

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



LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES

Daniel Bargalló Lorenzo, Víctor Cañadas Molina,
Francisco José Cecilia Pérez, Sonia López Barrachina

Fundació
Catalunya - La Pedrera

ForestQuality

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

“Todo sale del gran libro de la naturaleza”

Antoni Gaudí

Este trabajo ha sido realizado con papel



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

Análisis de Viabilidad ambiental-económica y certificación de créditos de carbono voluntarios.

Autores: Daniel Bargalló Lorenzo, Victor Cañadas Molina,
Francisco José Cecilia Pérez, Sonia López Barrachina.

Fecha de publicación: 1 de julio del 2013

En esta memoria se recogen los trabajos realizados por los autores en el marco del proyecto de fin de carrera de la Licenciatura de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), año de promoción 2012- 2013.

La redacción del proyecto ha sido dirigida en todo momento por la Unidad de Proyectos de Ciencias Ambientales y el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental (ICTA). Todo ello, bajo la colaboración de la Fundación Catalunya-La Pedrera.

AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto es fruto de un trabajo realizado bajo la supervisión y seguimiento del Dr. Carles Martínez Gasol al que queremos agradecer su ayuda prestada y la puesta a disposición del material necesario, ya que sin él no se hubiera podido realizar esta memoria.

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 Rieradevall y Jordi Oliver i Solà por el seguimiento durante las fases de evaluación de las distintas partes del proyecto.

Por supuesto agradecer a nuestros padres por darnos la oportunidad de realizar una carrera universitaria y por su apoyo en los momentos más difíciles.

TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción	9
1.1. Presentación del proyecto.....	10
1.2. Marco institucional.....	11
1.3. Marco teórico	13
1.3.1. Cambio climático y desarrollo de mecanismos para mitigarlo.....	13
1.3.2. Agricultura frutícola	21
1.4. Marco legal.....	23
1.4.1. Directrices reguladoras del mercado de carbono obligatorio y su implementación.....	23
1.4.2. Protocolos y Normativas desarrolladas en el mercado voluntario de carbono	26
2. Antecedentes	29
2.1. Contexto territorial	30
2.1.1. Localización del ámbito de estudio	30
2.1.2. Contexto socio-económico	32
2.1.3. Medio físico y biofísico	33
2.1.4. Actividad frutícola: el caso del manzano (<i>Malus domestica</i>)	35
2.2. Otros proyectos relacionados con la captura de carbono en cultivos ...	38
3. Objetivos	40
3.1. Objetivo general	41
3.2. Objetivos específicos	41
4. Metodología	42
4.1. Fases del proyecto	43
4.2. Descripción de las Metodologías utilizadas	46
4.2.1. Procedimiento para la obtención de las áreas potenciales para el cultivo del manzano	46
4.2.2. Metodología para la realización del balance de carbono	54

4.2.3. Metodología para el cálculo de la fijación de CO ₂ de los cultivos agrícolas	54
4.2.4. Cálculo de las emisiones generadas por el cultivo	59
4.2.5. Metodología para la realización del análisis económico	63
4.3. Plan de trabajo	66
5. Inventario	68
5.1. Descripción de las parcelas potenciales para el cultivo del manzano ..	69
5.2. Medidas para el cálculo del carbono fijado	74
5.3. Parámetros obtenidos para el análisis del ciclo de vida	76
5.4. Producción, costes y precio de la manzana Golden	79
6. Diagnosis	81
6.1. Parcelas potenciales para el cultivo del manzano	83
6.2. Fijación área por biomasa de los cultivos potenciales	87
6.3. Emisiones generadas en la implantación y producción del cultivo ..	89
6.4. Balance global de carbono	91
6.5. Viabilidad económica de la producción frutícola con acreditación VCS	92
6.5.1. Beneficio de la producción frutícola	92
6.5.2. Ingresos Acreditación VCS	97
7. Conclusiones y propuestas de mejora	98
7.1. Conclusiones	99
7.2. Propuestas de mejora	101
8. Presupuesto	104
Referencias bibliográficas	106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº	Pág.
Figura 1: Clasificación de los países dentro del protocolo de Kioto y relaciones que se establecen entre los distintos mercados de carbono.....	14
Figura 2: Estructura de los mercados de carbono en función del ejecutor del proyecto.....	18
Figura 3: Reglamento europeo del mercado de carbono obligatorio.....	24
Figura 4: Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión a actividades.....	25
Figura 5: Estándares para la cuantificación de emisiones GEI.....	27
Figura 6: Metodologías utilizadas para la realización del proyecto.....	43
Figura 7: Metodología general del análisis SIG elaborado.....	47
Figura 8: Análisis SIG para la identificación de los cultivos abandonados.....	49
Figura 9: Análisis SIG para la identificación de los cultivos potenciales.....	51
Figura 10: Análisis SIG para la identificación de las parcelas con cultivos potenciales.....	53
Figura 11: Esquema metodológico desarrollado para calcular la fijación de CO ₂ en los cultivos.....	55
Figura 12: Cálculo de la altura (H) del árbol.....	57
Figura 13: Método de conteo de ramas.....	58
Figura 14: Procesos del ACV.....	60
Figura 15: Diagrama del sistema.....	62
Figura 16: Descripción de la parcela 1.....	69
Figura 17: Descripción de la parcela 2.....	70
Figura 18: Descripción de la parcela 3.....	70
Figura 19: Descripción de la parcela 4.....	71
Figura 20: Descripción de la parcela 5.....	71
Figura 21: Descripción de la parcela 6.....	72
Figura 22: Descripción de la parcela 7.....	72
Figura 23: Descripción de la parcela 8.....	73
Figura 24: Descripción de la parcela 9.....	73
Figura 25: Descripción de la parcela 10.....	74

Figura 26: Resultados derivados de las fases metodológicas.....	82
Figura 27: Resultados derivados de las fases metodológicas.....	83
Figura 28: Resultados derivados de las fases metodológicas.....	86
Figura 29: Resultados derivados de las fases metodológicas.....	86
Figura 30: Resultados derivados de las fases metodológicas.....	87
Figura 31: Resultados derivados de las fases metodológicas.....	89
Figura 32: Resultados derivados de las fases metodológicas.....	92
Figura 33: Resultados derivados de las fases metodológicas.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº	Pág.
Tabla 1: Tipología de certificados de derechos de emisión.....	17
Tabla 2: Estándares para la certificación de reducciones de GEI y sus características.....	19
Tabla 3: Datos de la Finca. Fuente: Fundació Catalunya–La pedrera.....	31
Tabla 4: Tipos de frutales que se pueden implementar en Alinyà. Fuente.....	36
Tabla 5: variedades de manzana en la valle d' Alinyà.....	37
Tabla 6: Recursos utilizados para la elaboración del proyecto.....	45
Tabla 7: Elaboración mapa 1 sobre la localización de la Vall d'Alinyà.....	48
Tabla 8: Elaboración mapa 2 sobre la localización de cultivos abandonados en la Vall d'Alinyà.....	50
Tabla 9: Factores limitantes en la selección de cultivos potenciales en la Vall d'Alinyà.....	50
Tabla 10: Elaboración mapa 3 sobre identificación de cultivos potenciales en la Vall d'Alinyà.....	51
Tabla 11: Elaboración mapas sobre la identificación de de las parcelas con cultivos potenciales.....	51
Tabla 12. Conversión de GEI a CO ₂	60
Tabla 13. Precios de venta mayo 2013.....	64
Tabla 14: Calendario de entregas parciales.....	66
Tabla 15: Diagrama temporal de las fases de desarrollo del proyecto.....	67
Tabla 16: Datos obtenidos en la parcela de estudio de 9 años de edad.....	74
Tabla 17: Datos obtenidos en la parcela de estudio de 9 años de edad.....	75
Tabla 18: Inventario de actividades para el cultivo.....	77
Tabla 19. Inventario de fertilizantes.....	78

Tabla 20: Producción de los cultivos de manzano por hectárea de terreno y año.....	79
Tabla 21: Área de cultivo abandonado en la Vall d'Alinyà.....	82
Tabla 22: Tasa de fijación total área de los dos cultivos estudiados.....	87
Tabla 23: Emisiones de carbono por año.....	89
Tabla 24: Balance neto de carbono por año.....	91
Tabla 25: Análisis económico del escenario 1.....	92
Tabla 26: Indicadores financieros del escenario 1 en una hectárea.....	93
Tabla 27: Análisis económico del escenario 2.....	94
Tabla 28: Indicadores financieros del escenario 2 en una hectárea.....	94
Tabla 29: Análisis económico del escenario 3.....	95
Tabla 30: Indicadores financieros del escenario 3 en una hectárea.....	96
Tabla 31: Presupuesto de realización del proyecto.....	105

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa Nº	Pág.
Mapa 1: Localización de la Vall d' Alinyà.....	31
Mapa 2: Mapa de cultivos abandonados en la Vall d'Alinyà.....	83
Mapa 3: Mapa de áreas potenciales para el cultivo en la Vall d'Alinyà.....	85

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Nº	Pág.
Gráfico 1: Estructura poblacional del municipio Fígols y Alinyà.....	32
Gráfico 2: Porcentaje por tipo de cubierta de cultivo abandonado en la Vall d'Alinyà.....	85
Gráfico 3: Representación de la fijación de los cultivos respecto a su periodo de vida.....	88
Gráfico 4: emisiones de carbono por año.....	90

1 Introducción



1.1. Presentación y estructura del proyecto

La *Vall d'Alinyà* es una zona caracterizada por el fenómeno del éxodo rural o emigración de sus habitantes hacia otros núcleos urbanos de mayor densidad. Esta emigración surge como respuesta al crecimiento del sector industrial y terciario, que implican un aumento del nivel de vida y bienestar respecto a las zonas rurales. Además, los emigrantes buscan nuevas oportunidades, “huyendo” de la decadencia de los municipios agrarios que se viene produciendo desde el año 1950 (*P. Martín, 2004*). Esto implica el abandono de las actividades tradicionales; como la agricultura y la ganadería, dando lugar a la aparición de un territorio naturalizado y poco intervenido. Debido a este despoblamiento también se pierde la cultura del manejo de recursos naturales y el mosaico paisajístico e identificativo de la zona. Este estudio pretende recuperar suelos agrícolas abandonados, para dinamizar la actividad socioeconómica de la *Vall d'Alinyà*. Con este fin, se recogen datos históricos básicos para verificar que la agricultura fue viable en la zona. No obstante, observando las terrazas¹ abandonadas en las pendientes de la montaña, se puede reconocer la presencia de sistemas agrícolas en tiempos pasados.

