

# Propuesta de implementación del cultivo del manzano (*Malus domestica*) en la Vall d'Alinyà

## Análisis de viabilidad ambiental-económica y certificación de créditos voluntarios de carbono

Proposta d'implementació del cultiu de pomera (*Malus domestica*) a la Vall d'Alinyà

Anàlisis de la viabilitat ambiental-econòmica i certificació de crèdits de carboni voluntaris

*Proposal to implement apple crops (*Malus domestica*) in the Vall d'Alinyà*

Analysis of environmental and economic feasibility and voluntary carbon credits certification

Autores: Bargalló D., Cañadas V.,

Cecilia F., López S.,

Directores: Gasol C.M. y Duch J.

Licenciatura de Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma de Barcelona

---

## RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo realizar una propuesta de cultivo de manzano (*Malus domestica*) en la Vall d'Alinyà para el desarrollo de un producto agroalimentario que contribuya a la revitalización de esta área rural y a la mitigación del calentamiento global. Para ello, se pretende proporcionar una metodología para calcular, con mayor precisión, el comportamiento de los cultivos como sumidero de carbono a partir del balance neto de gases con efecto invernadero (GEI) del sistema. Con tal de obtener las emisiones de GEI generadas por los cultivos se desarrolla un análisis del ciclo de vida (ACV), y para obtener la fijación de los cultivos, se realiza un análisis de su capacidad de absorción de dióxido de carbono en la biomasa de la plantación. Además, mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG), se determinaron los terrenos potenciales para el cultivo del manzano en la zona de estudio. Posteriormente, se verifica la certificación de créditos en el mercado de carbono voluntario y se analiza la viabilidad económica del proyecto, obteniendo así un producto (la manzana) con valor ambiental añadido. Como conclusión se obtuvo una viabilidad positiva de la verificación de créditos, puesto que el balance neto de carbono fue positivo, absorbiéndose 234,54 t CO<sub>2</sub> en todo el territorio potencialmente cultivable (16,92 ha) y durante 15 años de actividad agrícola. Al mismo tiempo, la propuesta resultó viable económicamente, generándose unos beneficios ligados a la venta de producción frutícola y de los créditos de carbono de 79.484 € durante los 15 años de actividad productiva.

**Palabras clave:** sumidero de carbono, gases de efecto invernadero (GEI), certificación de créditos, cultivos en zonas de montaña, cultivo eco-eficiente.

## RESUM

El present projecte té per objectiu realitzar una proposta de cultiu de pomera (*Malus domestica*) a la Vall d'Alinyà per al desenvolupament d'un producte agroalimentari que contribueixi a la revitalització d'aquesta àrea rural i a la mitigació de l'escalfament global. Per això, es pretén proporcionar una metodologia per calcular, amb major precisió, el comportament dels cultius com a embornal de carboni a partir del balanç net de gasos amb efecte hivernacle (GEI) del sistema. Per tal d'obtenir les emissions de GEI generades pels cultius es desenvolupa un anàlisi del cicle de vida (ACV), i per obtenir la fixació dels cultius, es realitza un anàlisi de la seva capacitat d'absorció de diòxid de carboni en la biomassa de la plantació. A més, mitjançant l'ús de sistemes d'informació geogràfica (SIG), es van determinar els terrenys potencials per al cultiu de la

pomera a la zona d'estudi. Posteriorment, es verifica la certificació de crèdits al mercat de carboni voluntari i s'analitza la viabilitat econòmica del projecte, obtenint així un producte (la poma) amb valor ambiental afegit. Com a conclusió es va obtenir una viabilitat positiva de la verificació de crèdits, ja que el balanç net de carboni va ser positiu, absorbint-se 234,54 t CO<sub>2</sub> en tot el territori potencialment cultivable (16,92 ha) i durant 15 anys d'activitat agrícola. Al mateix temps, la proposta va resultar viable econòmicament, generant-se uns beneficis lligats a la venda de producció fructícola i dels crèdits de carboni de 79.484 € durant els 15 anys d'activitat productiva.

**Paraules clau:** embornal de carboni, gasos d'efecte hivernacle (GEH), certificació de crèdits, cultius en zones de muntanya, cultiu ecoeficient.

## ABSTRACT

This project aims to develop an apple (*Malus domestica*) crop proposal in *La Vall d'Alinya* in order to generate a fruit production able to revitalize this rural area and while contribute to the global warming mitigation. Therefore a new and more accurate methodology to evaluate the crop's carbon sink attitude, which is based on a clear-cut greenhouse gases balance in the system, will be developed. In order to obtain the GHG emissions generated by crops a life-cycle assessment (LCA) was carried out. The crop's absorption was determined through the biomass production capacity of the agricultural system. In addition, the potential land for apple cultivation was determined for the whole area using geographical information systems (GIS). Afterwards, the credit certification within the voluntary carbon market was verified and the economic viability of the project is analyzed, obtaining a product (apple) with added environmental value. As conclusion a positive viability of credits verification was obtained, since the carbon balance was positive, absorbing 234,54 t CO<sub>2</sub> in the potentially cultivable lands (16.92 ha) and for 15 years of agricultural activity. At the same time, the proposal was economically viable, generating a global benefits related to the sale of fruit production and the carbon credits of 79.484 € during the 15 years of productive activity.

