues, and desertification among others.

*The **second objective** focuses on transforming degraded areas into integral agroforestry ecosystems.*

*To accomplish this, the **Agroforestry plan** is being implemented in two Spanish Autonomous Communities: Castilla y Leon and Aragon.*

The chosen areas share diverse environmental issues such as soil compaction, erosion, drought, fire risk and desertification.

Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Resumen del proyecto / Project Summary



3. ¿Cómo se llevó a cabo?

3.1. Desarrollo del Plan de gestión integral forestal.

El Plan de gestión integral forestal en la Muntanya d'Alinyà se desarrolló con el fin de disminuir los procesos erosivos, hacer frente al desaprovechamiento de recursos forestales, mejorar la conservación y sostenibilidad del área. Además, se estudió la oportunidad de venta de créditos de carbono en el mercado voluntario.

Espai Natura Muntanya d'Alinyà (Área A): El paisaje forma parte del pie de monte de los Pirineos, con altitudes que varían entre los 500 - 2.380 m.s.n.m y una precipitación anual de 1.000 mm, repartida principalmente entre la primavera y otoño.

Metodología: Se utilizaron dos metodologías bajo los estándares VCS (Verified Carbon Standard) y CCB (Climate, Community & Biodiversity).

Una consiste en la **Metodología ARR** (Forestación, Reforestación, Restauración) y la otra es la **Metodologías IFM** (Gestión Integral Forestal). Estas se aplicaron en dos zonas de estudio.

a) Planassa y Campaposta (7 ha).

Se caracteriza por ser una zona degradada donde la vegetación está compuesta mayoritariamente por formaciones de herbáceas, arbustivas y de matorral con presencia de enebro (*Juniperus oxycedrus*), boj (*Buxus sempervirens*), espino blanco (*Crataegus spp.*), rosáceas y romero (*Rosmarinus officinalis*).

Estas zonas necesitan de intervención para recuperar el balance del ecosistema y para ello se aplicó la **metodología ARR** donde las actividades consistieron en gestionar y planificar las plantaciones para un periodo de 30 años.

Se plantaron parcelas con manzanos (*var. Crimson, Crisp, Opal y Renoir*) y aromáticas ecológicos (*Lavandula angustifolia, Thymus vulgaris, Rosmarinus officinalis, Satureja montana, Hyssopus vulgaris y Origanum vulgare*) y otras parcelas con maderas nobles (*Juglans regia, Prunus avium, Sorbus domestica, Pinus sylvestris, Pinus nigra, Quercus ilex y Quercus pubescens*).

zonas ARR / zone ARR



En las parcelas a restaurar se plantaron árboles (*Pinus sylvestris, Pinus nigra, Quercus ilex y Quercus pubescens*) y arbustos (*Crataegus monogyna y Prunus spinosa*).



3. How was the project carried out?

3.1. Developing the Integral forest management plan.

The Integral forest management plan in the Muntanya d´ALinyà was developed to decelerate the erosion process, confront the wasting of forest resources, improve the conservation and sustainability of the area.

Furthermore a study was conducted on the opportunity for the generation and sale of carbon credits in the voluntary market.

Espai Natura Muntanya d´Alinyà (Area A): *The landscape is nestled in the foothills of the Pyrenees, with altitudes that vary between 500-2.380 meters above sea level, and an annual rainfall of 1.000 mm distributed primarily in Spring and Fall months.*

Methodology: *Two methodologies were used, keeping to the standards VCS (Verified Carbon Standard) and CCB (Climate, Community & Biodiversity). Methodologies used in two of the study zones were* ***ARR*** *(Afforestation, Reforestation, Restoration) and* ***IFM*** *(Improved Forest Management).*

a) Planassa and Campaposta (7h).

Known for being an eroded area, it is primarily composed of herbaceous, bushy, and brush vegetation such as Juniper (Juniperus oxycedrus), Boxwood (Buxus sempervirens), Hawthorn (Crataegus spp.), Rosaceae and Rosemary (Rosmarinus officinalis).

Intervention was necessary to restore balance back to the ecosystem, therefore the ***ARR methodology*** *was applied.*

Activities consisted of managing and planning the plantations for a 30 year time span.





Plots were planted with apple trees (var. Crimson, Crisp, Opal and Renoir), and organic aromatic plants (Lavandula angustifolia, Thymus vulgaris, Rosmarinus officinalis, Satureja montana, Hyssopus vulgaris & Origanum vulgare).

On other plots hardwoods (Juglans regia, Prunus avium, Sorbus domestica, Pinus sylvestris, Pinus nigra, Quercus ilex & Quercus pubescens) were planted.

In the restorative parcels, trees (Pinus sylvestris, Pinus nigra, Quercus ilex & Quercus pubescens) and bushes (Crataegus monogyna & Prunus spinosa) were planted.

b) Obaga de Colldéu (19 ha) .

(19 ha). Consiste en un área con una masa forestal homogénea de *Pinus sylvestris,* con presencia de boj y espino, surgida por regeneración tras el abandono de las labores agrícolas durante el siglo XX.

La zona presenta una masa forestal con un alto estancamiento y falta de vigor por una alta densidad de vegetación.

En esta zona se aplicó la **metodología IFM** que consistió en implementar acciones de gestión forestal sobre la masa de bosque preexistente con aclareos puntuales en los diferentes rodales (dependiendo del diámetro del árbol) para aumentar la futura captura de CO_2.

La masa forestal inicial constaba de entre 1.500 – 3.000 árboles/ha y una vez llevado a cabo los aclareos se obtuvieron densidades de 1.200 árboles/ha para los rodales de menor diámetro, de 800 árboles/ha con diámetro medio y de 500 árboles/ha para los de mayor diámetro.

Monitoreo y control:

Las tareas de monitoreo y control combinaron trabajo de campo, gabinete y laboratorio junto con diversas herramientas y tecnologías de teledetección: vuelos LiDAR, ortofotografías PNOA, imágenes de alta resolución y fotogrametría mediante aeronaves pilotadas remotamente (RPAs/drones), etc.

Los principales análisis realizados fueron: la estimación de biomasa, el análisis del contenido en carbono de las distintas especies mediante el método LECO y la evaluación de la biodiversidad.

Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
(Actuaciones en Alinyà / *Activities in Alinyà*)



Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
(Trabajos de campo IFM / Field work IFM)



zona IFM / zone IFM



b) Obaga de Colldéu (19 ha).

Implemented in a forest area comprised of Pinus sylvestris, Boxwood and Hawthorn, which grew as a result of natural regeneration after the abandonment of agricultural practices on the land in the 20th century.

The zone suffers from a lack of growth and vigor due to the high density of plant vegetation.

*Here the **IFM methodology** was applied, which consisted of implementing forest management actions in the already existing forest, with regular thinning in the different forest stands (based on tree diameter) in order to increase future CO_2 capture capacity.*

Initially, the forest contained 1500-3000 trees/ha.

After thinning activities tree density decreased to 1200 trees/ha in the stands with a smaller tree diameter, and to 800 trees/ha and 500 trees/ha in the stands with greater tree diameter.