El proyecto también se centra en la captación de carbono de los cultivos a implantar. El hecho de plantearse la gestión de cultivos agrícolas y no la reforestación de las masas forestales, se fundamenta en la necesidad de generar un mosaico paisajístico variado, que está muy deteriorado en la zona de estudio debido a la invasión forestal sobre todo el territorio; todo ello generará un valor social, cultural y económico (valor ambiental). De otro modo, con una gestión nula o inadecuada del territorio, la superficie forestal aumentará, expandiéndose hacia los campos agrícolas potencialmente cultivables². La finalidad de la recuperación de cultivos en la zona consiste en fijar el carbono atmosférico, convirtiendo los campos de cultivo en sumideros de Gases de Efecto Invernadero³ (GEI), y así, poder contribuir a luchar contra las consecuencias del cambio climático y añadir valor a los productos agrícolas que se cultivaran.

Esta memoria se estructura en varios capítulos. En el primer capítulo, a modo de introducción, se desarrolla la presentación y justificación del proyecto. También se explica el marco institucional que define el proyecto, destacando el papel fundamental de la gestión realizada por la *Fundació Catalunya-La Pedrera*. Este primer capítulo, desarrolla el marco teórico en el que se fundamenta la memoria, centrándose en el cambio climático y en la fruticultura

¹ Cada uno de los espacios de terreno llano, dispuestos en forma de escalones en la ladera de una montaña.

² Aquellos que cumplen unas condiciones óptimas para su cultivo.

³ Gases que contribuyen al aumento de la temperatura global del planeta a causa del efecto invernadero.

de montaña, que constituyen la base principal de estudio del proyecto. También se analizan las normativas y protocolos que regulan tanto el mercado obligatorio de carbono como el voluntario.

En el segundo capítulo se encuentran los antecedentes, formados por el contexto territorial, dónde se encuentra localizado el ámbito de estudio (*Vall d'Alinyà*), su contexto socioeconómico, y medio físico - biofísico. En este capítulo también se hace referencia a otros proyectos que pueden ser útiles para la elaboración y fundamentación de la memoria.

Posteriormente, en el capítulo tres se definen los objetivos del estudio y en el cuarto la metodología desarrollada para conseguirlos. También se ha desarrollado un plan de trabajo con la finalidad de establecer un periodo de entrega y poder realizar así un trabajo continuo. En el siguiente capítulo, denominado inventario, se recogen todos los datos necesarios para la elaboración de los resultados. En el capítulo sexto se localiza la diagnosis, desarrollada a partir de la realización de la metodología establecida con anterioridad. También se procede a la discusión de los resultados. Seguidamente, en el séptimo capítulo, se analizan las conclusiones y las propuestas de mejora del proyecto. Y finalmente, en el último apartado se redacta el presupuesto de elaboración del proyecto.

1.2. Marco institucional

Desde la **Fundació Catalunya-La Pedrera** (FCP) se apuesta por el desarrollo de proyectos que puedan dinamizar socioeconómicamente sus propiedades. La fundación posee una gran cantidad de espacios naturales distribuidos por todo el territorio de Cataluña, de los cuales, la montaña de *Alinyà* es su mayor reserva. Con el objetivo de desarrollar este territorio, en el proyecto se realiza una propuesta agrícola para la producción de especies frutales complementando su valor con la generación de derechos de emisión del mercado voluntario.

Actualmente, la fundación está desarrollando dos proyectos de colaboración muy importantes para el desarrollo social, económico y sostenible de la zona:

- **Fundación Integra Pirineos:** fundación creada para gestionar forestalmente el espacio y aprovechar la madera para producir biomasa.
- **Colaboración campus de Ciencias Ambientales UAB - Alinyà:** interrelación con el mundo universitario para promover la investigación y el desarrollo, poniendo a disposición de todos los interesados diversos

equipamientos y servicios de alojamiento, restauración y transporte en condiciones especiales. Es un proyecto en colaboración entre las áreas de Territorio y Medio Ambiente y de Conocimiento y Desarrollo de la Fundación, el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales (ICTA) y la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Se pretende inventariar los valores naturales de la Finca para gestionar el espacio mediante una planificación de posibles proyectos para implementarlos a corto y largo plazo.

Dentro de la institución, se establecieron unos derechos de uso comunal, para todos los habitantes de la zona. La *Vall d'Alinyà* está ocupada en su mayor parte por la finca privada más grande de Cataluña, propiedad de la FCP, adquirida en 1999. Los derechos de los habitantes sobre *La Finca* desde tiempos inmemoriales son los siguientes (*Tost, 2004*):

- **Derechos de los vecinos de Perles y Alinyà sobre los bosques:** pastar con rebaño propio, pero no ajeno. Utilización de leña para consumo en fuego propio o de otras necesidades domésticas, sin poder ni cederlo ni darlo a otros. Cortar algún árbol para obtener las vigas necesarias para las reparaciones o construcciones de edificios propios y situados en el término municipal, nunca para cederlos o comerciar con terceros.
- **Derechos de los vecinos de Perles y Alinyà respecto al resto de *La Finca*:** como recolectar leña, pastar los rebaños o romper aquellas partes de terrenos que les convenga, ahora bien, si se dejara de cultivar por más de tres años una porción roturada⁴ perderá su derecho. Y cualquier otro vecino podrá proceder a roturar el mismo trozo con los mismos derechos y condiciones; de forma que una nueva roturación podrá ser cultivada ininterrumpidamente por un mismo cultivador y los sucesores, pero no podrá ser cedida ni traspasada ni arrendada. Quedan excluidos los derechos de roturación aquellas partes que tradicionalmente se han respetado para pastos, y que en interés general deben quedar como exclusivo aprovechamiento comunal.

⁴ Arar o labrar por primera vez las tierras eriales o los montes descuajados, para ponerlos en cultivo.

1.3. Marco teórico

1.3.1. Cambio climático y desarrollo de mecanismos para su mitigación

Mercado de carbono obligatorio

Actualmente, el cambio climático representa uno de los principales problemas ambientales de la humanidad. Se ha demostrado que los cambios del clima del planeta generarán a corto plazo efectos adversos para toda la sociedad y los ecosistemas naturales (*H. Gitay et al., 2002*). Para abordar esta problemática mundial, durante la Cumbre Mundial para la Tierra de Río de Janeiro (Brasil) en junio de 1992, se aprobó la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**, ratificada por 186 países. En esta convención se determinó que el aumento de la concentración de GEI se ha estado produciendo de forma ininterrumpida desde la revolución industrial en el siglo XIX y que ha generado un aumento de la temperatura global del planeta debido al incremento del efecto invernadero natural (*V. Aparici, 2005*).

A partir de esta convención se han desarrollado diversas negociaciones a nivel internacional para combatir esta problemática, creándose la Conferencia de las Partes, órgano supremo representante de todos los Estados que ratificaron el acuerdo de la conferencia del 1992. En el año 1997, los estados miembros acordaron incorporar un tratado a la Convención, nombrado como **Protocolo de Kioto**. Este tratado establece unas regulaciones jurídicamente vinculantes para los países desarrollados, basadas en la reducción de un 5% las emisiones del año 2012 respecto a las emisiones del año 1990 (*C. Rivero, 2009*).

Dentro del protocolo se consideran distintas tipologías de países según su nivel de participación en el protocolo (véase figura 1). Existen diferentes categorías en función de la posición ante el tratado que adopta cada país, se distingue:

- **Firmado y ratificado:** Además de apoyar la aplicación del Protocolo de Kioto, los países adquieren compromisos individuales sobre sus emisiones de GEI. Pertencen al Anexo I⁵ y Anexo II⁶.
- **Firmado y ratificado:** Los países aceptan compromisos vinculantes con los cuales tienen que reducir sus emisiones de GEI.

⁵ países industrializados que en 1992 eran miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico – OECD.

⁶ países en desarrollo.

- Firmado pero con ratificación rechazada: Se firmó el Protocolo de Kioto pero se rechazó su puesta en práctica sin establecer compromisos vinculantes.
- Abandonado: Se cancela su participación en las acciones que el Protocolo de Kioto propone para reducir sus emisiones.
- No posicionado: No ha firmado el Protocolo de Kioto y mantiene neutralidad sobre los fines que alcanza el tratado.

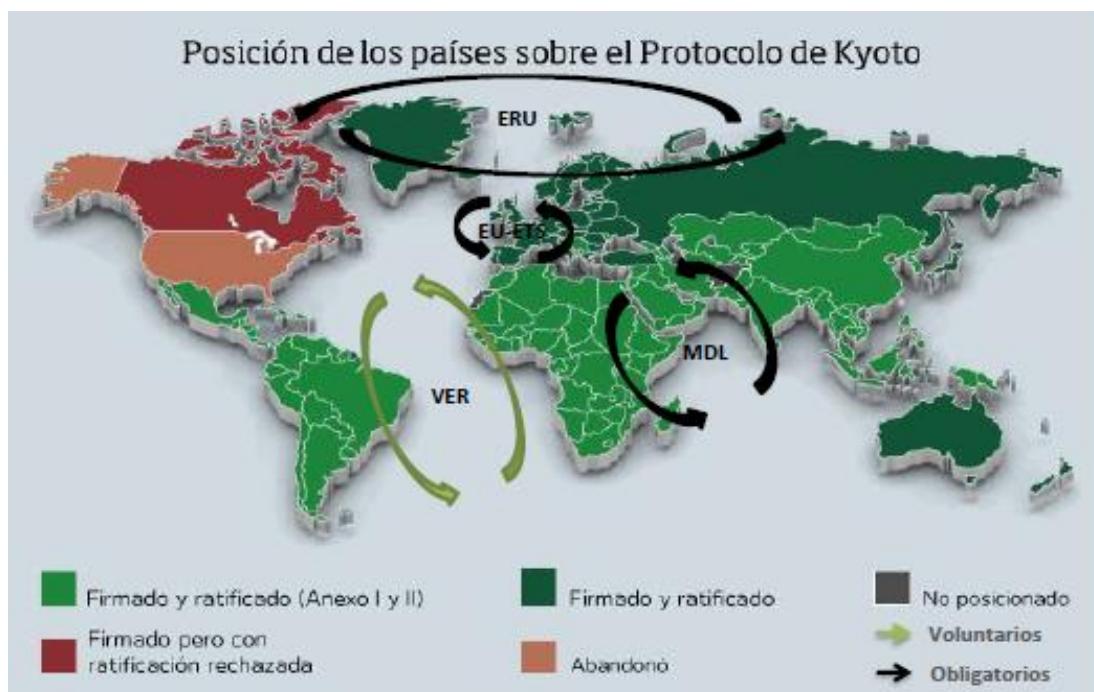


Figura 1: Clasificación de los países dentro del protocolo de Kioto y relaciones que se establecen entre los distintos mercados de carbono. Fuente: elaboración propia.