**Keywords:** carbon sink, greenhouse gases (GHG), credit certification, crops in mountain areas, eco-efficient crops.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, una de las mayores preocupaciones ambientales de la humanidad se centra en combatir los efectos generados por el cambio climático. La comunidad científica ha demostrado que esta realidad viene produciéndose desde la revolución industrial del siglo XIX y ha generado un aumento en la temperatura media del planeta[1]. Además, también se ha demostrado que el origen de este cambio climático se debe al aumento de emisiones de Gases con Efecto Invernadero (GEI), mayormente producidos por la combustión de combustibles fósiles[2].

Para contribuir a la mitigación del cambio climático se han desarrollado diversos mecanismos internacionales que permiten reducir las emisiones generadas. Con tales fines, en el año 1997, se elaboró el Protocolo de Kioto, que establece las directrices y los compromisos de reducción que deben alcanzar los estados firmantes del tratado. Además, y desde una perspectiva no vinculante, se ha desarrollado un mercado alternativo de compra-venta de derechos de emisión, que permite certificar la adquisición de estos derechos

mediante la realización de proyectos basados en la absorción de GEI.

Diversas investigaciones muestran la importancia de los sistemas agrícolas para la gestión del cambio climático, desarrollando metodologías que estiman su capacidad para almacenar carbono[3]. De esta forma, se ha estimado que el cultivo del manzano almacena 21,8 t CO<sub>2</sub>/ha, (Espada, 2013). El almacenamiento de carbono en los cultivos es temporal, es decir, se fija el dióxido de carbono durante la permanencia del cultivo como actividad productiva (aproximadamente unos 15 años). Al finalizar la actividad agrícola se puede plantear el uso de la biomasa como combustible renovable, generando un beneficio ambiental y económico indirecto.

Este proyecto pretende aportar una metodología más precisa que permita conocer la captación real de los cultivos, es decir, no solo se tiene en cuenta la captación de dióxido de carbono por parte del sistema agrícola, sino que también se restan las emisiones de GEI generadas por la actividad durante el periodo de explotación.

A modo de prueba, se aplica el modelo mediante el cultivo de *Malus domestica* (manzana) en la Vall d'Alinyà; territorio montañoso del prepirineo catalán gestionado por la Fundació Catalunya-La pedrera. Por consiguiente, se pretende generar una actividad económica rentable para la fundación, con unos beneficios positivos generados mediante la venta del producto agrícola y de los derechos de emisión certificados. Además, todo ello conlleva una revitalización de la dinámica poblacional de la región, que actualmente, se encuentra prácticamente despoblada, y a la conservación de los bancales (terrazas) preservando así, el patrimonio cultural y agrícola de la zona.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología aportada en este estudio se compone por cinco fases de análisis, haciendo referencia a la especie *Malus domestica* concretamente de la variedad Golden delicious en el territorio montañoso de la Vall d'Alinyà. Por lo tanto, para reproducir el ensayo se han de tener en cuenta parámetros específicos para este tipo de cultivo y sobre el territorio estudiado.

### Fase 0. Identificación del estándar de certificación de créditos de carbono

El proyecto se desarrolla bajo el marco de un mercado voluntario de carbono, verificando los créditos mediante un certificado VER (Verified Emission Reduction), es decir, los créditos son verificados fuera del protocolo de Kioto mediante un estándar que garantiza que las reducciones de GEI sean reales. Por ello, la organización adquirirá los derechos de emisión que son compensados con el proyecto. Para asegurar la certificación, este proyecto utiliza el estándar Voluntary Carbon Standard (VCS), ya que es el único que permite la elaboración de metodologías propias para certificar los GEI compensados.

### Fase 1. Identificación de terrenos potenciales para cultivar la especie agrícola

En primer lugar, se identificaron los cultivos abandonados presentes en la zona a partir del mapa de cubiertas del suelo de Cataluña. (CREAF, 2009). Posteriormente, con tal de determinar los suelos que pueden albergar cultivos potenciales de *Malus domestica*, se incluyeron criterios de selección (véase tabla 1) basados en las características edafoclimáticas de la zona (pendiente, irradiación anual, temperatura anual y del mes más frío, disponibilidad de agua, tamaño de cada parcela, proximidad a vías de comunicación y al parcelario entre sí) con el

objetivo de identificar las áreas potenciales para el cultivo del manzano.

Todo ello, ha sido cartografiado mediante los softwares de Sistemas de Información Geográfica (SIG) : ArcGIS® y Miramon®.

A partir de estas áreas potenciales teóricas se verificaron y actualizaron los datos del 2009 mediante la observación directa de las parcelas en la zona de estudio, obteniendo el resultado final de las áreas potenciales para el cultivo del manzano.

### Fase 2. Cálculo del CO<sub>2</sub> capturado por la explotación agrícola

Se utilizó la metodología para el cálculo de la Biomasa Total Aérea (BAT) desarrollada por el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). Para determinar la BAT de los cultivos de *Malus domestica* se han necesitado una serie de parámetros propios del cultivo estudiado. Por ello, se ha realizado un muestreo experimental de cultivos de *Malus domestica* en las instalaciones que el Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària (IRTA) dispone en Lérida (véase figuras 1 y 2). La superficie de cultivos analizada fue una hectárea de terreno, que presentaba un marco de plantación característico de cultivos de manzano, de unos 1800 pies por hectárea (IRTA Lérida). Para analizar los parámetros en el campo se tomaron dos muestras representativas de 50 individuos de distintas clases de edad (9 y 19 años). Se consideró este valor suficientemente significativo para representar a una muestra tan poco variable como lo es una plantación agrícola de manzanos.

**Figura 1.** Cultivos de manzanas del IRTA de Lérida.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 2.** Mediciones en los cultivos de manzanas del IRTA de Lérida.



Fuente: elaboración propia.