Monitoring and Control:

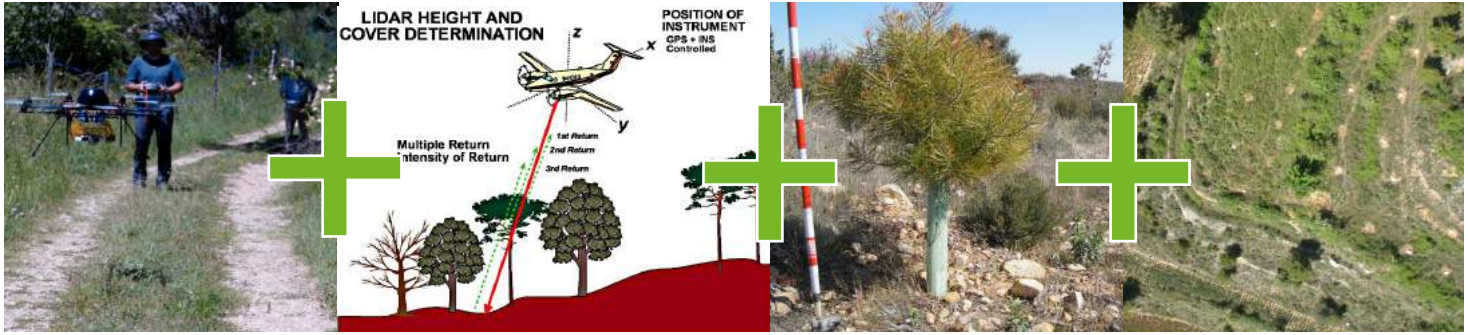
The monitoring and control activities were a combination of field, office and laboratory work, together with a multitude of remote sensing tools: LiDAR flights, orthophotographs PNOA, high resolution images and photogrammetry through remotely piloted aircrafts (RPAs/drones), etc.

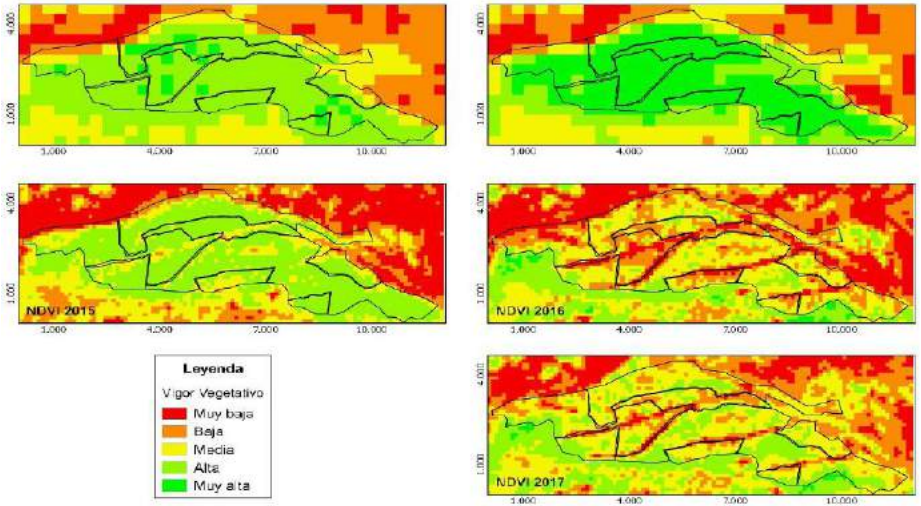
The following analyses made were: an estimation of biomass, an analysis of the carbon content of different species through LECO technology and a biodiversity evaluation.











Evolución de los valores NDVI en la zona de estudio

3.2. Desarrollo del Plan agroforestal

Se desarrollaron e implantaron dos sistemas agroforestales en suelos degradados en áreas semiáridas como herramienta para la mejorar los ecosistemas y promover el aprovechamiento sostenible de cada zonas.

Las áreas demostrativas se localizaron en Ayoó de Vidriales (Zamora) **(Área B)** y San Mateo de Gállego (Zaragoza) **(Área C)**, con un superficie de 25 ha cada una.

Ayoó de Vidriales (Área B): Se caracteriza por su suelo erosionado y propenso a los incendios (precipitaciones intensas pero escasas, con un máximo de 400-500 mm por año), mucho viento y vegetación escasa.

Es un área de propiedad comunal, su uso está controlado por el ayuntamiento y ha permanecido sin cultivar durante al menos 15 años.

San Mateo de Gállego (Área C): El clima de la zona se caracteriza como semiárido frío, con una pluviometría media de 396 mm/ año.

Presenta una elevada acción secante del viento y la alta evapotranspiración debida a las altas temperaturas que se dan durante casi seis meses al año.

La finca ha sido típicamente cerealista de bajo rendimiento, con siembra de trigos y cebadas de invierno en rotación bienal de cereal y barbecho (año y vez).

3.2. Development of the Agroforestry plan

The development and implementation of two agroforestry systems in semiarid regions with degraded soils was used as a tool to improve ecosystems and promote their sustainable use.

*The demonstration areas are located in Ayoó de Vidriales (Zamora) **(Area B)** and San Mateo de Gállego (Zaragoza) **(Area C)**, each covering 25 ha.*

***Ayoó de Vidriales (Area B):** The area was left uncultivated for at least 15 years and is now characterized by highly degraded soils, susceptible to wildfire due to the particularity of the climatic conditions of the region (sparse but very intense rainfall, maximum 400-500 mm per year), wind and sparse vegetation.*

This area has communal ownership and its use is fully controlled by the village council.

***San Mateo de Gállego (Area C):** The climate in this region is considered semi-arid and cold, receiving on average 396 mm/year of rain.*

Wind is the principal contributor to the aridity of the region, and when combined with a 6 month span of high temperatures cause high evapotranspiration.

The land has typically grown low-yield cereals on a biannual rotation cycle of wheat and barley, followed by a year of fallow land.

Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Actuaciones en Ayoó de Vidriales / Activities in Ayoó de Vidriales



Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Actuaciones en San Mateo */ Activities in San Mateo*



Metodología.

1. Diseño del Plan agroforestal

Se diseñó el plan con base a las características del terreno y se seleccionaron varias especies para abordar diferentes tipos de uso (i.e. madera, biomasa, frutales, aromáticas, protección de frontera, cobertura, cultivos anuales, entre otros).

2. División de las parcelas

Cada área demostrativa se dividió en **3 zonas** para comparar el efecto de los diferentes tratamientos micorrícicos. Se nombraron **zona A** (40% de la tierra utilizando un 100% del producto), **zona B** (40%:50%) y **zona C** = control (20%:0%).

3. Implantación de cultivos y cubiertas verdes (primer año)

Se realizó una preparación vertical con arado para descompactar el suelo. La siembra se hizo sobre las líneas o sobre caballones. El suelo se inoculó con un producto a base de esporas de micorrizas, bacterias beneficiosas y humus. control (20%:0%).