El Protocolo de Kioto establece mecanismos para que los países incluidos en el Anexo I cumplan con sus objetivos de reducción de GEI. El presente estudio no se centra en el análisis de estos mecanismos obligatorios. No obstante, resulta fundamental comprender el funcionamiento de estos mercados para establecer el origen de los mercados voluntarios. Se pueden distinguir tres mecanismos diferentes dentro del mercado obligatorio de carbono que fueron desarrollados por el protocolo de Kioto:

1. Comercio de emisiones

Mecanismo desarrollado en el artículo 17 del Protocolo de Kioto. Afecta a grandes emisores industriales, que declaran y ratifican sus emisiones anualmente, y que participan en el mercado de compraventa de derechos de emisión.

Este comercio de derechos de emisión⁷ es una herramienta administrativa utilizada para el control de emisiones de GEI. Una autoridad central (normalmente un gobierno o una organización internacional) establece un límite sobre la cantidad de gases contaminantes que pueden ser emitidos.

Las empresas son obligadas a gestionar un número de créditos que representan el derecho a emitir una cantidad determinada de emisiones. Las compañías que necesiten aumentar las emisiones por encima de su límite deberán comprar créditos a otras compañías que contaminen por debajo del límite que le haya sido concedido. La transferencia de estos créditos, denominados **AAU** (véase *tabla 1*), es entendida como una compra. En efecto, el comprador está pagando una cantidad de dinero por contaminar, mientras que el vendedor se ve recompensado por haber logrado reducir las emisiones. De esta forma se consigue, en teoría, que las compañías que hagan efectiva la reducción de emisiones sean más eficientes, minimizando los costes destinados a reducir las emisiones de GEI (véase *figura 2*).

Existen programas de comercio de derechos para varios tipos de contaminantes. Para GEI el más importante es el comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea. El sistema de comercio de emisiones de la Unión Europea (European Union Emission Trading Scheme o EU ETS) es un sistema de comercio de permisos de emisión creado en el año 2005 para que los países de la comunidad europea cumplan sus objetivos de reducción de emisiones (véase *figura 1*). Este sistema ha sido prorrogado después del año 2012, ya que se pretenden reducir las emisiones de GEI hasta un 21% para el año 2020 respecto a las del 2005, sobreestimando las exigencias del Protocolo de Kioto (C.Rivero, 2009).

2. Mecanismos de Desarrollo Limpios (MDL)

Este mecanismo se define en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, permitiendo a los países industrializados del Anexo I y a las empresas a establecer acuerdos vinculantes para cumplir con la reducción de GEI. La idea principal consiste en la inversión por parte de las empresas de los países industrializados mediante la elaboración de proyectos para la reducción de emisiones en países en desarrollo (véase *figura 1*). De esta forma, se trata de adquirir reducciones certificadas de emisiones con un coste menor al de sus mercados de procedencia. El objetivo principal de estos mecanismos es la transferencia de la tecnología necesaria a los países en desarrollo, que permita su industrialización sin pasar por las fases extremadamente contaminantes que

⁷ Se entiende como derecho de emisión aquél subjetivo a emitir, desde una instalación incluida en el ámbito de aplicación de esta Ley, una tonelada equivalente de CO₂, durante un período determinado.

se produjeron en los países actualmente desarrollados. En estos proyectos los derechos de emisión se obtienen a partir de certificados **CER** (véase *tabla 1*).

En el año 2005 se creó el Fondo Español de Carbono (FEC) con el objetivo de comprar derechos de emisión a partir de proyectos de MDL, permitiendo al estado español la adquisición de las reducciones de GEI. Cabe destacar que la mayor parte de proyectos MDL se basan en la forestación y reforestación del territorio en países en desarrollo.

3. Implementación Conjunta

Mecanismo definido en el artículo 6 del Protocolo de Kioto. Consiste en la inversión mediante proyectos de reducción de emisiones de un país del Anexo I en otro país del mismo anexo. De esta forma, el país receptor se descuenta las unidades de reducción de emisiones, que adquirirá el país inversor del proyecto (véase *figura 2*). En estos proyectos los derechos de emisión se obtienen a partir de certificados **ERU** (véase *tabla 1*).

Aplicando estos tres mecanismos se regulan las emisiones de todas aquellas instalaciones contempladas por el Protocolo de Kioto. El resto de emisiones, no incluidas en este tipo de instalaciones, se denominan emisiones difusas y se generan dentro de un amplio rango de actividades (agricultura, transporte, residuos, distribución de combustibles, etc).

En general, el mercado de carbono europeo es uno de los más importantes a nivel mundial y determina un papel fundamental para la determinación del precio en derechos de emisión global. Los derechos validados dentro de este mercado europeo se denominan **EUAs** (European Union Allowances). Para reducir las emisiones, se prioriza una actuación interna de los participantes, implementando prácticas de eficiencia energética, sostenibles y limpias en sus instalaciones. No obstante, también se pueden comprar EUAs de otras instalaciones excedentarias en derechos de emisión o incluso de proyectos de reducción de GEI realizados en países en desarrollo. Este último tipo de derechos se llaman **CERs** (Certified Emission Reductions). No obstante, estos tipos de derechos adquiridos tienen un límite, siendo el máximo un 13% de las emisiones asignadas por periodo e instalación. También es importante destacar que este tipo de asignación no admite aquellos proyectos realizados en masas forestales ni en centrales nucleares.

NOMBRE DEL CERTIFICADO		DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO
AAU	Assigned Amount Unit	Unidad de cantidad asignada de emisiones que cada país puede generar durante cada periodo.
ERU	Emission Reduction Unit	Reducción certificada de las emisiones de un proyecto de Implementación Conjunta (IC) en otro país del Anexo I. Los proyectos de IC no crean derechos adicionales de emisión para el país que recibe. En cambio, los certificados URE representan una transferencia de derechos de emisión (AAUs) a otro país del Anexo I.
CER	Certified Emissions Reduction	Estos certificados son generados a partir de proyectos desarrollados dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), realizado en un país no perteneciente al Anexo I. Representa un aumento de los derechos de emisión (AAU) para el país del Anexo I que realiza el proyecto. Un CER equivale a una tonelada de CO ₂ que se deja de emitir a la atmósfera, y puede ser vendido en el mercado de carbono a países Anexo I.
VER	Verified Emission Reductions	Estos certificados son generados por proyectos que han sido verificados fuera del Protocolo de Kyoto. Un VER equivale a 1 tonelada de emisiones de CO ₂ . A través de estos programas, las industrias compensan voluntariamente sus emisiones. Para calcular los VER se pueden usar distintos estándares que garantizan a los compradores que las reducciones sean veraces

Tabla 1: Tipología de certificados de derechos de emisión. Fuente: elaboración propia.

Mercado de carbono voluntario

En los últimos años se plantea la posibilidad de reducir las emisiones realizadas mediante la **compensación de los GEI emitidos**. Dichas propuestas, se traducen en proyectos relacionados con la captación de carbono. Para compensar las emisiones, se desarrollaron diversos mecanismos e instrumentos, que son fundamentados y legitimados a partir de diversos estándares y normativas. Así, una vez se verifican los créditos mediante certificados **VER** (véase *tabla 1*), las empresas podrán comercializar con estos derechos de emisión. Para entender el funcionamiento de los mercados de carbono, se puede analizar la relación que se establece entre el emisor y el receptor de los diferentes proyectos realizados. De esta forma, los mercados voluntarios están regidos por los proyectos desarrollados para la adquisición de derechos de emisión, y su comercialización depende de la tipología de cada país que recibe o ejecuta el plan para cumplir con sus objetivos de reducción de GEI (véase *figura 2*).

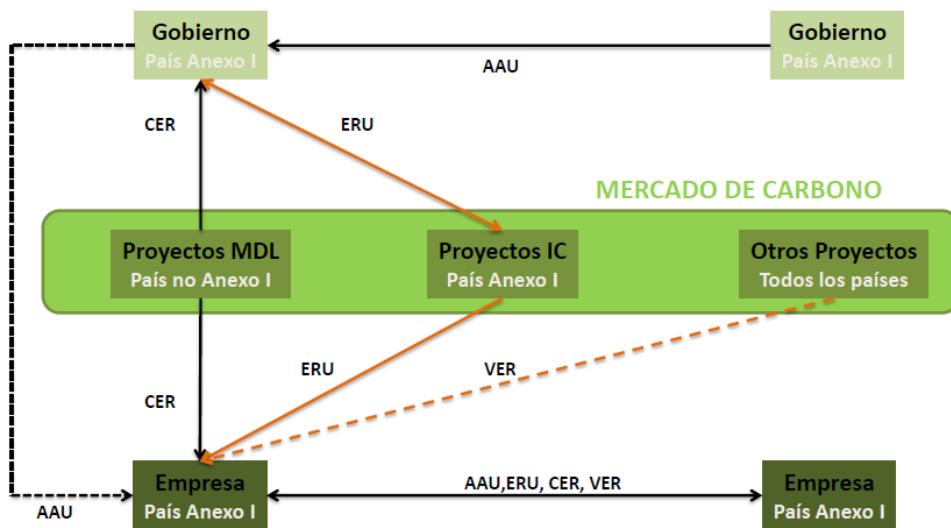


Figura 2: Estructura de los mercados de carbono en función del ejecutor del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Las emisiones difusas de diversas actividades también representan una gran fuente de emisiones de GEI a la atmósfera. Con motivo de establecer mecanismos de reducción de emisiones fuera del inventario nacional, se ha establecido un mercado de emisiones no regulado o voluntario. Existe una gran variedad de proyectos que actúan dentro del mercado voluntario de carbono con una diversificación mucho mayor que los mercados obligatorios, principalmente basados en proyectos de reforestación. Estos mercados se encuentran regulados por acuerdos contractuales entre los titulares del proyecto y las entidades solicitantes de créditos de emisión de GEI.

Para fomentar la credibilidad de estos mercados y garantizar los compromisos con el medioambiente mediante la reducción de GEI de una forma transparente; diversas empresas y organizaciones han desarrollado normas de calidad y protocolos para la certificación de los créditos de carbono (véase *tabla 2*), obtenidos mediante la realización de proyectos voluntarios. Se distinguen los siguientes estándares:

- Voluntary Carbon Standard (VCS). En el 2005, *Climate Group*, la Asociación Internacional del Comercio de Emisiones y el *World Economic Global Greenhouse Register* establecieron este estándar para verificar proyectos dentro del mercado de carbono voluntario.
- CCB Estándar. El CCBA (Climate, Community & Biodiversity Alliance) y la organización Conservation International crearon este estándar. Sólo sirve para proyectos realizados dentro del ámbito forestal y se centra en los beneficios ambientales y sociales del proyecto, así como en su comunicación y participación social.