Para obtener los resultados finales se midió altura y perímetro del tronco, número de ramas, perímetro de las ramas y su longitud. A continuación se muestran las operaciones necesarias para calcular la BAT de las muestras poblacionales:

$$BAT = BF + BR = VF \cdot \delta F + VR \cdot \delta R = VF \cdot \pi r^2$$

$$VF = \pi \left( \frac{db}{2} \right)^2 \cdot H \cdot K_f = \pi \left( \frac{P_f}{2} \right)^2 \cdot H \cdot K_f$$

$$\begin{aligned} VR &= VR_m \cdot n \text{ Ramas} = \pi \left( \frac{dr}{2} \right)^2 \cdot L_r \cdot n \text{ Ramas} \\ &= \pi \left( \frac{P_r}{2} \right)^2 \cdot L_r \cdot n \text{ Ramas} \end{aligned}$$

VF: volumen de fuste del árbol

db: diámetro basal del tronco

H: altura del árbol

K<sub>f</sub>: coeficiente de forma del árbol

P<sub>f</sub>: perímetro del tronco

db: diámetro basal del tronco

L<sub>r</sub>: longitud rama muestra

P<sub>r</sub>: perímetro rama muestra

VR<sub>m</sub>: volumen de la rama muestra

dr: diámetro de la rama muestra

VR: volumen total de ramas de cada árbol muestra

n Ramas: número de ramas de cada árbol

Una vez obtenida la biomasa de la especie, se obtiene el contenido de carbono (C), que se considera de un 47,35% en especies agrícolas leñosas (Montero et al. 2002). Se puede obtener el contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) almacenado en los cultivos a partir de la relación entre los pesos atómicos de las moléculas de C (12) y CO<sub>2</sub> (44). Por lo tanto, un kilogramo de C almacenado en forma de biomasa, equivale a 3,667 kilogramos de CO<sub>2</sub>.

En general, para determinar el CO<sub>2</sub> capturado en todo el territorio y durante un máximo de 15 años de explotación agrícola (com.verb., Luís Asín agrónomo del IRTA), se extrapoló el resultado de fijación de CO<sub>2</sub> a todas las áreas potenciales previamente identificadas en la fase 1 y usando la fijación anual del año 15. Hay que tener en cuenta que la fijación de carbono de los cultivos en el año 15 se obtuvo a partir de la regresión de los datos obtenidos al medir dos muestras poblacionales de distintas clases de edad (9 y 19 años). De esta forma, a partir de la pendiente de la recta, se puede obtener el incremento de BAT del cultivo durante los 15 años de actividad agrícola.

### Fase 3. Cálculo de las emisiones generadas por la explotación agrícola

Las emisiones de los cultivos fueron cuantificadas mediante el uso de la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) desarrollada por el estándar internacional ISO 14040. Para desarrollar esta metodología fue necesario inventariar los inputs y outputs en el sistema (com. verb., Luís Asín agrónomo del IRTA) y calculados con el software SimaPro 7.2 y su base de datos ecoinvent 2.2, utilizando como unidad funcional (tn manzana) e incluyendo la producción del manzano (tn manzana/ha). Como resultado final se obtuvo las emisiones de GEI producidas por el cultivo del manzano Golden delicious durante los 15 años de explotación agrícola (t CO<sub>2</sub>/ha).

El inventario de las actividades realizadas se obtuvo de las mismas parcelas analizadas durante la segunda fase metodológica en el IRTA de Lérida. En el ACV se excluyeron los cálculos de emisiones generados por el transporte del producto hasta sus centros de venta, la emisión de herbicidas y fitosanitarios y el transporte de los fertilizantes hasta los campos de cultivo.

### Fase 4: Balance neto de carbono

Este estudio pretende generar una nueva metodología que permita conocer la captación real de los cultivos, es decir, no solo se tiene en cuenta la captación de CO<sub>2</sub> por parte del sistema agrícola, sino que también se restan las emisiones de GEI generadas por la actividad durante el periodo de explotación. Una vez se cuantifican las emisiones y la fijación de los cultivos se puede obtener el balance global de carbono y conocer el comportamiento como sumidero de carbono.

$$\text{Balance global CO}_2 = \text{Fijación CO}_2 \text{ del cultivo} - \text{Emisión CO}_2 \text{ del cultivo}$$

Esta misma fórmula se aplicó a los 15 años de la vida productiva y para el total de hectáreas calculadas en la fase de identificación de cultivos potenciales.

### **Fase 5. Determinar la viabilidad económica del proyecto**

Para comprobar la viabilidad del proyecto se tuvieron en cuenta los beneficios obtenidos con la venta del producto, y por otro lado, los beneficios obtenidos por la venta de los créditos de carbono. En ambos casos se cuantificaron los ingresos y los costes para realizar un análisis económico detallado mediante el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de retorno (TIR) y cociente B/C.

Por Valor Actual Neto (VAN) de una inversión se entiende la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Si el proyecto de inversión tiene un VAN positivo, el proyecto es rentable. Un VAN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada, que actualmente, es del 5,7%. También se utilizará el análisis de la Tasa Interna de Rentabilidad (T.I.R.). La TIR es el tipo de interés que anula el VAN de una inversión (VAN=0). Este método considera que una inversión es aconsejable si la T.I.R. resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor (5,7%). El cociente B/C se basa en dividir el beneficio neto al final del periodo del proyecto entre la inversión inicial. Si el resultado del cociente es superior a 1 el proyecto proporciona ganancias, si el valor es inferior a 1 la inversión inicial es superior a las ganancias obtenidas.