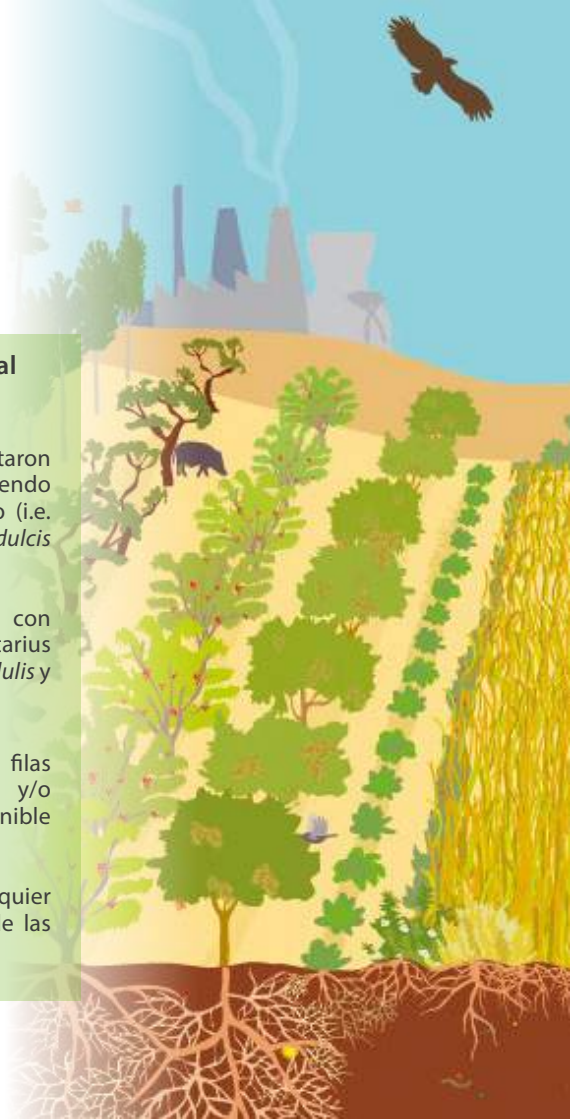
4. Implantación de la parte forestal (segundo año)

En cada área demostrativa se plantaron aprox. 3.000 árboles y arbustos siguiendo un esquema de plantación específico (i.e. *C. sativa* (10*6m), *P. vera* (10*10), *P. dulcis* (25*5), *P. pinaster* (6*5), *Q. suber* (2*2).

Algunos árboles fueron inoculados con ectomicorrizas (i.e. P. pinea con Lactarius deliciosus, el *C. ladanifer* con *Boletus edulis* y el *Q. suber* con *Pisolithus tinctorius*).

Se sembró en las calles entre las filas forestales el cultivo del cereal y/o leguminosa, actuando de manera sostenible con el manejo del suelo.

Se evitó el uso de vertederas y de cualquier labor que pudiera dañar el micelio de las micorrizas ya implantadas.





Methodology.

1. Designing the Agroforestry plan

The Agroforestry plan was designed based on the specific characteristics of the designated areas and a variety of species was selected to cover a wide range of uses (e.g. wood, biomass, fruit trees, aromatic herbs, border protection, annual crops, amongst others).

2. Plot division

Each demonstrative area was divided into 3 zones in order to compare the effect of different mycorrhizal treatments: ***Zone A*** *(40% of the land using 100% of the mycorrhiza product),* ***Zone B*** *(40%.50%) and* ***Zone C*** *= control (20%.0%) control (20%:0%).*

3. Sowing crops and green cover (Year 1)

Vertical ploughing for soil decompaction. Sowing was done on cultivation ridges. The soil was inoculated with a product based on mycorrhizal spores, beneficial bacteria and humus.

4. Adding the forestry system (Year 2)

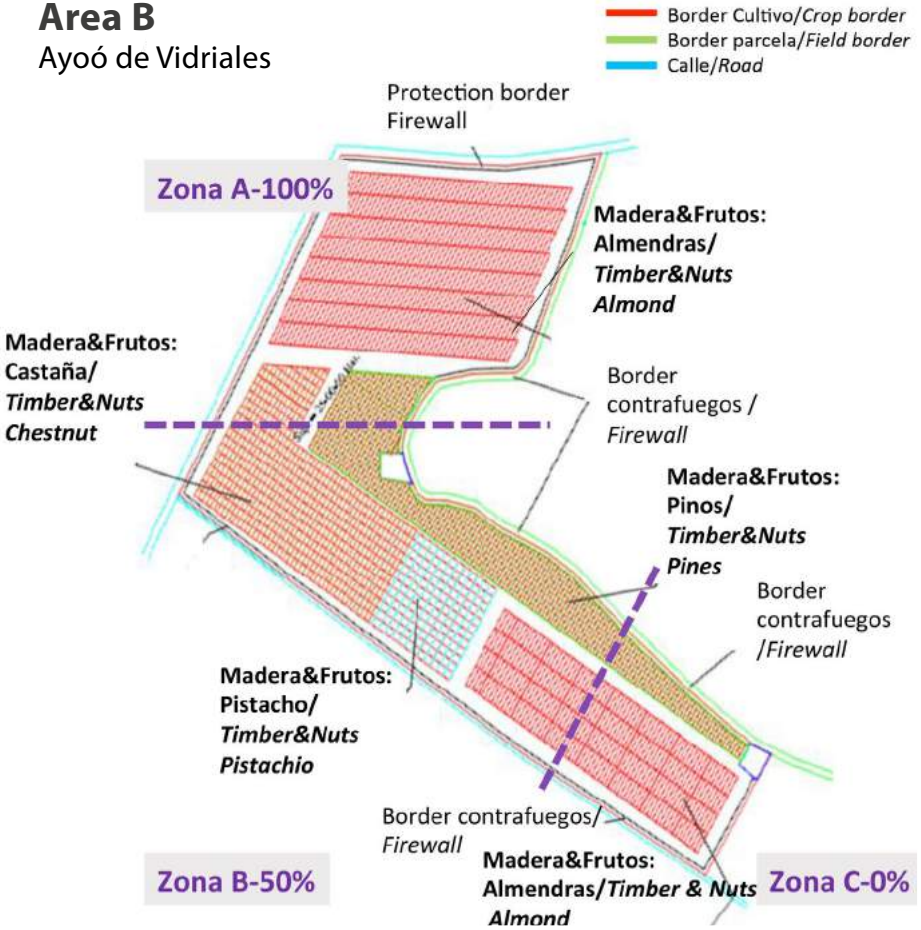
*In each demonstrative area, approximately 3,000 trees and bushes were planted according to a specific scheme (i.e. C. sativa (10*6m), P. vera (10*10), P. dulcis (25*5), P. pinaster (6*5), Q. suber (2*2).*

Some of the trees were inoculated with ectomycorrhizas (i.e. P. pinea con Lactarius deliciosus, el C. ladanifer con Boletus edulis y el Q. suber con Pisolithus tinctorius).

Cereal and/or legume crops were sowed between the forestry rows, in order to sustainably manage the soil.

The use of moldboard plow was strictly avoided along with any tilling that could damage the mycelium of the mycorrhizae.

Area B
Ayoó de Vidriales



Monitoreo y control.

Las tareas de monitoreo y control incluyeron la evaluación del rendimiento anual de las cosechas, la supervivencia de los árboles, el efecto de los tratamientos micorrícicos, el análisis de carbono y de la biodiversidad.

Monitoring and control.