- **Carbon Fix**. Norma desarrollada por científicos alemanes en áreas relacionadas con las masas forestales, el medio natural y el cambio climático. Esta etiqueta ecológica⁸ certifica la reducción de emisiones voluntarias en proyectos forestales.
- **Gold Standard**. Creada en el año 2003 por WWF y otras ONG y garantiza la obtención de beneficios medioambientales, sociales y económicos en las comunidades locales.

	Descripción	Características	Aplicable
CDM	Se produce un incremento de la captación de GEI adicional debido a la creación de nuevos sumideros o la mejora de su gestión.	- Proyecto realizado con colaboración de las administraciones. - Se usa para países en desarrollo.	NO
VCS	Se produce un incremento de la captación de GEI adicional debido a la creación de nuevos sumideros o la mejora de su gestión.	- Se realiza en mercado voluntario. -Incluye el mayor mercado de créditos de carbono en referencia a plantaciones.	SI
CCBS	Incrementar y proteger la biodiversidad.	- Se combina con VCS y CDM. - Verificación con VCS o CDM. - Aumentar el precio de los créditos VCS y CDM.	SI
Gold Standard	Mejora del desarrollo sostenible focalizándose en el desarrollo social y económico.	- Aumentan el precio de los créditos VCS y CDM.	SI
Carbon Fix Standard	Se garantiza un manejo forestal sostenible que aumenta la capacidad de fijación de CO ₂ en las superficies forestales.	- Puede combinarse con CCBS.	NO

Tabla 2: Estándares para la certificación de reducciones de GEI y sus características. Fuente: elaboración propia.

Este proyecto se desarrolla dentro del mercado voluntario de carbono, puesto que se cumplen todos los requisitos necesarios para su certificación en dicho mercado. Por lo tanto, se acreditará la captación de carbono por parte de los cultivos frutícolas mediante el estándar Voluntary Carbon Standard (VCS).

En general, el **Estándar Voluntario de Carbono (VCS)** valida reducciones de VER en aquellos proyectos realizados dentro del mercado voluntario de carbono y que cumplen con toda la normativa vigente. Para cumplir con la normativa y solicitar la expedición de los créditos VCS, el proyecto es validado y verificado. Para ello se sigue el siguiente proceso:

⁸ o ecoetiquetas son símbolos que se otorgan a aquellos productos cuya producción y reciclado producen un menor impacto sobre el medio ambiente debido a que cumplen una serie de criterios ecológicos definidos previamente por el análisis de su ciclo de vida.

1. Validación:

- Conformidad del proyecto con las regulaciones específicas de VCS.
- Adecuación a la metodología establecida. Demostrando la adicionalidad del proyecto.
- Probabilidad de que los métodos y procedimientos establecidos en la descripción del proyecto van a generar datos verificables e información de GEI con su implementación.

2. Verificación: (después de la implementación del proyecto)

- Asegurar la conformidad con el plan de monitoreo y supervisión.
- Comprobar la conformidad entre la absorción reportada en el proyecto y la absorción real de emisiones de GEI.

En función de las características y las acciones desarrolladas en el proyecto se disponen de distintos tipos de metodologías, que posteriormente serán transformadas en créditos VCS mediante el proceso de expedición y verificación. Además, este tipo de certificación admite el desarrollo de nuevas metodologías aplicables en función de cada proyecto.

Para poder **certificar los créditos VCS** es necesario cumplir con la reducción de los GEI mediante un proceso que debe ser:

- Real: La compensación de GEI debe haberse producido.
- Medible: La compensación debe ser cuantificada mediante la metodología pertinente. Recuérdese que los créditos VCS pueden ser certificados mediante el uso de nuevas metodologías.
- Permanente: La compensación no puede ser puntual, sino que debe producirse a lo largo del tiempo, reduciendo los GEI mediante un mismo mecanismo y de forma constante.
- Adicional: La compensación no puede ocurrir de forma natural, es decir, sin la realización del proyecto. De la misma forma, tampoco se pueden compensar las mismas emisiones de GEI previamente compensadas o adjudicadas en la contabilización nacional.

Si se analizan las características de este proyecto, se puede determinar que se cumplen los cuatro requisitos fundamentales para la certificación de los créditos VCS. De esta forma, la producción frutícola absorbe una cantidad cuantificable y real de dióxido de carbono (CO_2). El estudio pretende desarrollar nuevos cultivos en terrenos abandonados, asegurando así la adicionalidad del proyecto. También se pretende realizar una propuesta viable para su

explotación continua, manteniendo así la permanencia de fijación de CO₂ de los cultivos generación tras generación.

1.3.2. Agricultura frutícola

Desarrollo de la fruticultura en el pasado y en la actualidad

La fruticultura es la ciencia que estudia el cultivo de especies leñosas que producen frutos. También estudia el proceso y las técnicas empleadas para la producción de estos cultivos. En sentido amplio, el término incluye la preparación de los frutos y su posterior comercialización.

El origen de la fruticultura en España se remonta a plantación de árboles diseminados a lo largo de las riberas a principios del siglo XIX. De esta forma, se vendía la producción en los mercados locales. Posteriormente, en la década de los 50, se fueron introduciendo variedades locales de especies frutícolas. El incremento de precios en los mercados propició un aumento de la producción, y paulatinamente los cultivos fueron profesionalizándose mediante patrones, podas y densidades adecuadas a la estacionalidad del clima (*F. Buendía, 2011*).

En Cataluña, las áreas destinadas a la fruticultura presentan una buena aptitud edáfica y climática para una producción diferenciada y de calidad en las distintas variedades de fruta dulce (*Afrucat, 2013*). Así, las demarcaciones de Lleida y Tarragona son las que muestran una mejor aptitud climática para producir melocotón y nectarina precisamente por las elevadas temperaturas estivales y la menor pluviometría que evitan la incidencia de enfermedades. Las variedades más tempranas deben optar por aquellas áreas donde la incidencia de heladas es menor ya que desde el punto de vista edáfico, la mayoría de suelos tienen una buena aptitud para estos cultivos.

Desde el punto de vista edáfico los suelos disponibles en Cataluña presentan una muy buena aptitud para el cultivo del manzano, que puede verse condicionado en aquellos casos en los que la elevada capacidad de retención de aguas pueda originar un exceso de vigor en los árboles, desarrollándose problemas puntuales de salinidad o inundación. En el caso de la manzana, la demarcación de Girona y las zonas más elevadas o con temperaturas veraniegas más suaves de Lleida y Tarragona se posicionan como las zonas más aptas para las variedades de recolección más tardía ya que éstas requieren un gran período vegetativo que ligado a las temperaturas permiten desarrollar adecuadamente la coloración de los frutos. Las zonas más cálidas de las provincias de Lleida y Tarragona estarían desaconsejadas precisamente por limitar esta propiedad tan apreciada en el mercado.

Fruticultura en las zonas de montaña

En las zonas de montaña, caracterizadas por un clima frío y húmedo, desde finales del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX se han cultivado frutales para el autoconsumo o venta local ya que era la única opción para disponer de fruta fresca a lo largo del año. Destacan especies frutícolas como el cerezo, el manzano, el peral o el nogal. Además, muchas de estas producciones eran reconocidas por su especial sabor y calidad de los frutos, por lo que durante los años previos a 1950, incluso se comercializaban en los principales mercados nacionales. Posteriormente, con la profesionalización de las técnicas de producción y los avances tecnológicos en el campo de la agricultura, se establecieron grandes extensiones de llanura que permitieron alcanzar grandes producciones frutícolas para su comercialización a nivel nacional e internacional.

En el año 2009 se desarrollaron las primeras iniciativas para retornar el cultivo de especies frutícolas en alta montaña con el objetivo de aportar datos sobre la producción del manzano en zonas de montaña próximas a los 1000 metros de altitud. Esta iniciativa fue desarrollada por el *Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural* de la Generalitat de Cataluña en la localidad de Llesp (Lleida). Los resultados muestran que la producción de manzana en zonas de montaña puede constituir un complemento o alternativa viable para el desarrollo de estas actividades agrícolas en función del tamaño del terreno, las características de las explotaciones y la disponibilidad de mano de obra (*I. Iglesias, 2012*). Además, también se pueden aportar unos ingresos adicionales a la actividad turística, evitando al mismo tiempo el despoblamiento de las zonas rurales de montaña.

A partir del año 1970, se produjo un movimiento migratorio de baja intensidad de la ciudad al campo, en forma de asociaciones comunales. En pocos años, el movimiento comunal llevó aproximadamente a medio millón de personas de origen urbano a trasladarse al campo de forma transitoria o permanente. Este cambio de vida, implica el retorno a una vida materialmente simplificada y totalmente autosuficiente. No obstante, este movimiento tuvo mínimas repercusiones sobre municipios rurales, ya que el éxodo rural aún se producía a un ritmo elevado.

Actualmente, este tipo de futuras alternativas que puedan revalorar el territorio, generando ocupación y una producción de calidad, pretenden ser una solución para asegurar la continuidad del mundo rural. No obstante, se debe mantener una calidad superior a la fruta de importación, y a la vez, aproximarse a los centros de consumo locales.

1.4. Marco legal

1.4.1. Directrices reguladoras del mercado de carbono obligatorio y su implementación

Dentro de los compromisos asumidos por los países miembros de la Unión Europea para luchar contra el cambio climático en el protocolo de Kioto, se han desarrollado diversas disposiciones legales que configuran un marco jurídico común entre los países miembros, que se encargan de transponer las directivas generales elaboradas por la comisión europea (véase figura 3). El protocolo de Kioto establece un marco jurídico para la comercialización internacional de los derechos de emisión de GEI, que fue establecido por la **Directiva 2003/87/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de octubre de 2003. Esta Directiva establece la posibilidad de comercio de estos derechos de emisión por parte de las empresas que desarrollan actividades descritas en el Anexo I de la directiva, de tal forma que las empresas con excedentes de derechos de emisión podrán vender sus derechos a otras empresas que hayan superado su umbral máximo de emisión.