Se plantearon tres escenarios diferentes, en los cuales los costes de producción tenían el mismo valor (0,34 €/kg manzanas producidas). En los dos primeros escenarios se tuvo en cuenta un valor de

0,58 €/kg para obtener los ingresos de la venta de manzanas, a diferencia del tercer escenario que se utilizó un valor de 0,76 €/kg, que es el precio de venta medio entre el precio en origen y el precio de venta del mayorista. También se propusieron diferentes pérdidas en la productividad de los cultivos para poder abarcar situaciones más reales, ya que en toda plantación siempre hay pérdidas en la productividad.

En el primer escenario no se supusieron pérdidas en la producción, el segundo, planteó unas pérdidas del 40% y en el tercero, del 30%. Todos los datos fueron extraídos del *Estudio de la cadena de valor y formación de precios de la manzana Golden delicious, Campaña 2009-2010* del Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente de España.

Los ingresos obtenidos por la acreditación VCS se obtuvieron utilizando el valor de venta actual por tonelada de carbono fijado, que es de 3,44 €. Este valor se multiplicó por la cantidad de carbono fijado durante los 15 años de vida productiva de la especie.

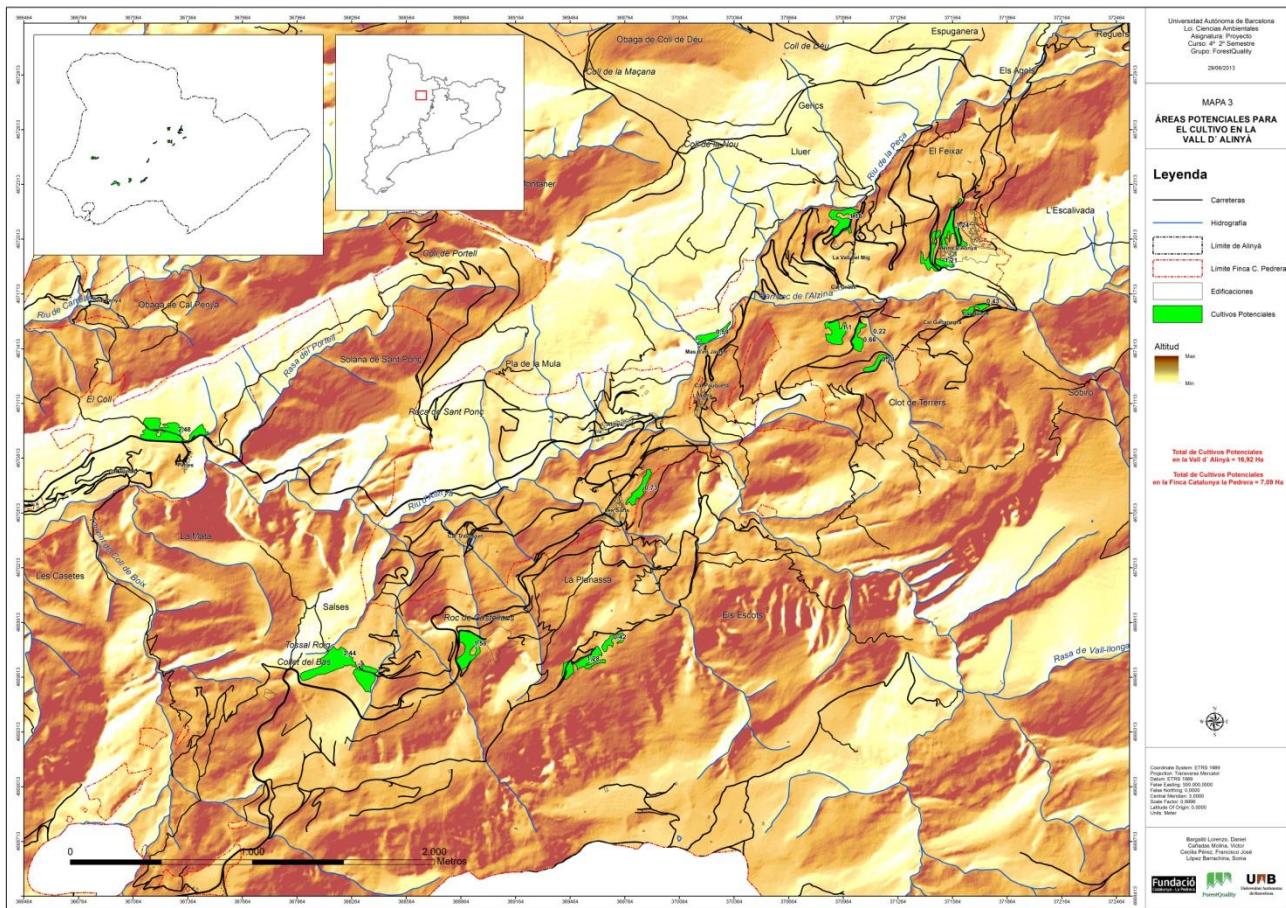
## **RESULTADOS**

Los resultados se organizaron en 4 secciones según la fase a la que pertenecen, es decir, diferenciando las diferentes metodologías utilizadas.

### **Fase 1. Identificación de terrenos potenciales para cultivar la especie agrícola**

Para todo el territorio de la Vall d'Alinyà se obtuvieron un total de 20,21 ha de cultivos abandonados, 9,12 ha (45% del total de la Vall d'Alinyà) pertenecen a la Finca Catalunya La-Pedrera. De estos cultivos abandonados 16,92 ha de terreno presentan características óptimas para el cultivo de *Malus doméstica* (véase figura 3), 7,09 ha (42% del total de la Vall d'Alinyà) pertenecen a la Finca Catalunya La-Pedrera.