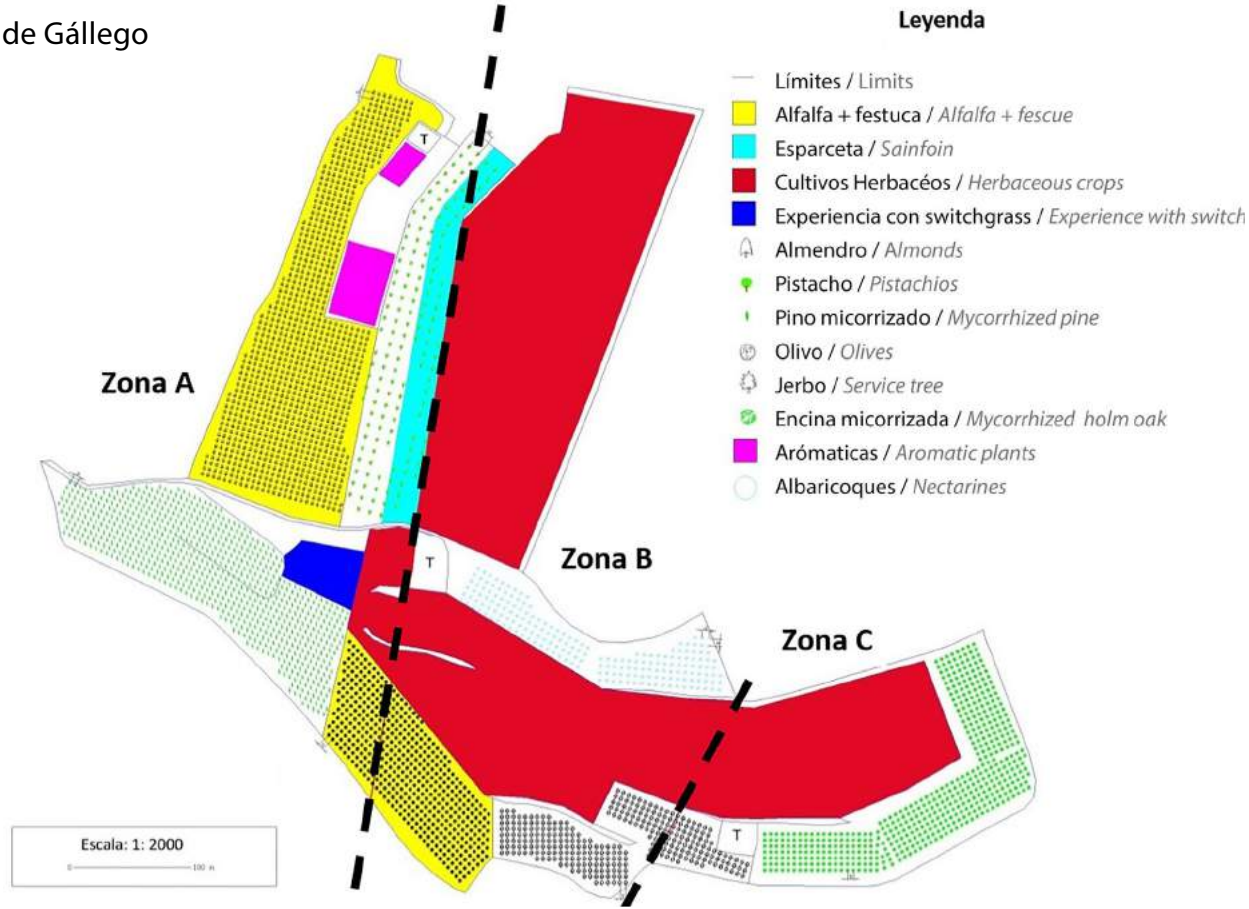
Monitoring and control tasks included an evaluation of the annual yield, the survival of the trees, the effect of mycorrhyzal treatments, and analyses of carbon and biodiversity.

Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Monitoreo en San Mateo / *Monitoring in San Mateo*)



Area C

San Mateo de Gállego



4.1. Plan de gestión integral forestal

- **Gestión forestal:** Gracias a las plantaciones, se están generando diversos servicios ecosistémicos (i.e. empleo verde, aumento de la biodiversidad, ecoturismo e identidad local, conservación del suelo y el agua, entre otros) y productos de elevado valor añadido (manzanas ecológicas, plantas aromáticas y maderas nobles cuando llegue el turno de tala correspondiente). Cabe mencionar que durante el proyecto se logró obtener la **certificación ecológica** CCPAE para la plantación de manzanos y aromáticas.

- **Estimación de biomasa & Contenido de carbono:** Los resultados de carbono almacenado comprenden 38 meses de estudio, es decir, desde el inicio de las plantaciones en abril de 2014 a hasta junio de 2017. Las mediciones indican que hubo un aumento del 9.03% de biomasa total respecto a la línea base, equivalente a 9.89 toneladas. Este mismo porcentaje es aplicable al carbono contenido en dicha biomasa.

- **Fijación de carbono prevista** en las **actuaciones del proyecto** (créditos de carbono): se ha inscrito en el Registro de proyectos de absorción de CO_2 del MAPAMA, que corresponden a la fijación de carbono de 60 toneladas en las zonas de restauración y de plantaciones forestales para la obtención de maderas nobles (ARR).

Sin embargo, actualmente no es posible inscribir la fijación positiva de carbono generadas por las plantaciones de aromáticas y de manzanos por no existir unos estándares definidos. Tampoco ha sido posible inscribir el aumento total neto de carbono fijado en la masa forestal estudiada (IFM) dado que la corta y retirada de madera para aumentar el crecimiento y el vigor de la masa forestal restante supone una disminución de carbono neta que no se compensa hasta pasados 40 años.

Esto según el modelo de crecimiento de la masa forestal teniendo en cuenta los diferentes escenarios de cambio climático. Al final del periodo modelizado (año 2100), el carbono total de la masa se estima que habrá aumentado entre 130 y 160 toneladas por hectárea.

- **Biodiversidad:** La línea base de esta zona es de por sí muy biodiversa, por lo que es difícil encontrar aumentos notables de la misma. Se han analizado dos grandes grupos, insectos y aves, y se ha constatado que en todos los casos existen mejoras de algunos parámetros o índices de biodiversidad, como en la riqueza de las especies y el tamaño de las poblaciones.

Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
(Actuaciones en Alinyà / *Results of the Activities in Alinyà*)





4.1. Integral forest management plan

- ***Forest management:*** *The plantations are generating diverse ecosystem services (green jobs, biodiversity increase, ecotourism and local identity, soil and water conservation among others) and products with high added value (organic apples, aromatic plants and hardwoods whose wood will be harvested in due time). During the project, the CCPAE* ***organic certification*** *was obtained for the apple and aromatic plantations.*

- ***Biomass and carbon content estimation:*** *The results quantify carbon captured during a span 38 months since the first planting in April 2015 to June 2017. The measurements show that there was a 9.03% total increase compared to the baseline, equivalent to 9.89 tons of biomass. This same percentage is applicable to the carbon content in said biomass.*

- ***Expected carbon fixation*** *(carbon credits): Operation CO_2 was registered in the MAPAMA Registry of CO_2 absorption projects, for the fixation of 60 tons of carbon in restorative zones and forest plantations dedicated to hardwood trees (ARR). Still, total carbon capture cannot concretely be quantified due to the fact that there is no existing standard for aromatic plants and apple trees. Quantification of the increase in net carbon captured in the forest under study (IFM) was also not possible, given that the thinning of trees to increase the growth and vigor of the remaining forest mass immediately results in a decrease in net carbon which will take 40 years to recuperate. This last figure comes from a growth model of forest mass which takes into account different climate change scenarios. According to the model, at the end of the model period (year 2100), total carbon will have increased by 130-160 tons/ha.*

- ***Biodiversity:*** *The baseline of this zone was already in itself very biodiverse, making notable increases in biodiversity difficult to find. Two large groups were analyzed: insects and birds, and in all of the cases improvements were seen in some parameters or biodiversity indexes for example: species richness and species abundance.*









4.2. Plan agroforestal
4.2. Agroforestry plan

	Ayoó de Vidriales	San Mateo de Gállego
Antes *Before*		
Después *After*		

- **Rendimiento:** Las cosechas anuales han demostrado que la producción en las zonas A (zonas con mayor porcentaje de tratamiento micorrícicos) tiende a ser siempre mayor vs las otras dos zonas (B & C) (figura 1 y 2). Los cereales han sido cosechados para semilla y la mezcla de veza/avena para forraje.