Posteriormente, se amplió el régimen comunitario establecido por la Directiva 2003/87/CE, estableciendo la Directiva 2009/29/CE que perfecciona las directrices establecidas con anterioridad sobre los derechos de comercio de emisiones. Esta ampliación legislativa culmina con la elaboración del Libro Verde, documento que establece las responsabilidades sociales de las empresas respecto a la comercialización de derechos de emisión. Además, para la implementación de la directiva, se establece un calendario y modelo de gestión para la subasta de los derechos de emisión, dispuesto en el reglamento 1031/2010 de la UE. Posteriormente, este volumen de subastas es ampliado hasta la fecha de 2013, mediante la elaboración del reglamento 1210/2011 de la UE (*Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del gobierno de España, 2013*).

La transposición a la legislación española interna se realizó mediante la transposición de la directiva con la **Ley 1/2005**, de 9 de marzo de 2005, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero para aquellas actividades pertenecientes a grandes focos de emisión. Esta ley regula los siguientes aspectos:

- Régimen de autorizaciones de emisión de gases de efecto invernadero.
- Régimen aplicable a las autorizaciones de agrupación de instalaciones. Así, las instalaciones dedicadas a una misma actividad podrán, previa

autorización del órgano competente, responder de la obligación de entregar derechos de manera conjunta.

- Naturaleza y contenido del Plan Nacional de asignación, así como su procedimiento de aprobación.
- Régimen regulador de los derechos de emisión.
- Obligaciones de información del titular de la instalación.
- Regulación del Registro nacional de derechos de emisión.
- Régimen sancionador. En el primer período (2005-2007), la sanción era de 40€ por tonelada de CO₂ excedida, o por la que el titular de la instalación no hubiera entregado el correspondiente derecho. Esta multa, ascendió a 100€ por tonelada de CO₂ para el segundo período (2008-2012) y no exime al titular de compensar, en el siguiente año, el déficit de entrega resultante del año anterior, medida que garantiza además que el resultado ambiental se cumple de cualquier forma.

Establecimiento y regulación del régimen europeo de comercio de derechos de emisión de GEI

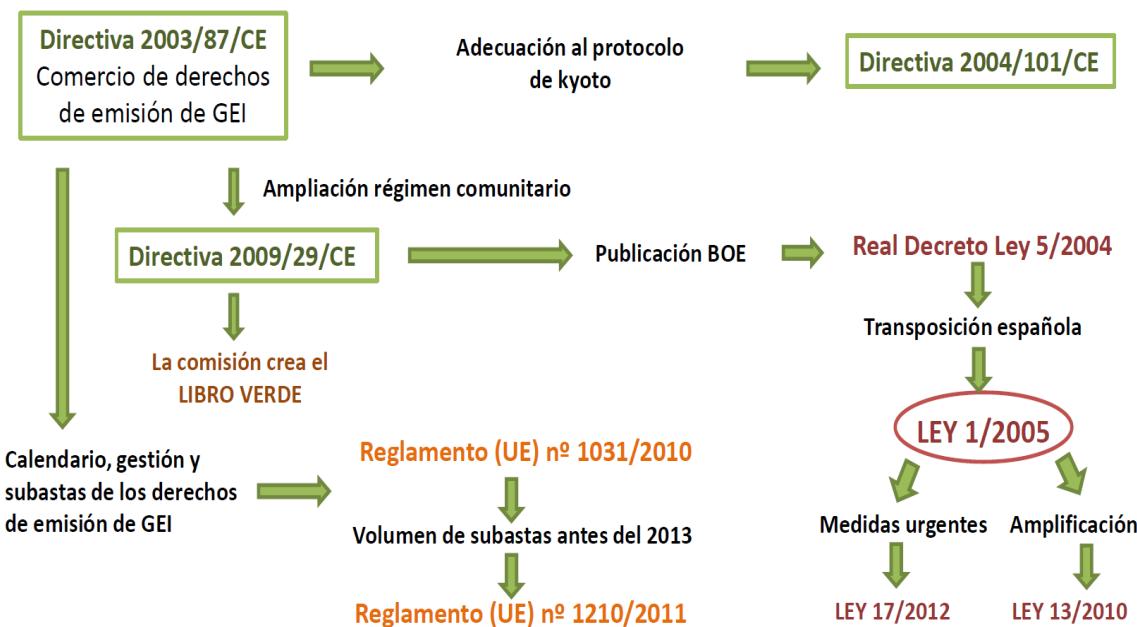


Figura 3: Reglamento europeo del mercado de carbono obligatorio. Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.

Los estados miembros de la UE son los encargados de establecer los límites de emisión de las instalaciones afectadas por la legislación respecto a las emisiones de GEI. Esta limitación se establece a partir de la elaboración de Planes nacionales de Asignación (véase figura 4).

En estos planes se establece el máximo de emisiones permitidas para cada tipología de instalación, generando una escasez de derechos de emisión necesaria para que las empresas apliquen mecanismos de disminución de emisiones y se produzca un mercado de dichos derechos de emisión entre empresas (*Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del gobierno de España, 2013*).



Figura 4: Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión a actividades. Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del gobierno de España.

Para la elaboración de estos planes de asignación la Comisión Europea elaboró un comunicado al Parlamento Europeo, para la adopción de estrategias legislativas comunes en la elaboración de estos planes. En primera instancia, el comunicado del año 2003 hace referencia a los criterios aplicables en los planes de asignación (contenido en el anexo III de la Directiva 2003/87/CE). Como resultado se establece el RD 777/2006, que configura el plan de Asignación Nacional para el período de 2005 a 2007.

El segundo comunicado, del año 2005, estableció unas directrices complementarias, que fueron incorporadas en el RD 1402/2007, generando el Plan de Asignación Nacional para el período de 2008 a 2012. A partir del 2013, la asignación de los derechos de emisión se gestiona a nivel comunitario, tanto en volumen como en metodología de asignación, lo cual se dispone en el RD 1722/2012.

Más concretamente, se desarrollaron en España diversas leyes para la gestión de los ecosistemas forestales y el incremento de los sumideros de carbono. Se pretende luchar contra la emisión de GEI a través del incremento de los sumideros de carbono, mediante el **Plan Forestal Español 2002 - 2032**, con objetivos de reforestación de 3,8 millones de ha. También destaca la adopción de la **Ley 2/2011**, de 4 de marzo, de Economía Sostenible que prevé que las Administraciones Públicas establezcan un sistema de incentivos y subvenciones a los sumideros de carbono.

1.4.2. Protocolos y Normativas desarrolladas en el mercado voluntario de carbono

Para definir la relación de los productos agrícolas con el cambio climático se debe establecer la cantidad de CO₂ absorbido por el cultivo (véase apartado 4.2.4.) Por lo tanto, se trata de calcular el balance de carbono global del producto agrícola, descontando a la fijación de CO₂ del cultivo la emisión que genera su producción. Así:

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

Existen normativas estandarizadas que permiten cuantificar la emisión de CO₂ de un producto o servicio. No obstante, no existe ninguna normativa que permita cuantificar la fijación de CO₂ realizada por cultivos. Así, para calcular esta fijación, se utilizarán metodologías de captación por biomasa aérea de los cultivos, extrapolando los resultados a la superficie de cultivo presente en la zona de estudio. Posteriormente, se validará el resultado final de fijación mediante la acreditación como créditos de carbono VCS.

En conclusión, este apartado analizará aquellos estándares establecidos para cuantificar el cálculo de la emisión de los cultivos, entendiendo la producción agrícola como el producto final de un sistema empresarial (véase figura 5).

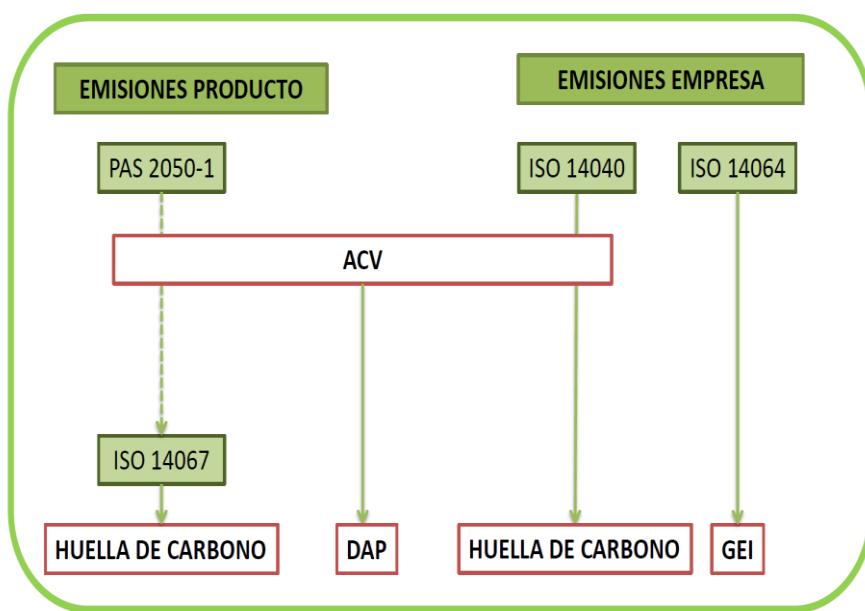


Figura 5: Estándares para la cuantificación de emisiones GEI. Fuente: elaboración propia.

Certificados para el cálculo de las emisiones del producto

PAS 2050-1

Este protocolo internacional consiste en una serie de normas basadas en la gestión y neutralización de la Huella de Carbono. Este término se refiere al cálculo de las emisiones de GEI cuantificadas en emisiones de CO₂ equivalentes que son liberadas a la atmósfera durante la producción de un bien o servicio. De esta forma, las empresas pueden vender su producto con un certificado PAS verificado, comunicando a los consumidores su compromiso con el medio ambiente y promocionando su exclusivo producto en el mercado. Además, también se incorporan mecanismos de ahorro energético, que rentabilizan los procesos de producción de las empresas y garantizan los procesos de responsabilidad corporativa. (*BSI Group Iberia, 2012*).

ISO 14067

Es una norma que estandariza el procedimiento para el cálculo de la huella de carbono de los productos. El documento PAS 2050 constituyó un inicio para la elaboración de esta norma. De este modo, si se implementa la normativa PAS 2050, es más fácil adoptar la norma ISO 14067 para las empresas.

Certificados para el cálculo de las emisiones de empresa

ISO 14064

La normativa ISO 14064 es un protocolo de compensación de GEI elaborada por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Se establecen los protocolos para cuantificar las emisiones de GEI de empresa y servicios para reducirlas mediante la aplicación de técnicas adecuadas a cada fuente de emisión. De esta forma, se establecen los límites del sistema contaminante para actuar sobre las fuentes de emisión inventariadas previamente, y reducir así las emisiones generadas. Finalmente, se garantiza una validación y verificación de la reducción de las emisiones de GEI por parte de auditores internos de esta organización independiente.