**Figura 3.** Mapa de áreas potenciales para el cultivo en la Vall d'Alinyà.



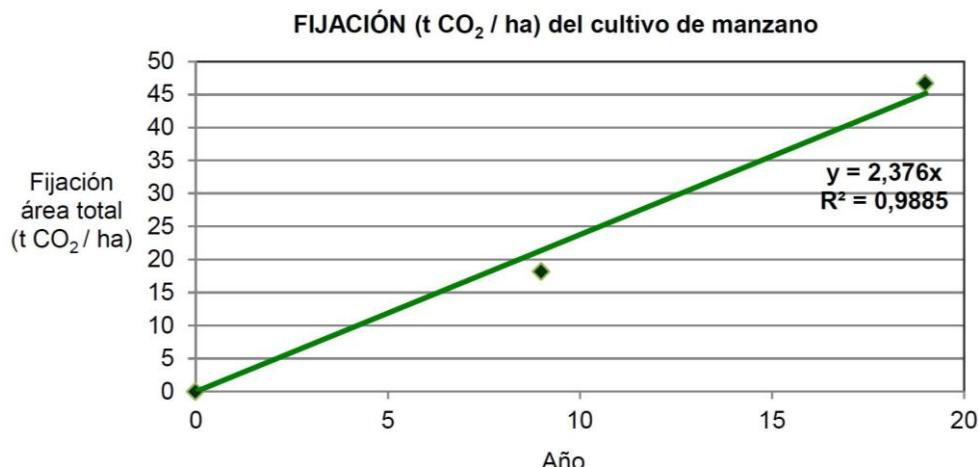
Fuente: elaboración propia.

#### Fase 2. Cálculo del CO<sub>2</sub> capturado por la explotación agrícola

A partir de los datos obtenidos durante el trabajo de campo se obtuvo un valor de fijación en el cultivo de 9 años de  $18,16 \pm 0,15$  t CO<sub>2</sub>/ha y de

$46,67 \pm 0,17$  t CO<sub>2</sub>/ha para los cultivos de 19 años de edad. A partir de los resultados de las muestras poblacionales, y con un coeficiente de regresión del 98,85%, se obtiene una fijación total de CO<sub>2</sub> de  $35,64 \pm 0,16$  t CO<sub>2</sub>/ha para los cultivos con 15 años de edad (véase figura 4).

**Figura 4.** Evolución de la fijación de CO<sub>2</sub> en los cultivos.



Fuente: elaboración propia.

Si se expresan los resultados obtenidos para el número total de hectáreas potencialmente cultivables en el territorio se obtiene una fijación total de 603,01 t CO<sub>2</sub> durante los 15 años de actividad agrícola.

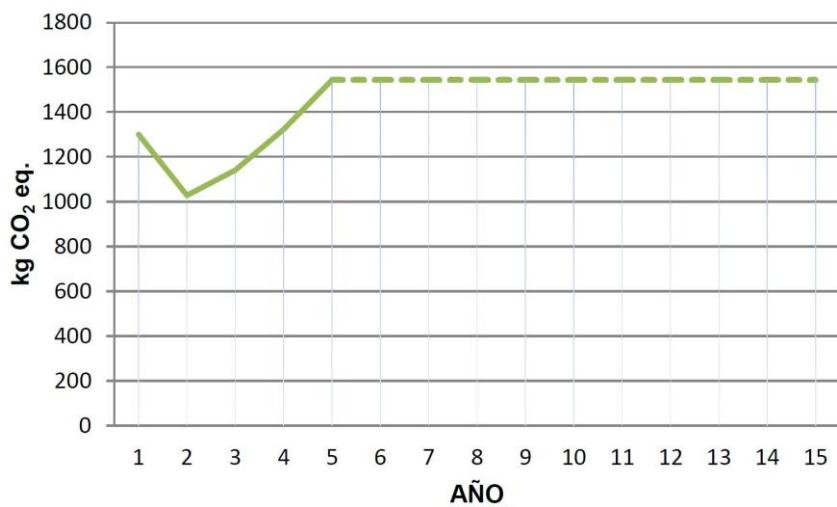
### Fase 3. Cálculo de las emisiones generadas por la explotación agrícola

Una vez inventariados los inputs y outputs del ACV (véase tabla 2) y extraídos los resultados del SimaPro 7.2 se determinó se determinó que la

emisión total generada por la explotación agrícola durante los 15 años de actividad es de 21,78 t CO<sub>2</sub> eq./ha. Para analizar los resultados de una forma más detallada se representó la variación anual de emisiones generadas por el cultivo (véase figura 5).

Si se expresan los resultados obtenidos para el número total de hectáreas potencialmente cultivables en el territorio (16,92 ha) se obtiene una emisión total de 368,52 t CO<sub>2</sub> durante los 15 años de actividad agrícola.

**Figura 5.** Evolución anual de emisiones GEI generadas por los cultivos.



Fuente: elaboración propia.

### Fase 4: Balance de carbono

A partir de los resultados anteriores se puede expresar el resultado final para el balance neto de carbono en todo el territorio analizado (16,92 ha) y para un cultivo de 15 años de edad. De esta forma, se obtuvo un balance neto de carbono de 234,54 t CO<sub>2</sub> para la especie agrícola de *Malus domestica*.