Se han observado resultados muy satisfactorios como el aumento de la cantidad y la profundidad de las raíces de los cultivos lo cual conlleva a mayores rendimientos y mejor retención de agua en el suelo.

Cosechas (semillas & forraje) / *Crops (seeds & forage)*







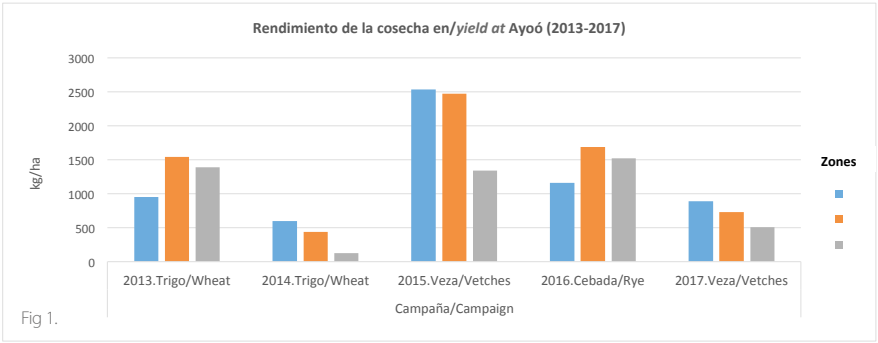


Fig 1.

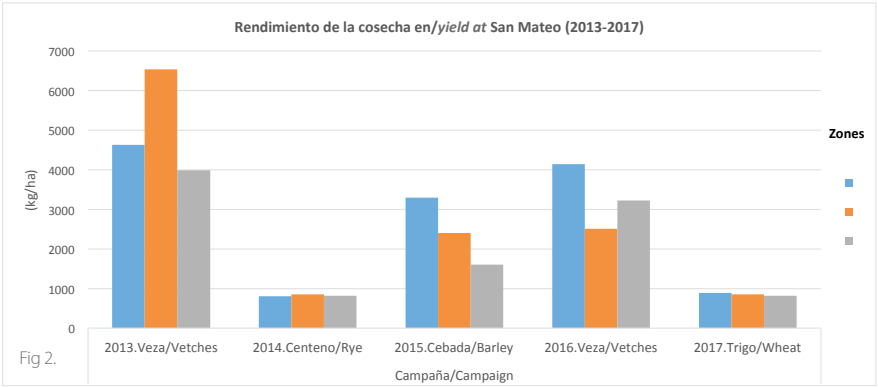


Fig 2.

● ***Yield:*** *Annual crops have demonstrated that the production in the A Zones (areas with higher percentages of mycorrhizal treatment) tends to be significantly higher compared to the other Zones (B & C). Cereals were harvested for seed and the oat/vetch mixture for fodder.*

The experiment gave very positive results such as the increase and longer depths of crop roots, leading to improved yield and better water retention capacity in the soil.







- **Supervivencia de los árboles:** El porcentaje de sobrevivencia varió entre 79 y 97 dependiendo de la especie. La supervivencia fue de más del 80% en los Almendros y Jerbos en ambas áreas demostrativas, siendo superior (>90%) la supervivencia de los árboles en la zona de Ayoó de Vidriales (Fig 3).

- **Efecto de los tratamientos micorrícicos:** A lo largo del desarrollo del proyecto, se hicieron calicatas en cada una de las tres zonas para verificar las diferencias en el desarrollo de las raíces (ver fotos).

Esto resultó más difícil en la zona de control (C), donde no hubo tratamiento con micorrizas ni bacterias beneficiosas y se presentó una clara compactación.

Se observaron cambios físicos en el suelo como en la esponjosidad la cual se redujo al pasar de la Zona A a la Zona C. Por otra parte, la humedad del suelo y el desarrollo de las raíces fueron mucho mayor en la zona A (Fig 4).

- **Cultivos alternativos de alto valor añadido:** Los resultados de los árboles inoculados con ectomicorrizas al inicio del proyecto ha sido muy positiva.
En Ayoó de Vidriales las pruebas demostraron presencia de las setas *Lactarius y Boletus,* y según los cálculos se puede esperar una primera cosecha en el otoño de 2018.

En San Mateo de Gállego se ha verificado la presencia de trufas debajo de las encinas y coscoja con gran potencial de producción a partir del 2018 o 2019.
Dichos resultados certifican el valor añadido de un modelo integral que incorpora múltiples cultivos y genera nuevas fuentes de ingreso.

- ***Tree survival:*** *Tree survival rate varied between 79% and 97% depending on the species. In both demonstration sites, almonds and service trees reached a survival rate higher than 80%, and specifically in Ayoó de Vidriales it reached over 90% (Fig 3).*

- ***Effect of the mycorrhizal treatments:*** *Throughout the project, pits were dug in each of the 3 zones (A, B and C) in order to verify the differences in root development.*

This turned out to be more difficult in the control Zone C, where neither mycorrhizal nor beneficial bacterias were applied, resulting in a visibly compacted soil.

Physical changes in the soil were observed. Moving from Zone A to Zone C, soil porosity decreased. On the other hand, soil moisture and root development were much higher in Zone A (Fig 4).

- ***Alternative crops with high added value:*** *Results from the trees inoculated with ectomycorrhizas were positive.*

In Ayoó de Vidriales, tests confirmed presence of Lactarius and Boletus mushrooms, which according to calculations can be harvested for the first time in 2018.

In San Mateo de Gállego, truffle presence under Holm and Kermes oaks was verified.

The potential for truffle production is high as of 2018 or 2019.

These results confirm the value added quality of an integral model that incorporates multiple crops and generates new forms of income.

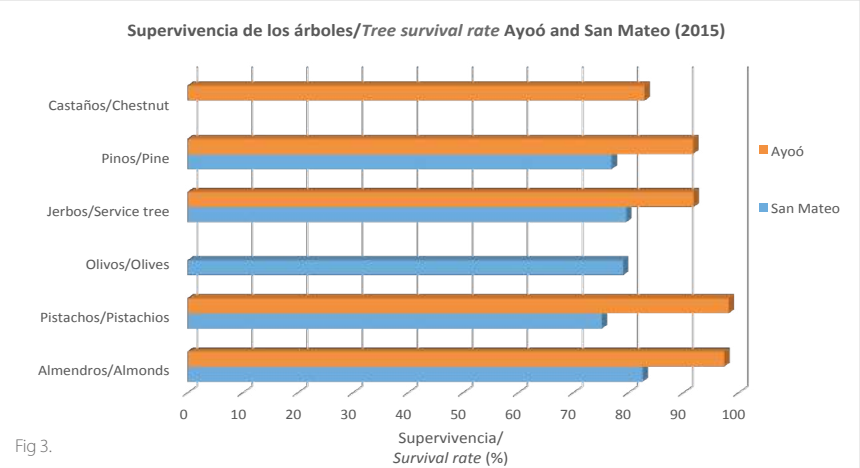


Fig 3.