ISO 14040

Norma estandarizada para el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de los productos, mediante la evaluación de las entradas y salidas de los impactos ambientales potenciales del sistema. Permite a las empresas minimizar sus impactos ambientales. De la misma forma, la comparación entre el impacto producido por la sustitución de unos materiales por otros se evalúa a través del estudio de sus correspondientes ciclos de vida. Además, permite certificar el producto con una Declaración Ambiental del producto (DAP) que añade un valor de calidad al producto de la empresa, distinguiéndose de otros productos del mercado, y por lo tanto, aumentando su competitividad.

2

Antecedentes



2.1. CONTEXTO TERRITORIAL

En este capítulo se sitúa el ámbito de estudio y sus principales características, que posteriormente se analizaran para poder argumentar las acciones que se pueden realizar.

2.1.1. Localización del ámbito de estudio

El ámbito de estudio de la memoria se centra en la Vall d'Alinyà (véase *Anexo I, Mapa 1: Localización*), incluyendo la Finca, propiedad de la Fundació Catalunya-La Pedrera (véase *Tabla 3*). El ámbito de estudio lo denominaremos Vall d'Alinyà para no dar lugar a equívocos. La localización de la zona a estudiar es esencial para poder identificar los cultivos abandonados o campos de uso potencial en la Vall d'Alinyà para la agricultura frutícola.

La Vall d'Alinyà está situada al sureste de la comarca del Alt Urgell, limitando con el Solsonès y está flanqueada al sur por la sierra de Campelles y la montaña de Cambrils, el valle del Segre al oeste; los contrafuertes septentrionales del valle de la Vansa al norte y la sierra del Port del Compte al este. El fondo occidental del valle está drenada por el río de Perlas, que recibe agua de los ríos de Alinyà y de la Pieza, provenientes de las laderas orientales. Sus límites por la zona norte son el Roc de Galliner (1635m) y el Puig de Ginestar (1750m). Por la zona sur los límites son la sierra de Turp (1620m), la Tosa de Cambrils (1805m) y la sierra de Odén. El valle forma parte del término municipal de Fígols y Alinyà y se compone de los núcleos de Perlas, Alinyà, las Suertes, Llobera, y la Encina.

La Finca de Alinyà es la finca privada más grande de Cataluña, sus más de 5.000 ha, entre 500 y 2.380 m de altitud, y su relieve accidentado, le dan una diversidad de ambientes superlativa. Pastos, ríos, bosques, cimas, acantilados y canchales forman un conjunto de una excepcional riqueza ecológica y paisajística, donde la gran fauna pirenaica vive en armonía con la población local.

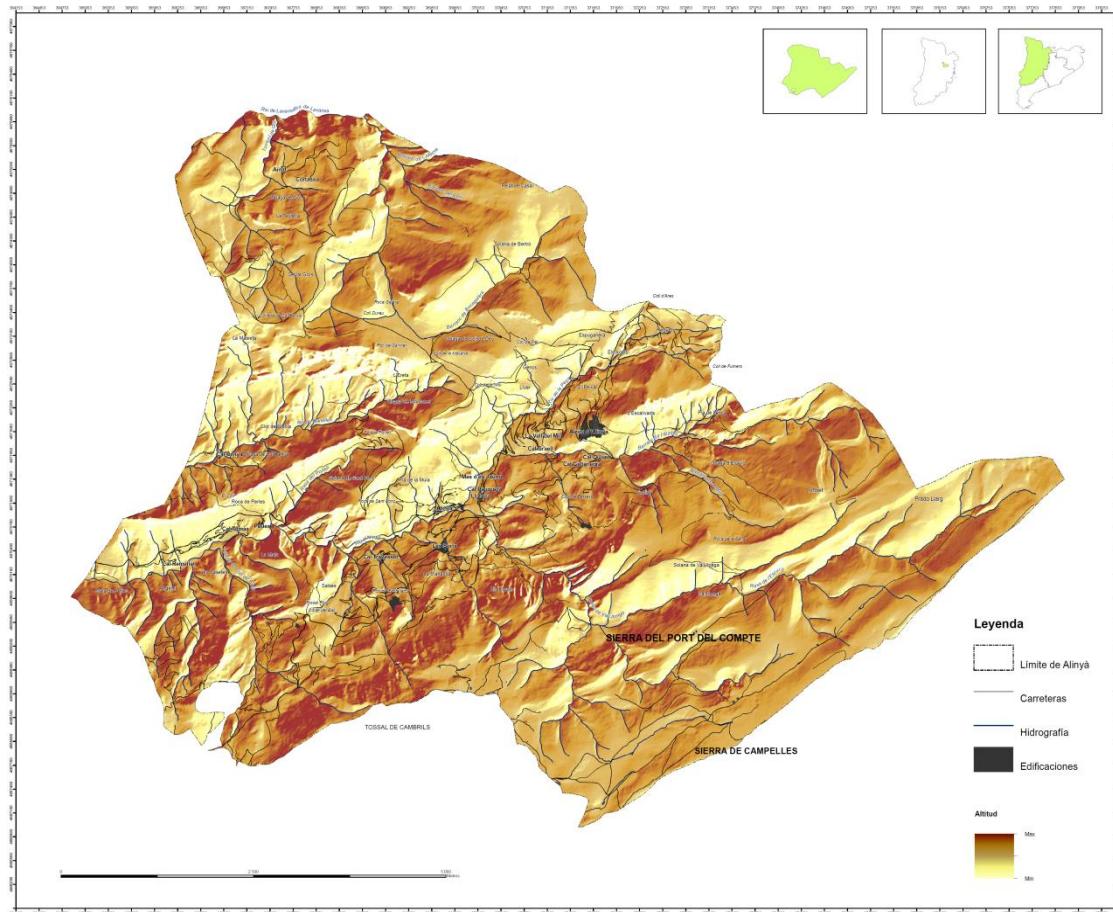
El acceso al valle se puede realizar a través de la carretera L-401 desde Cambrils al Solsonès, o desde la C-14 a la altura de Coll de Nargó. Dicha carretera, que fue construida en la década de los años 40 del siglo XX, permite la comunicación con el municipio principal, Fígols, situado en la llanura aluvial del río Segre. Junto con el camino de acceso a la Encina de Alinyà, estas son las únicas vías asfaltadas del valle. A pesar de su aislamiento geográfico, es posible comunicarse con los valles vecinos a través de caminos y pistas forestales; de la Encina de Alinyà sale un pista forestal que conecta con Osario, en el valle de la Vansa, por el Coll de Ares. De este mismo camino sale una

desviación que lleva desde la Encina de Alinyà a Horno y Caferna por el Coll de Durau. Es importante no olvidarse de los caminos rurales, que facilitaban el acceso a los cultivos de alta montaña y para entender la mecánica de la zona antes de hacerse las principales carreteras, es decir, como podían abastecerse de sus propios recursos y desarrollar las actividades del sector primario.

Datos del espacio:

Espacio Natura Montaña de Alinyà	
Año de adquisición :	1999
Superficie :	5.352,13 ha
Localización :	Fígols i Alinyà (Alt Urgell)
Coordenadas GPS :	E01 ° 25'22, 8" N42 ° 10'49, 1"

Tabla 3: Datos de la Finca. Fuente: Fundació Catalunya-La pedrera.



Mapa 1: Localización de la Vall d' Alinyà. Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Contexto socioeconómico

La sociedad y, por tanto, la economía de la Vall d'Alinyà se ve afectada por el despoblamiento que se ha dado en toda la zona de los Pirineos desde la mitad del siglo XX (*Mendizàbal, 1987*). Esta tendencia repercute de una manera decisiva sobre el paisaje de Alinyà, abandonando las actividades agrícolas por lo que se observa una invasión de masa forestal.

Antes de la crisis de la sociedad rural, la economía de la zona se basaba en la producción de alimento para el consumo humano y el ganado, y la comercialización se limitaba al ganado y a los excedentes de la producción para el autoconsumo. La revolución industrial repercutió de forma significativa en la Vall d'Alinyà y propició el traslado del campo a las ciudades en busca de nuevas oportunidades, de servicios y equipamientos (*Camarero, 1993*).

El despoblamiento de la zona se puede explicar por el cambio de producción de autoconsumo a la producción con fines comerciales, la falta de servicios y equipamientos y el medio físico, en el que se invierte más trabajo y recursos que en otras zonas de plana (*Soriano, 1994*).

La estructura poblacional muestra evidentes signos de envejecimiento (véase gráfico 1). En Alinyà y Fígols solo hay un 9% de jóvenes menores de 14 años, alrededor de un 58% de la población en edad de trabajar y un 16% mayores de 65 años (*Idescat, 2012*).

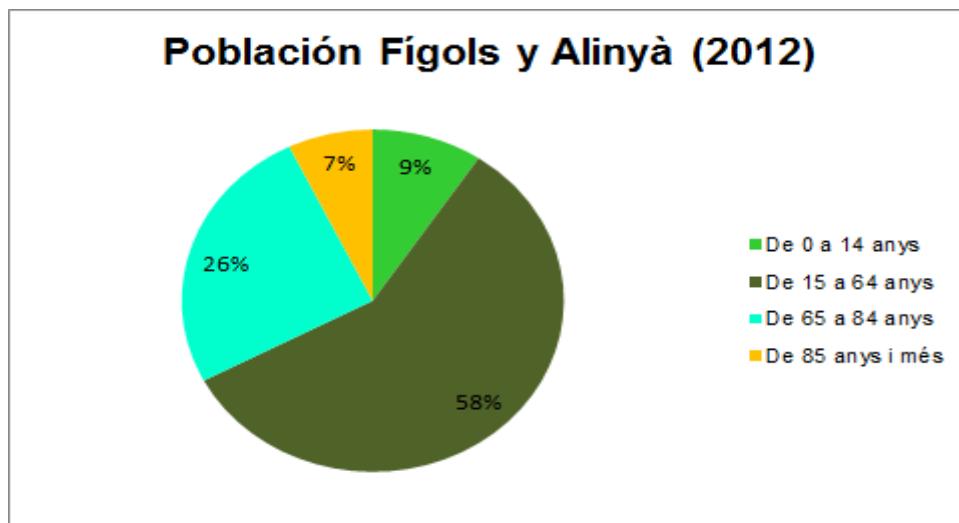


Gráfico 1: Estructura poblacional del municipio Fígols y Alinyà. Fuente: Idescat, 2012.