### Fase 5. Determinar la viabilidad económica del proyecto

Al observar los resultados del análisis económico se pudo comprobar que en los tres escenario se realizó una inversión inicial de 1.700 €/ha. En el escenario 1, en los dos siguientes años se realizaron dos inversiones más, pero a partir del segundo año ya se empezó a recibir ingresos por la producción de manzanas. La amortización de las inversiones se produjo a partir del quinto año. Se realizó el cálculo del V.A.N, T.I.R y del cociente B/C. Todos estos indicadores reflejaron la viabilidad económica del proyecto.

Al analizar escenario 2 se estimaron pérdidas en la producción de un 40% del total, por lo que los

ingresos y beneficios netos disminuyeron en relación al escenario anterior. A diferencia de los otros escenarios, en este caso el proyecto no fue viable ya que nunca se amortizaron las inversiones realizadas a pesar de que a partir del quinto año se produjeron ingresos. Esto fue debido a que los ingresos nunca superaron los costes. Todos los indicadores financieros indicaron la no viabilidad de este escenario. El escenario que arrojó mejores resultados fue el escenario 3 debido a que el precio de venta fue de 0,76 €/kg. En los dos siguientes años se realizaron dos inversiones más pero de menos cantidad que en los casos anteriores ya que se obtuvieron mayores ingresos y a partir del quinto año se amortizaron las inversiones. Todos los indicadores financieros aprobaron la viabilidad económica del proyecto.

En relación a los ingresos recibidos por la acreditación de la captación de carbono, se pudo observar que se obtuvo un valor bastante reducido en comparación a los ingresos recibidos por la venta de manzanas. No obstante, fue un ingreso extra obtenido al realizar una labor ambiental.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados del estudio fueron favorables por lo que se consideró que el proyecto es viable. Se demostró que en el territorio analizado existen áreas potenciales para la implementación de los cultivos de *Malus domestica*.

Se observó que la fijación de los cultivos tiene una tendencia al aumento lineal. No obstante, existe un máximo de fijación a medida que el cultivo va madurando, por lo tanto, el cultivo va aumentando su fijación por biomasa año tras año hasta llegar a un valor de estabilización o incluso decrecimiento, debido al déficit en el balance fijación-respiración de los cultivos maduros. Es decir, se maximiza la producción de frutos, pero a la vez, se disminuye o se paraliza el aumento de biomasa encargada de fijar el CO<sub>2</sub>. Si se compara el resultado de fijación obtenido (35,64±0,16 t CO<sub>2</sub>/ha) con el resultado elaborado por J.L. Espada en un estudio similar (21,8 t CO<sub>2</sub>/ha), se puede considerar fiable el resultado, ya que se aproxima a este mismo valor. Se tienen en cuenta factores climáticos como la sequía y el granizo, que podrían disminuir la producción total entre un 20-30 %. Por ello, es primordial actuar contra estos factores adversos durante los primeros años de edad, mediante el riego intenso durante períodos estivales de sequía y el control de plagas durante la fase de agarre de los árboles. Existen zonas de montaña donde la fruticultura se puede considerar como una alternativa real y resulta viable (I. Iglesias, 2012).

En relación a las emisiones de GEI, en el primer año de cultivo el incremento de emisiones se debe al desarrollo de todas las actividades necesarias para la preparación del terreno y la plantación, que requieren muchas horas de uso del tractor y sus accesorios. Cabe mencionar que la actividad que más genera GEI es la fertirrigación, debido a la utilización de electricidad.

No obstante, desde el primer año de producción el balance neto de carbono es positivo, por lo que se puede considerar el sistema agrícola como ecoeficiente (actúa como sumidero de carbono) y válido para compensar emisiones en el mercado voluntario de carbono.

En cuanto al análisis económico, se plantearon tres escenarios, de los cuales el segundo es el que reflejó resultados más pesimistas ya que se produjeron pérdidas del 40% de la producción y a través de los cálculos del VAN y TIR, se demostró que no se acepta la viabilidad económica para este escenario. El primer escenario se puede considerar que es el escenario menos probable, ya que no se tuvo en cuenta ningún tipo de

pérdida en la producción, y esto es prácticamente improbable que ocurra en la realidad.

El escenario que reflejó mejores resultados fue el tercero, ya que el precio de venta es mayor, es decir se reciben mayores ingresos y la proporción de pérdidas se reduce al 30%. Para este escenario los cálculos VAN y TIR permitieron aceptar la viabilidad económica del proyecto. Dado que se obtiene viabilidad económica favorable del proyecto, se puede llegar a **activar la economía** de la zona, creando una oferta de empleo en el sector agrícola, evitando así el éxodo rural que sufre la zona. Con la implantación del proyecto también se consigue recuperar zonas degradadas a causa del abandono de los cultivos y evitar la invasión forestal. Por otro lado, este hecho mejora el mosaico paisajístico, aportando a la zona una mayor atracción turística.

Los cultivos permiten extraer un **doble beneficio**, mediante la venta de créditos de carbono VCS presentado anteriormente en el mercado voluntario y la venta de un producto agroalimentario. Además, con tal de aprovechar la producción de manzana que no se pueda llegar a vender se propone la realización de un estudio sobre posibles usos alternativos del producto, como por ejemplo, uso para la producción de zumos, compotas, mermeladas, etc.