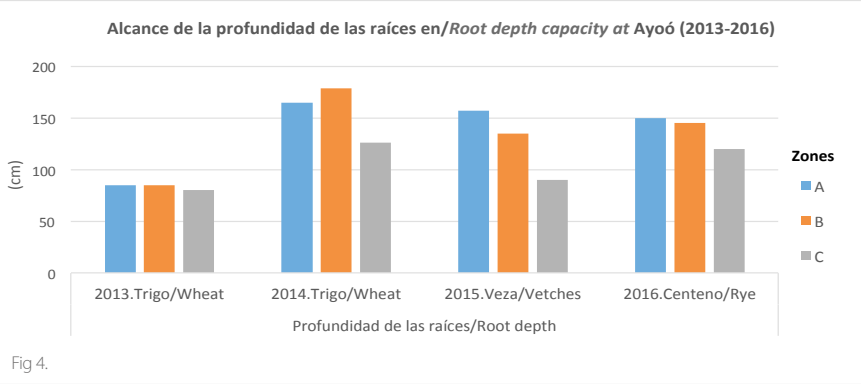


Fig 4.





- **Biodiversidad:** Se observó un incremento significativo de la biodiversidad en los sistemas productivos respecto a la línea base.

Además se ha observado una mayor resistencia por parte de las plantas contra plagas y enfermedades.

El control fitosanitario está siendo sustituido por un control biológico gracias al incremento de los niveles de fauna auxiliar.

Por ejemplo, una primera aparición de pulgón en los cultivos arbóreos y herbáceos en San Mateo fue totalmente disminuida gracias a los altísimos niveles de depredadores y parásitos que habitan de forma natural en las coberturas permanentes y en el corredor que forma el seto.

En consecuencia esto favorece al propietario en una disminución de costes de insumos y tiempo de tratamientos.

- **Análisis de carbono:** Considerando la línea base para la biomasa de las parcelas agrícolas de las áreas B y C como cero, en las que no había secuestro de carbono.

De ahora en adelante habrá presencia de un sumidero a largo plazo en forma de plantaciones que permitirá aumentar el carbono total fijado.

El otro reservorio de carbono a largo plazo en estas áreas es el suelo.

En este caso, la clave no ha estado en aumentar el secuestro de carbono en el suelo sino en evitar la pérdida del mismo, la cual ha sido constatada mediante las mediciones en los testigos: se ha evitado un 30.5% de descenso de carbono en suelo en el área de Ayoó y entre un 6.7% y un 8.9% en el área de San Mateo.





- ***Biodiversity:*** *A significant increase in biodiversity was seen in the production systems as well as a higher resistance in the plants against plagues and diseases.*

Phytosanitary control is being substituted for biological control thanks to the increase in auxiliary fauna.

For example, the first appearance of aphids in the herbaceous and woody crops of San Mateo was quickly abolished due to the high levels of predators and parasites that naturally inhabit the cover crops and the border protection plants.

This directly benefited the owner of the land who saw a reduction in input costs and time spent treating the land.

- ***Carbon analysis:*** *In the agricultural parcels of Area B and C, a baseline biomass of zero was used because there was no vegetation and no carbon capture.*

Now, due to crop and tree plantations these areas will serve as a carbon sink over the long-term, thereby increasing total carbon fixated.

The soil will serve as another long-term carbon reservoir.

In this case, the key was not to increase the carbon captured by the soil, instead to avoid losing it.

This was effectively done and proven by the measurements taken and compared with the control zones.

In Ayoó, a 30.5% decrease in soil carbon was avoided, and in San Mateo 6.7-8.9% was avoided.

4.3. Otros resultados

- **Aplicación online:** Se diseñó una nueva aplicación en la web del proyecto para que los interesados puedan diseñar su propio Sistema de Plantación Integral.

- **Balance económico:**
La implementación de la gestión forestal en el área A y las prácticas agroforestales en las áreas B & C repercutirán a medio-largo plazo en la mitigación del cambio climático y a su vez en mejorar los servicios ecosistémicos.

La obtención de nuevos productos como frutales, aromáticas y maderas nobles en el área A y el aumento y la diversificación de los rendimientos de las cosechas en las áreas B & C permitirán obtener mayores beneficios netos para el agricultor o propietario de la tierra (tabla 1).

4.3. Other Results

- ***Online Application:*** *A new application was designed on the project website so that those that are interested can design their own system of Integrated Planting System.*

- ***Economic Balance:***
The implementation of forest management in Area A and the agroforestry practices in Areas B & C, will have medium-long term repercussions on mitigating climate change all the while improving ecosystem services.

The production of new local products like fruits, aromatics and hardwoods in Area A, and the increase and diversification of harvests in Areas B & C will obtain increasing net benefits for farmers and landowners (Table 1).

Tabla 1.

Los números presentados en la tabla son figures esperadas para 5 años después del final del proyecto, o 10 años después de la primera inversión.

Table 1.

The figures presented in this table show expected financial results 5 years after the projects end, or 10 years after the first investment is made.

Predicciones financieras *Financial predictions.*	**Valor Neto Actual** *Net Present Value*	**Tasa interna de rendimiento** *Internal Rate of Return*
A: Muntanya d´Alinya	**5.715**	**16%**
B: Ayoó de Vidriales	**2.913**	**20%**
C: San Mateo de Gállego	**1.226**	**11%**

Sistema de Plantación Integral / Integral Planting System



La tabla 2 presenta un ejemplo del balance económico comparando la inversión inicial y los beneficios obtenidos en el proyecto frente a si se realizaran prácticas convencionales en las áreas.

Table 2 shows an example of the economic balance when comparing the initial investment and monetary benefits obtained from the project with a conventionally managed agricultural scenario in the demonstration areas.

Tabla 2.

Columna I: Dinero invertido al principio del proyecto.

Columna II: Año en que se pagó la inversión.

Columna III: Ganancias en el primer año después del periodo de retorno.

Columna IV: Ganancias si se eligiera implementar una agricultura convencional en vez de las prácticas agroforestales de Op. CO_2.

Table 2.

Column I: the monetary investment required during the 1st year of implementation.

Column II: the year during which the last of the investments are paid off, signifying the last year of no profit.

Column III: the year after payback (II) when the first profit is realized.

Column IV: a representation of the profit that would be received by a land owner if they chose to implement conventional agricultural practices on the land, significantly smaller than the profit received from implementing Op CO_2 practices.

Área ***Area***	**I. Inversión Inicial** ***Initial Investment*** **(€/ha)**	**II. Periodo de retorno de la inversión.** ***Payback year of Investment.***	**III. Op. CO_2, beneficio bruto.** ***Gross Profit after payback.*** **(€/ha)**	**IV. Agricultura convencional, beneficio bruto.** ***Conventional agriculture system Gross Profit .*** **(€/ha)**
A: Muntanya d´Alinya	**5.426**	**7**	**3.881**	**160**
B: Ayoó de Vidriales	**2.169**	**6**	**1.411**	**208**
C: San Mateo de Gállego	**2.702**	**7**	**1.137**	**159**

Impacto en políticas sobre cambio climático:

Los resultados obtenidos en el Área A (Muntanya d'Alinyà) en el marco del proyecto LIFE Operación CO_2 han mostrado la imposibilidad real de certificar proyectos de absorción de carbono según estándares internacionales del mercado voluntario como el VCS-CCB.

Esto se debe a la dificultad de demostrar que no hay doble contabilidad del carbono fijado en los proyectos de absorción respecto a los inventarios nacionales, y a la poca adaptabilidad de los estándares vigentes a la realidad forestal en zonas mediterráneas.

Durante el proyecto se siguió el proceso formal de certificación con el validador externo TÜV-Nord.

Una vez identificados los bloqueos existentes, se organizó una reunión técnica con representantes del Ministerio de Agricultura de España (MAPAMA), de la Comisión Europea (EU DG Clima), y otros actores interesados en donde se **concluyó**:

1) Los créditos obtenidos en actividades ARR pueden ser ofrecidos en el mercado voluntario (relacionados con la CSR) y, en la medida de lo posible, recurrir a los sistemas nacionales de registro para dar más credibilidad al intercambio de los créditos.