Los núcleos más poblados son Sorts, Llobera, Alinyà i Alzina, los cuales representan el 78% de la población en el valle (*Idescat, 2012*). Los fines de semana y la época estival, se puede triplicar la población por el vínculo emocional con el pueblo de antiguos habitantes.

El gran cambio en la economía de la zona se puede asociar con la concentración de núcleos cercanos con más densidad de poblacional, mejor comunicados y con mayores servicios que hacen la vida de los habitantes más cómoda. Este abandonamiento provoca que también sean abandonadas las actividades económicas tradicionales, como la agricultura, que provocan un cambio en el paisaje (Torró, 1990).

Las principales actividades económicas de la zona en la actualidad siguen siendo las relacionadas con el sector primario, como la ganadería con ganado ovino, vacuno, equino y caprino. Parte de la población trabaja en las industrias de Oliana y Organyà. A finales del siglo XX se abrieron algunos establecimientos dedicados a la restauración y el turismo rural.

Cerca del municipio encontramos mercados importantes, como el de Ordinyà o la Seu D'Urgell, donde se pueden encontrar frutas y verduras cultivadas en la zona. También se puede encontrar comercio al detalle en los establecimientos de restauración que eventualmente hacen esta función para algunos productos básicos, aparte de ser alojamientos como se ha dicho anteriormente.

2.1.3. Medio físico y biofísico

En la Vall d'Alinyà (zona prepirenaica) se fusionan una zona de transición climática con un relieve bastante abrupto. El valle está orientado hacia el oeste en el mismo sentido de la cordillera prepirenaica. Tiene un alto gradiente altitudinal, de los 608 metros sobre el nivel del mar en el cauce del río de Perles, al oeste, hasta los 2379 en el Pedró los Cuatro Batlles, al este. La disposición altitudinal, el relieve y la orientación de las laderas, zonas de solana y de umbría, da lugar a diferentes zonas con un microclima característico. Las temperaturas medias se sitúan entre los 8 ° C y los 16 ° C, con fenómenos de inversión térmica en el fondo del valle en los meses fríos.

Debido a estas características climáticas se encuentran zonas que pertenecen a la región eurosiberiana y también se encuentran zonas que son típicamente mediterráneas (Moisés et al., 2004). Se trata de un clima prepirenaico que hace de frontera entre dos grandes regiones. Por la situación geográfica, la pluviometría media oscila entre los 650 mm y los 1100 mm, donde los valores máximos se dan en la primavera y el verano, y los valores mínimos durante el invierno (ICHN, 2004).

El régimen de evapotranspiración e irradiación dependen si se encuentra en una zona de solana o de umbría. Estas irradiaciones difieren en un 50% respectivamente.

La sequía no es importante en ninguno de los casos de microclima que se dan en el valle, aunque se podrían dar algunos años de sequía en las zonas de solana más bajas, ya que son los suelos con menos reserva hídrica.

Debido a las altas pendientes que contiene la Vall d'Alinyà, la gran pluviosidad, los fuertes vientos en las zonas más altas hace que el terreno sea muy pedregoso y con abundantes afloramientos rocosos que muestran los materiales calcáreos y margas que predominan en la zona.

Para estudiar los cultivos idóneos es importante caracterizar la litología de los suelos para seleccionar el óptimo en cada caso. Se pueden describir tres tipos de paisajes de suelos (*Olarieta et al., 2004*): las plataformas de calcáreas en las zonas altas, las laderas dominadas por estas plataformas, que es donde se acumula más superficie agrícola y las laderas de las zonas más bajas del valle con entisoles líticos y carbonatados y de baja profundidad.

La vegetación presente en los estratos bajos y medios del valle de Alinyà se caracteriza por encinares y pinares mediterráneos, como el pino silvestre (*Pinus sylvestris*), el pino salgareño o negral (*Pinus nigra*), la encina (*Quercus ilex*) y el roble pubescente (*Quercus humilis*), con una predominancia del boj común (*Buxus sempervirens*) al estrato bajo. También hay presencia de álamos (*Populus alba*), chopos (*Populus nigra*) y alisos (*Alnus glutinosa*) como especies más representativas de las unidades de bosque de ribera que se desarrollan cerca de fuentes de agua.

En la parte más elevada del valle, se extiende el bioma subalpino, en el que predomina el sustrato herbáceo, como los prados de festuca (*Festuca sp.*), y los matorrales o árboles, de dimensiones reducidas, adaptadas a la falta de nutrientes en el suelo, nevadas y fuertes vientos, como son los matorrales de enebro (*Juniperus communis*) y los pinos negros (*Pinus uncinata*) (*Moisés et al., 2004*). En este contexto, se encuentran variedades de altura. Los árboles frutales, ahora limitados al ámbito doméstico, están muy presentes en la valle de forma asilvestrada.

Como consecuencia del éxodo rural de Alinyà se ha abandonado la agricultura y esto ha repercutido en la pérdida del mosaico paisajístico.

Además, la Vall d'Alinyà es un famoso escenario y refugio de especies emblemáticas como el rebeco o el urogallo, se observan con facilidad las cuatro especies de buitres que viven en el Antiguo Continente: buitre leonado, quebrantahuesos, buitre negro y alimoche.

2.1.4. Actividad frutícola: el caso del manzano (*Malus domestica*)

En España, las zonas productoras del valle del Ebro (La Rioja, Aragón y Cataluña) concentran el 62% de la superficie de manzanos española y Cataluña produce el 42% de las manzanas del total nacional. Además, en España, el 24% del total de la superficie plantada de manzano se destina a la industria de la sidra y el 76% restante son frutos que se destinan al mercado en fresco o manzana de mesa (*F. Buendía, 2011*).

En España, existe una clara tendencia a reducir la producción de manzanas y substituirlas por plantaciones con hueso, puesto que son mucho más fáciles de producir. En Europa, Italia y Francia representan la mayor parte de producción de manzano. No obstante, Polonia es el principal país productor de manzanas, destinando el 60% de su producción a industria.

Las condiciones de cultivo en zonas de llanura implican temperaturas elevadas y baja humedad durante el periodo estival, perjudicando el desarrollo de los cultivos de manzano. De esta forma, se altera la producción de pigmentos en la fruta, la síntesis de aromas y de los materiales que estructuran las paredes celulares como las pectinas. Todo ello contribuye a una disminución de la calidad del fruto de las producciones españolas frente a las procedentes de países con climas más frescos como Francia, Italia, Chile, Brasil o Nueva Zelanda. Esta pérdida de competitividad se ha traducido en los últimos años en un aumento de las importaciones de manzana en España, doblando en cantidad al número de importaciones. Como consecuencia, la superficie y la producción de manzana en España se ha visto reducida a unas 500.000 toneladas procedentes de unas 35.000 hectáreas de terreno en 2013 frente a las 962.000 toneladas producidas en 59.300 hectáreas de 1984 (*I. Iglesias, 2012*).

En la península, y debido a la creciente necesidad de aumentar la calidad de la manzana producida, se han desarrollado diversas iniciativas para la plantación comercial del manzano en altura. Destacan las plantaciones en Sierra Nevada (Granada), el Burgo de Osma (Soria), Calatayud (Zaragoza) y Puigcerdà (Cataluña), entre otras.

En Cataluña, l'Alt Urgell o la Cerdanya fueron productoras de manzana antes del despliegue de las importantes zonas productoras de Lleida, Bax Llobregat, Ribera d'Ebre y Girona, donde actualmente emplaza la mayor parte de la actividad productiva de manzana en Cataluña. En Cataluña existe una apuesta clara para el cultivo del manzano en la provincia de Gerona. No obstante, la producción de manzana en Cataluña experimenta una recesión

porque se ha producido una reconversión hacia la fruta con hueso en la provincia de Lleida. Un informe anual del Observatorio de la Fruta Fresca de Cataluña de 2012 registró un ascenso de las exportaciones de manzana catalana pero se produjo un descenso en los precios y en el consumo interno del producto.

La fruticultura en la Vall d'Alinyà está en clara decadencia, cada vez hay menos personas dedicadas a las actividades agrarias (Revilla, 1988), a pesar de que éstas constituyan la base económica de las áreas de montaña por su importancia histórica y por el peso relativo actual en cuanto al aprovechamiento o uso del suelo útil. El abandono de la actividad ha provocado una intrusión del bosque a las zonas agrícolas, perdiendo así, suelos útiles para su aprovechamiento. La fruticultura en la Vall d'Alinyà ha ido en clara regresión, ya que antes se cultivaban diferentes especies de frutas y se vendían localmente, mientras que ahora sólo encontramos fruta para el autoconsumo o como una reliquia del pasado.

Conocer los antecedentes de antiguas variedades de frutas cultivadas facilita la elección de una especie frutal, pero además, se han de estudiar las características edafoclimáticas de algunas especies que se podrían cultivar en la Vall d'Alinyà:

Árboles frutales	Descripción	Condiciones meteorológicas	Suelo
Nuez, <i>Juglans regia</i>	Árbol de 24 a 27m de altura y tronco de 3 a 4m de diámetro.	- Temperatura primaveral mínima: 1,1°C - Temperatura máxima: 38°C - Precipitaciones mínimas: 700 mm/año	- Suelos profundos, permeables, sueltos y fértiles. - pH neutro (6,5-7,5)
Pistacho, <i>Pistacia vera</i>	Es muy longevo (150 a 300 años). Mide de 5-7 m de altura.	- Adaptada a climas templados y secos. - Temperatura máxima: 38°C - Horas mínimas de frío: 800 horas (por debajo de los 7°C). - Lugares soleados y es resistente a vientos fuertes, sequía y altas temperaturas. Pero no tolera la humedad.	- Suelos: profundos, franco-arenosos y bien drenados. - pH entre 6-8 - Contenido calcáreo no debe ser inferior del 10%.
Almendra, <i>Prunus amygdalus</i>	Puede alcanzar de 3 a 5 m de altura.	- Horas máximas de frío: 200-400 - Es muy tolerante a la sequía. - Precipitaciones mínimas: 300mm/año.	- Suelos: sueltos y arenosos. - pH básico.