En general, las metodologías usadas están tan estrechamente ligadas entre ellas, constituyendo un modelo único para la implantación de este tipo de sistemas frutícolas. La metodología desarrollada se fundamenta en la verificación de los parámetros característicos del cultivo y del territorio mediante un análisis detallado durante el trabajo de campo. Además, esta metodología permite ser aplicada para la agricultura ecológica, que minimiza el consumo de materiales y energías no renovables, y por lo tanto, la emisión de GEI producidas por la actividad agrícola y los costes asociados. También hay que tener en cuenta que los cultivos autóctonos tienen un valor en sí mismos y podrían promocionarse en función de su procedencia. De esta forma, se podrían generar eco-etiquetas para certificar la identidad del producto, dándole un valor añadido.

## AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto es fruto de un trabajo realizado a partir de datos recogidos en las parcelas de cultivos que el IRTA posee en sus instalaciones de Mollerusa. Agradecer a este centro de investigación por los datos facilitados así como la supervisión de diversos expertos que nos asesoraron durante la realización del proyecto.

Agradecer al Dr. Martí Boada Juncà por su dedicación en la realización del trabajo de campo y por transmitir su conocimiento sobre las bases ambientales al grupo de proyecto.

También nos gustaría nombrar al Dr. Jordi Duch Cortinas por su aporte en materia de cartografía, por su tiempo y dedicación en la revisión de las diferentes partes de nuestro trabajo.

Cabe mencionar la gran ayuda recibida por parte de Esther García Solsona en los temas de estadística aplicada. Además, agradecer a los profesores Dr. Joan Riera Devall y Jordi Oliver i Solà por el seguimiento durante las fases de evaluación de las distintas partes del proyecto.

No podemos olvidar la ayuda de los habitantes de Alinyà, por su hospitalidad y por la información prestada. Por supuesto agradecer a nuestros padres por darnos la oportunidad de realizar una carrera universitaria y por su apoyo en los momentos más difíciles.

## REFERENCIAS

01. Abella, M.A., Fillat, F., Gómez, A., Lasanta [et.al.], 1988. *Sistemas ganaderos de montaña*. Agricultura y Sociedad, núm.46, p.119-190.
02. Acosta, M., Quednow, K., Etchevers, j., Montreal, C., 2001. *Método para la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sistemas con vegetación natural e inducida en terrenos de ladera en México*. INIFAP.
03. Afrucat, 2013. *Jornada Tècnica de presentació del projecte FruitMap: Mapa d'aptitud per a la producció de fruita dolça a Catalunya*. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya.
04. Bhatia, P., Cummis, C., Brown, A., Draucker, L., Rich, D., Land, H., 2011. *Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*. World Resources Institut.
05. Buendía, F., 2011. *Efectes de la poda mecànica del dosser foliar i les arrels sobre la productivitat i qualitat de fruits en pomera*. Universitat de Lleida. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària Departament d'Hortofructicultura, Botànica i Jardineria.
06. Camarero, L.A., 1993. *Del éxodo rural y del éxodo urbano – ocaso y renacimiento de los asentamientos rurales en España*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, D.L.
07. Carvajal, M., Mota, C., Alcaraz, C., Iglesias, M., Martínez, M.C., 2010. *Investigacion sobre la absorción de CO<sub>2</sub> por los cultivos más representativos de la región de Murcia*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CEBAS).
08. Castro, M., 2010. *ISO 14064-1 Cuantificación y reporte de emisiones y remociones de GEI en organizaciones*. Icontec internacional.
09. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), 2008. *Estudio sobre la funcionalidad de la vegetación leñosa de Aragón como sumidero de CO<sub>2</sub>: Existencias y potencialidad (Estimación cuantitativa y predicciones de fijación)*. Gobierno de Aragón.
10. Centro Nacional de Información de la Calidad, 2011. *La huella de carbono*. Asociación Española para la Calidad (AEC).
11. Centro de Recerca Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), 2009. *Mapa de cubiertas de suelo de Cataluña, 4<sup>a</sup> edición*.
12. Chenost, C., Gardette, M., Aquino, A., Loisel, C., Maj Trista, P., Perrier, M., Wemaere, M., 2009. *Les nouvelles opportunités du marché du carbone forestier*. Obra social Catalunya Caixa.
13. Climent M., Sanjuan, N., Dominguez, A., Girona, F., 2005. *Estudio del impacto ambiental de la producción integrada y ecológica de cítricos en el País Valencià*. Perspectiva del ciclo de vida. I Conferencia Internacional de citricultura ecológica (BIOCITRICS) y IV Congrès Valencià d'Agricultura Ecològica.
14. Collantes, F., 2004. *El declive demográfico de la montaña española (1850-2000). ¿Un drama rural?*, Madrid: MAPA.
15. Coltro, L., Mourad, A.L., Rojane, M., Taïssa, A., Germer, M., 2009. *Assessing the environmental profile of orange production in Brazil*. Int J Life Cycle Assess. 14, 656–664.
16. Comité Econòmic i Social de la Comunitat Valenciana, 2005. *Estrategia española sobre cambio climático para el cumplimiento del Protocolo de Kioto*. VII Conferencias sobre el Medio Ambiente: El Protocolo de Kyoto y las empresas.
17. Espada, J.L., 2013. *Los árboles frutales como sumideros de CO<sub>2</sub> desempeñan un importante servicio ambiental*. Informaciones Técnicas del Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, Núm.248.
18. Federación Española de Municipios y Provincias, 2012. *Los sumideros de carbono a nivel local*. Red Española de Ciudades por el Clima.
19. Germain, J., 2004. *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural.
20. Forestry Service Group., 2012. *Reserva de la Muntanya d'Alinyà, minutes of the meetings*.
21. Generalitat Catalunya, 2009. Bases cartográficas.
22. Gitay, H., Suárez, A., Watson, R., Dokken, D., 2002. *Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico V del IPCC*. Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático.
23. González, J., Valero, T., 2008. *Manual para la utilización y conservación de variedades locales*