2) Se requiere un trabajo adicional a nivel europeo para abordar el desafío de la doble contabilidad.
Esta orientación ayudaría a aclarar la incertidumbre en este ámbito.

Impact on climate change policy:

The results obtained in Area A (Muntanya d´Alinyà) during the project LIFE Operation CO_2, have shown the real-life barriers that prevent the certification of carbon absorption projects according to the international standards of the voluntary market, like VCS-CCB.

This is mainly due to the difficulty in proving that there is no double counting between the carbon fixated in the project and the national inventory. It also shows how un-adaptable the current standards are to real life forest systems in the Mediterranean.

During the project, the formal certification process was followed with the aid of the external validator TÜV-Nord.

Once the barriers to certification were identified, a technical meeting was called with representatives of the Spanish Ministry of Agriculture (MAPAMA), the European Commission (EU DG Clima) and other pertinent actors.

The outcomes were:

***1)** The credits obtained from ARR activities could be offered for sale in the voluntary market (CSR-related), and where possible go through National registry systems to give more credibility to the exchange of carbon credits/units.*

***2)** Further work is required to address the double counting challenge on a European level. Such guidance would help clarify the uncertainty in this area.*





5. Actividades de difusión

Los impactos en difusión generados gracias a las acciones de comunicación se estiman al menos de 50.000 personas sólo a nivel nacional.

A nivel internacional, los miembros del proyecto han interactuado con expertos de más de 5 países, que han conocido de primera mano las aportaciones del proyecto LIFE Operación CO_2.

- Los socios del proyecto participaron en diversas **jornadas técnicas** y **conferencias**, tanto a nivel nacional e internacional, sobre temas como tecnologías de teledetección al estudio de biomasa forestal, gestión de carbono, prácticas agroforestales y conservación de bosques.



Se han publicado más de 10 artículos técnicos en revistas especializadas del sector agrícola y forestal, resúmenes en congresos donde se participó con comunicaciones orales y posters. Todas las comunicaciones presentadas pueden descargarse en este enlace.

5. Dissemination Activities

It is estimated that the impact generated from communication and dissemination activities reached at least 50.000 people in Spain.

At an international level, the project members have exchanged with several experts from more than 5 countries that have seen the projects results and contributions first-hand.

- *The partners of the project organized and participated in a variety of **presentations** and **conferences**, both at a national and international level, regarding topics such as: remote sensing technology in forest biomass studies, carbon management, agroforestry practices and forest conservation.*

More than 10 technical articles were published in specialized journals about the agricultural and forestry sectors, and as summaries for conferences presented through posters and oral presentations. You can find all the presentations here.

Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Integración social / *Social integration*



- Los resultados más relevantes se han publicado en revistas científicas internacionales indexadas SCI de la talla de "NPC-Natural Product Communications" y en libros de "proceedings" en congresos nacionales e internacionales. Además, se han publicado 4 trabajos de final de carrera, 2 trabajos de máster y una tesis doctoral.

- El consorcio emprendió varios eventos de **difusión de información y concienciación** con visitas a diferentes organizaciones en las que participaron activamente sectores locales, organizaciones internacionales y estudiantes.

Sobresalen la participación anual en las la noche de los investigadores en Valladolid, visitas estudiantiles a la Muntanya d'Alinyà, participación en el 5º Congreso Ibero-Americano en Oporto, el 13º Congreso Nacional del Medio Ambiente en Cáceres, el 3º Congreso de Agroforestería Europea en Montpellier, entre otros.

- Se realizaron varios videos sobre el proyecto y su efecto en la **cooperación** con otros proyectos y la **transferencia del conocimiento** para mejorar la sostenibilidad de la producción y dar a conocer la metodología que incluye adaptaciones al cambio climático. Hemos contactado con más de 20 proyectos LIFE relacionados con prácticas agrícolas sostenibles, economía circular, uso sostenible de los recursos, entre otros.

- Operación CO_2 fue reconocido tanto por la prensa española como internacional, siendo mencionado en más de 65 publicaciones en blogs, periódicos, canales televisivos y radio.

Ha aparecido en TV, incluyendo el programa especializado de máxima audiencia de TVE Agrosfera, CYLTV Surcos, A la Carta/RTVE y Buenos días Castilla y León/RTVE, entrevistas en radios de difusión nacional, prensa escrita y online.

Además, se han mantenido numerosas reuniones con agentes del sector agrícola y forestal, en los que se ha dado a conocer las bases técnicas del proyecto, amplificando así su impacto.







- *The most relevant results were published in international scientific journals such as "NPC-Natural Product Communications" and the proceedings of national and international conferences.*

Furthermore, 4 undergraduate theses, 2 master´s theses and one doctoral thesis were published on this project.

- *The consortium prepared many **awareness-raising events** including visits to relevant organizations for students, local interest groups and international organizations.*

Amongst these, the most notable were the annual participation the "Researcher´s Night" in Valladolid, student visits to the Muntanya d´Alinyà, participation in the 5th Iberian-American Conference in Porto, the 13th National Environmental Conference in Caceres, the 3rd European Agroforestry Conference in Montpellier among others.

- *Many videos on the activities and the impact of **networking** with other projects were created and published to **transfer knowledge** on improving the sustainability of production and bring to light the methodology used that includes climate change adaptation strategies.*

More than 20 other LIFE projects related to sustainable agriculture, circular economy and the sustainable use of resources were contacted.

- *Operation CO_2 was recognized by Spanish and international press, and was mentioned in more than 65 blog and newspaper articles, TV shows and the radio.*

It appeared on television in TVE Agrosfera, CYLTV Surcos, A la Carta/RTVE and Buenos días Castilla y León/RTVE, interviews for national radio, paper and online press.

Many private meetings with interest groups from the agricultural and forestry sectors were held in order to disseminate the projects´ technical findings to a wider audience.

Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Publicaciones Técnicas / *Technical Publications*





Congresos, Simposios, Noche de los investigadores, visita de estudiantes a las parcelas demostrativas.



Integración social:

Diversos trabajos de campo en la Muntanya d'Alinyà han sido realizados por miembros de la **Fundación Integra Pirineus** la cual trabaja con gente en riesgo de exclusión social y que además, una vez finalizado el proyecto, seguirán participando en acciones de mantenimiento, cosecha y procesamiento de los productos alimentarios obtenidos.

Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Seminario Técnico / *Technical Seminary*



Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Reportaje Green ttd 2 / *Green ttd 2 Report*



Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Cooperación entre proyectos LIFE / *Cooperation between LIFE projects*



Conferences, Symposiums, Night of the researchers, student visits to demonstration plots.

Social integration:

A variety of field tasks in the Muntanya d´Alinyà were carried out by members of the ***Fundación Integra Pirineus*** *which works for people at risk of social exclusion. Once the project ends, they will stay involved in the maintenance, harvest and processing of the obtained food products.*





Clique aquí para ver el vídeo / Click here to see the video
Conferencia final Op CO_2 / Op CO_2 Final Conference



6. Conclusiones

- La implementación de un **plan integral forestal** en zonas de bosque natural degradado contribuye, por una parte, a la **mitigación** del cambio climático al aumentar la asimilación de CO_2 y, por otra, a la **adaptación** al mismo, permitiendo al bosque capacidad para estar menos expuesto a posibles incendios, disminuye el riesgo a sufrir enfermedades y plagas, y además fortalece su capacidad de resiliencia y mejora el aprovechamiento del recurso limitante principal que es el agua.