- de cultivo, Frutales y leñosas. Red andaluza de semillas.*
24. Iglesias, I., 2012. *La fruticultura como alternativa para la producción de manzana de alta calidad y el desarrollo sostenible de zonas de montaña*. IRTA-Estació Experimental de Lleida, Generalitat de Catalunya.
  25. Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC). *Catálogo y descarga de cartografía*.
  26. Instituto Superior del Medio Ambiente, 2013. *Análisis del ciclo de vida: conceptos y metodologías*.
  27. Martín, P., 2004. *Notas sobre el éxodo rural y la evolución de la población en una comarca de tierra de campos*. Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA).
  28. Miguel, J.L., 2012. *Cómo verificar y neutralizar la huella de carbono, el verdadero desafío para las empresas del siglo XXI*. BSI Iberia.
  29. Moisés, J., Ibáñez, M., Rodríguez, R., [et.al] .., 2004. *Estudi climatològic de la Vall d'Alinyà*. En: *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural, p. 17-45.
  30. Moreno, G., 2004. *El árbol en el medio agrícola*. Ingeniería Técnica Forestal, Universidad de Extremadura.
  31. Nistal i Refart, J., 2008. *Papers de Recerca Històrica: L'estructura agrària i la propietat de la terra a la segona meitat del segle xix a l'Alt Urgell*. Andorra: Societat Andorrana de Ciències.
  32. Pujadas, I., Mendizábal, E., 1987. *La població de muntanya a Catalunya*, Treballs de la Societat Catalana de Geografia, 12, 93-111.
  33. Reforesta, 2012. *Criterios para dotar de transparencia la compensación de emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la plantación de árboles*.
  34. Rivero C., 2009. *Guía sobre el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero*. Fundación MAPFRE.
  35. Rus, Ginés de, 2008. *Análisis coste - beneficio : Evaluación económica de políticas y proyectos de inversión*. 3a ed. Actualizada. Barcelona: Ariel.
  36. Soriano, J.M., 1994. *El procés de despoblament a les comarques de la Cerdanya i l'Alt Urgell*. Documents d'Anàlisi Geogràfica, 25, p. 141-163.
  37. Vallejo, Antón., 2004. Metodología del análisis del ciclo de vida, En: *Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo*, tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Cataluña.
  38. Wintergreen, J., 2007. *ISO 14064 International Standard for GHG Emissions Inventories and Verification*. 1<sup>6th</sup> Annual International Emissions Inventory Conference.

## TABLAS

**Tabla 1.** Factores limitantes en la selección de cultivos potenciales en la Vall d'Alinyà.

FACTOR	CRITERIO
Pendientes	Parcelas situadas en pendientes entre el 0 -25% y más del 25% con terrazas.
Irradiación global anual	< 15 MJ/m <sup>2</sup>
Temperatura media anual	5,7 - 24,2 °C
Periodo de enfriamiento en el mes de Enero	< 7°C de media
Proximidad a puntos de agua	Parcelas que se encuentran a < 50 m de un río o disponen de pozos
Área disponible de cada parcela	Parcelas que tengan un área $\geq 6000 \text{ m}^2 (0,6\text{ha})$
Acceso a vías de comunicación	Proximidad entre cada parcela y a la red viaria

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2:** Inventario de actividades para el cultivo. Fuente: IRTA.

TAREAS	Año	Tractor				Accesorios		Aqua (kg/ha)	Electricidad de fertilización (kw/año)
		Potencia (Cv)	Peso (kg)	horas/ha	L/ha gasoil	Tipo	Peso (Kg)		
Subsolado	1	160	8000	2,0	48,0	Subsolador	640	-	
Cultivador (2 pasadas)	1	100	6800	1,0	15,0	Rotador discos	410	-	
Pase de fresa	1	100	6800	1,5	22,5	Arado	375	-	
Aplicación	1	75	5800	2,0	22,5	Pala	800	-	
Plantación	1	75	5800	6,0	67,5	Taladradora	1000	-	
Distribución puestas	1	75	5800	3,0	33,8	Remolque	410	-	
Refinadora	1	75	5800	1,0	11,3	Refinador	375	-	
Aplicación fitosanitarios	1	80	6000	1,0	12,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación herbicidas	1	80	6000	1,5	18,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación fertilizantes	1	-	-	-	-	-	2000		350
Cosecha	2	75	5800	4,3	48,4	Remolque	1000	-	
Aplicación fitosanitarios	2	80	6000	1,0	12,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación herbicidas	2	80	6000	1,5	18,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación fertilizantes	2	-	-	-	-	-	4500		350
Cosecha	3	75	5800	5,6	63,0	Remolque	1000	-	
Aplicación fitosanitarios	3	80	6000	1,0	12,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación herbicidas	3	80	6000	1,5	18,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación fertilizantes	3	-	-	-	-	-	5500		350
Cosecha	4	75	5800	13,4	150,8	Remolque	1000	-	
Aplicación fitosanitarios	4	80	6000	1,0	12,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación herbicidas	4	80	6000	1,5	18,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación fertilizantes	4	-	-	-	-	-	7000		350
Cosecha	5-15	75	5800	20,1	226,1	Remolque	1000	-	
Aplicación fitosanitarios	5-15	80	6000	1,0	12,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación herbicidas	5-15	80	6000	1,5	18,0	Pulverizadora	300	-	
Aplicación fertilizantes	5-15	-	-	-	-	-	7000		350

Fuente: elaboración propia.