- Los **principios agroforestales** han sido aplicados con éxito en dos áreas del proyecto y han demostrado que en las zonas con tratamientos micorrícicos y bacterias beneficiosas en combinación con prácticas de cultivo sostenibles, las raíces han crecido más y en mayor profundidad. Este fenómeno se ha traducido en un incremento de las producciones anuales comparado con la zona de control. Se ha podido modificar características del suelo como la estructura (mayor porosidad, aumento de la humedad) y se ha percibido un aumento de la actividad microbiológica. Este se resume en el incremento de la salud del suelo y una mayor resiliencia del sistema, reforzado con la introducción de diferentes tipos de árboles, arbustos y plantas aromáticas, además de diversificar los ingresos para el propietario.

- Las zonas intervenidas bajo el plan integral forestal en la Muntanya d'Alinyà han sido inscritas en el Registro de proyectos de absorción de CO_2 del MAPAMA. Adicionalmente se ha dado un impulso al debate sobre la problemática del doble conteo de los créditos de carbono generados en Europa.

- En este proyecto, los **créditos de carbono** se consideran como una fuente más de ingresos a obtener a partir de la mezcla de especies plantadas que incluyen aromáticas, arbustos y árboles, organizados en el espacio y en el tiempo en un sistema agroforestal. Éste sistema no sólo aumentará la fijación de carbono de las parcelas respecto la situación inicial, sino que además proveerá de otros servicios ambientales como la fijación del suelo o la provisión de productos (frutos, madera, setas y plantas aromáticas) que permitan sustentar puestos de trabajo que favorezcan la permanencia de la población local.

- Los sistemas empleados en el proyecto podrían dar un impulso a la **Estrategia Verde** dentro del sistema de pagos de la Política Agraria Común (CAP) ya que la mayor variedad de cultivos, la **mejora de la biodiversidad** y la protección del agua y el hábitat contribuyen a incrementar la resiliencia del suelo y de los ecosistemas.

- El desarrollo de la **aplicación virtual** disponible en la web del proyecto ayudará a agricultores y propietarios de tierras interesados a desarrollar su propio **Sistema de Plantación Integral**, ya que le sugerirá las especies potenciales y le mostrará ejemplos de planes de cultivo viables, adaptados a su zona, tipo de suelo y climatología.

Aplicabilidad a otras zonas

La implantación del **modelo agroforestal** en zonas semiáridas puede ayudar a reducir la vulnerabilidad de este ecosistema, actuando como una medida de **adaptación** para combatir los efectos negativos del **cambio climático**.

Este modelo puede ser replicado en otras zonas que estén clasificadas como áridas o semiáridas tanto en España como en otros países mediterráneos que cuentan también con veranos secos y calurosos. La adaptación deberá contemplar el tipo de suelo, climatología de la zona y los cultivos sobre los que se realicen.

Los beneficios ambientales y económicos variarán en valores absolutos con respecto a los obtenidos en el proyecto **LIFE Operación CO_2**, pero estarán en la línea de lo demostrado en el mismo, obteniendo producciones saludables y con buenos rendimientos. El manejo técnico de campo y las acciones de manutención son sencillas de implementar y están al alcance de todos los interesados.



6. Conclusions

- *The implementation of an **Integral forest management plan** in areas of degraded natural forests, contributes in part to climate change **mitigation** by increasing CO_2 fixation and also to climate change **adaptation** by reducing the risk of possible forest fires, decreasing risk of diseases and plagues and strengthening a systems resilience, all the while enhancing the sustainability of its water use.*

- ***Agroforestry principles** have been successfully applied in two demonstration sites and have demonstrated that in the zones where mycorrhizal and bacteria treatments were combined with sustainable agricultural practices, plant roots grew more and deeper into the ground. This resulted in an increase in yield of annual crops compared with the control zone. Soil characteristics (porosity, moisture) were successfully modified and increases in microbiological activity were made. All of this together resulted in healthier soils and a more resilient system, further reinforced by the introduction of various trees, bushes and aromatic plants.*

- *The Zones in which the Integral forest management plan was applied in Muntanya d´Alinyá have been registered in the MAPAMA registry of carbon absorption projects.*

They have also started a discussion about the problem of double counting of carbon credits in Europe.

*In this project, **carbon credits** were considered as an alternative form of income in addition to the mix of plant species harvested including aromatics, bushes and trees, planted as part of an agroforestry system.*

- *This system not only increased carbon fixation in the parcels compared to the beginning of the project, but will continue to provide other ecosystem services such as carbon fixation by the soil and a supply of products (fruit, nuts, wood, aromatics) that help to sustain jobs and avoid abandonment of the local village.*

- *The systems put in place during this project could give an **impulse to the Greening strategy** within the CAP payment system considering that a greater variety of crops, improvements in **biodiversity** and the protection of habitats and water resources contributes to the resilience of soils and ecosystems.*

- *The development of a **virtual application** available on the project website will help landowners to develop their own **Integral Planting System**, by suggesting potential species and showing example plans of viable crops to plants depending on the type of soil and climate in the region.*

Applicability to other areas

*Implementing an **agroforestry system** in these semi-arid areas may have contributed to reduce the vulnerability of these ecosystems, serving as an adaptation measure to combat the negative effects of **climate change**.*

This model can be replicated to other areas classified as arid or semi-arid in Spain as well as other Mediterranean countries that also suffer from dry and excessively hot summers.

*The adaptation should take into account the type of soil, climate of the region and the crops to which it will be applied. The environmental and economic benefits will vary in absolute terms but should remain similar to the **results of LIFE Operation CO_2**, yielding a higher quantity of healthier products.*

The technical field management and maintenance activities are easy to implement and are at reach for any interested party.

LIFE es el instrumento financiero de la UE que apoya proyectos medioambientales, de conservación de la naturaleza y el clima en toda la UE. Desde 1992, LIFE ha cofinanciado más de 4.500 proyectos en la UE movilizando más de 9.000 millones de euros y contribuyendo a la protección del medio ambiente y el clima con más de 4.000 millones de euros. http://ec.europa.eu/environment/life/

LIFE is the EU´s financial instrument supporting environmental and nature conservation projects throughout the EU as well as in some candidates, acceding and neighboring countries. Since 1992, LIFE has co-financed more than 4,500 projects across the EU mobilising over €9 billion and contributing over €4 billion to the protection of the environment and climate. http://ec.europa.eu/environment/life/

LIFE 11/ENV/ES/000535 Operación CO_2
Prácticas agroforestales integradas y de conservación de la naturaleza contra el cambio climático.

Proyecto cofinanciado por la Unión Europea a través del programa LIFE

Presupuesto: 3.515.406€
% Co-financiación UE: 1.752.950€

Duración: 01/09/2012 – 30/08/2017

Contacto: http://operacionco2.com
projects@transferconsultancy.com

LIFE 11/ENV/ES/000535 Operation CO_2
Integrated agroforestry practices and nature conservation against climate change.

This Project is co-financed by the European Union through the LIFE Programme.

Total budget: 3.515.406€
% EU contribution: 1.752.950€

Duration: 01/09/2012 – 30/08/2017

Contact: http://operationco2.com
projects@transferconsultancy.com

25 YEARS Life 1992 - 2017

Integrated agroforestry practices and nature conservation against climate change.

Prácticas agroforestales integradas y de conservación de la naturaleza contra el cambio climático.



OPERATION CO_2