Avellana, <i>Corylus avellana</i>	Arbusto de 2 a 5m de altura y un diámetro aproximado de 10 a 15mm.	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura media anual: entre 12 y 16°C, con un mínimo de 700 horas de frío (menos de 7°C). - Temperaturas mínimas invernales no inferiores a -8°C. - Precipitaciones anuales: 2.500-3.000 m3/ha. - Es muy sensible a la sequía y resistente a las heladas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelo: profundo, fresco, blando y permeable. - Naturaleza silíceo-calcáreo-arcillosa. - pH entre 5,5 y 7,8.
Manzana, <i>Malus domestica</i>	Alcanza como máximo 10 m de altura y tiene una vida de unos 60-80 años.	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura mínima soportada: -10°C. - Las flores son sensibles a las heladas tardías de primavera. - Soporta más el exceso de frío que el de calor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelos: de aluvión silíceo-arcillosos, pero de regadío o muy frescos.
Cereza, <i>Prunus avium</i>	Puede llegar a los 25 m de altura.	<ul style="list-style-type: none"> - Resistentes a las bajas temperaturas invernales. - Requiere muchas horas-frío para la floración (900-1.800h). - No necesita altas temperaturas. - Precipitación óptima: 1.200 mm/año. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelos con buen drenaje, ligeramente calizos, bien iluminados y aireados. - No tolera los suelos pesados con pH elevado.

Tabla 4: Tipos de frutales que se pueden implementar en Alinyà. Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta estos datos, **se ha seleccionado el manzano (*Malus domestica*) para su implementación como cultivo frutícola**, ya que tiene un valor socio-cultural y se adapta a las características edafoclimáticas de la Vall d'Alinyà (véase tabla 4).

En tiempos pasados se han cultivado diferentes variedades de manzanas (véase tabla 5) y aún se puede observar algunas de ellas (Bel, et al.2013). Además, el sistema de aterrazamiento de la montaña da la identidad característica del cultivo del frutal en tiempos pasados, conservando su valor socio-cultural.

Variedad de manzana	Otros nombres
Blanca	-
Borda	-
Del ciri	-
D'hivern	-
Morruda	-
Sang de bou	D'hivern, sang de llebre
Silvestre	-
St.Jaume	D'agost
Vermelles	-

Tabla 5: variedades de manzana en la valle d'Alinyà. Fuente: Caracterizació agroecológica de la vall d'Alinyà.2013.

2.2. Otros proyectos relacionados con la captura de carbono en cultivos

La realización del estudio sobre la Finca de la Vall d'Alinyà consta de varias áreas de conocimiento que deberán ser referenciadas con la consulta de otros proyectos con características y fundamentos similares.

Los cultivos agrícolas, al igual que las masas forestales, pueden comportarse como sumideros de carbono, absorbiendo y almacenando CO₂ de la atmósfera. Se requiere el desarrollo de sistemas de producción agrícolas que fomenten la retención de carbono en el suelo y en la biomasa, reduciendo al mismo tiempo las pérdidas del sistema. Diversos estudios muestran la capacidad de captación de carbono en sistemas de producción agrícola con especies frutales, destacando un proyecto realizado en la provincia de Valencia sobre captación de carbono en cítricos, que demuestra la capacidad de la plantación para fijar grandes cantidades de carbono. En este estudio se observa que el conjunto de las plantaciones de cítricos de la Comunidad Valenciana es responsable de una fijación neta anual de aproximadamente 865.000 Tn de CO₂ en aproximadamente unas 130200 hectáreas (*Primo, 2011*).

Uno de los objetivos principales de este estudio es la contabilización del carbono captado por los cultivos mediante el Análisis del Ciclo de Vida del producto agrícola. Existen diversos estudios que han relacionado esta cuantificación de carbono absorbido por el sistema agrícola con la emisión que representa su producción. Otros proyectos que realizan un Análisis de Ciclo de Vida se centran en la producción de frutas, como el estudio de Análisis de Ciclo de Vida de naranjas en Brasil, que evalúa el impacto ambiental generado en toda la cadena de producción de estos cultivos, siguiendo la normativa ISO 14040, y concluye con una serie de recomendaciones para una producción más sostenible del producto (*Coltro, 2009*). En esta misma línea de investigación se distingue otro proyecto de Análisis de Ciclo de Vida del Kiwi, que pretende desarrollar una declaración ambiental del producto por parte de la empresa (*ZEUS KIWI, 2011*).

Existe un estudio realizado por el Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón que analiza el balance global de carbono de las explotaciones frutícolas de Aragón. Para estimar las emisiones de CO₂ se aplica la metodología ISO 14064, calculando las emisiones directas (consumo de combustible para el procesado en campo del cultivo, en las que se incluyen las labores de siembra, poda-triturado, aclareo, acolchado, tratamientos, abonado de fondo, instalación de riego, las necesarias para el

procesado fresco, la recolección y el transporte al almacén así como los óxidos de nitrógeno procedentes del suelo por fertilización) y las indirectas debidas a la energía. De forma adicional a los requisitos de esta metodología, también se contabilizan las emisiones generadas por transporte del 30% de la producción hasta sus centros de distribución. Posteriormente, se comparan estas emisiones con los datos obtenidos por la Universidad de Murcia y el Consejo Superior de Investigaciones Científica (CEBAS). Como resultado final, se puede concluir que la fruticultura aragonesa es un sumidero neto de CO₂, que puede colaborar en la compensación de emisiones realizadas en otros lugares (*Espada, 2013*).

Para la comercialización del producto agrario cultivado en la Vall d'Alinyà deberán aplicarse técnicas de comercialización verdes, es decir, que diferencien el producto de otros productos existentes en el mercado por su contribución a la mejora del medioambiente. Como referente se puede distinguir un proyecto realizado en la región de Murcia, que recopila datos de las emisiones y captación de GEI en los sistemas agrícolas de la zona, generando un sello de calidad ambiental propio de la comunidad autónoma. El estudio se centra en cálculo de la huella de carbono de los productos, basándose en los instrumentos desarrollados por la normativa ISO 14064 (*LESSCO2, 2012*).

Otros proyectos establecen una serie de medidas útiles para optimizar los recursos necesarios en un sistema agrícola y gestionar el cultivo de manera sostenible y rentable. Destacan proyectos realizados en sistemas agroforestales, combinando especies frutales con otro tipo de plantaciones, ya sean plantaciones forestales, cultivos u otras especies frutícolas. Se ha comprobado que este tipo de sistemas son mucho más eficientes en producción, mantenimiento de biodiversidad y protección del ecosistema e integración paisajística que los sistemas monocultivo (*SAFE project, 2001*).

3 Objetivos



3.1. Objetivos

El objetivo general de este estudio es desarrollar una metodología para la implantación de cultivos frutícolas en zonas de montaña que valore, de forma real, su capacidad como sumidero de carbono⁹. También se pretende cuantificar los beneficios generados por la venta de la producción agrícola y complementarlos con beneficios obtenidos mediante la certificación de créditos de carbono voluntarios. Finalmente, se pretende estudiar la viabilidad económica de este proyecto a partir de indicadores económicos de mercado.

3.2. Objetivos específicos

Para abordar el objetivo general de este proyecto, y debido a su complejidad, se analizarán otros objetivos específicos que ayudarán a sintetizar y esquematizar la información requerida. Los objetivos específicos se clasifican en las siguientes tipologías:

3.2.1. Objetivos específicos del producto agroalimentario

- Identificar las áreas potenciales para desarrollar los cultivos agrícolas de manzano (*Malus domestica*) en la Vall d'Alinyà.
- Analizar la viabilidad económica del producto agroalimentario.

3.2.2. Objetivos específicos para la certificación de créditos de carbono

- Contabilizar el balance de carbono de los cultivos agrícolas de (*Malus domestica*).
- Cuantificar el ingreso recibido mediante la venta de los créditos VCS.

⁹ es un depósito natural o artificial de carbono, que absorbe el carbono de la atmósfera y contribuye a reducir la cantidad de CO₂ del aire.

4

Metodología



4.1. Fases del proyecto

En este capítulo se muestran las principales estructuras metodológicas utilizadas para el desarrollo de este proyecto. El carácter interdisciplinario del proyecto implica la incorporación de múltiples metodologías según la fase del proyecto desarrollada.

El siguiente esquema (véase *figura 6*) muestra aquellas metodologías que serán utilizadas en la realización del proyecto, especificando las fuentes de información consultadas (recursos) y las herramientas de análisis utilizadas.

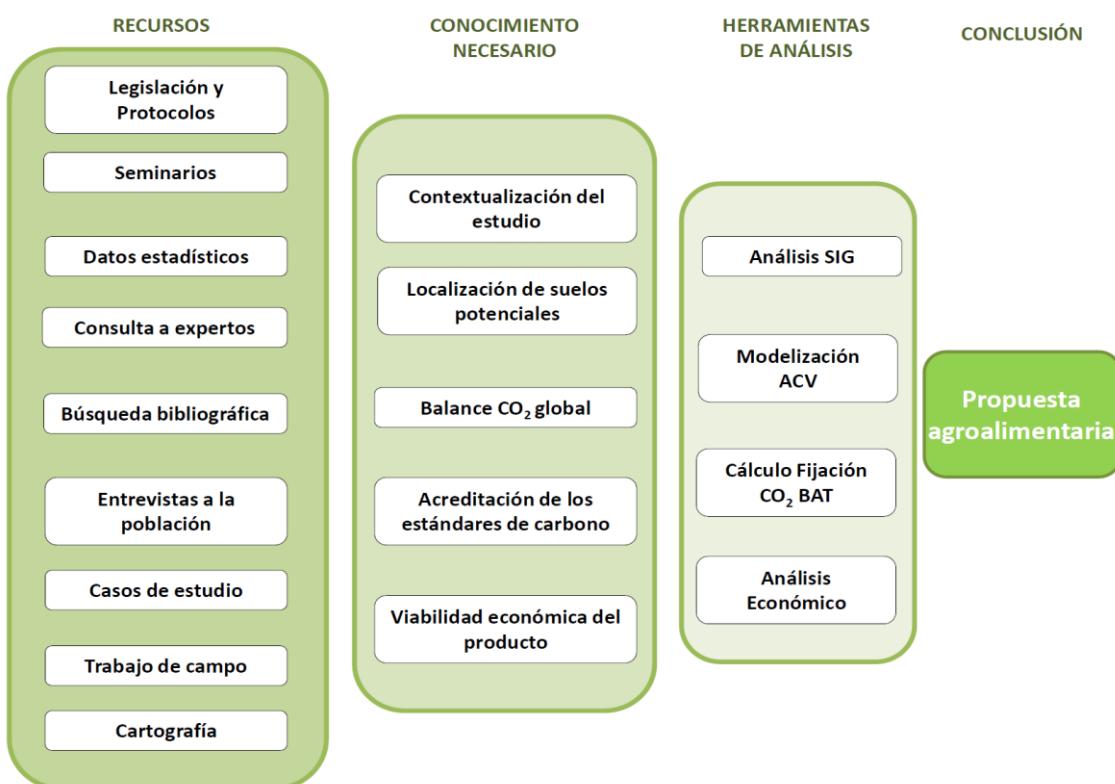


Figura 6: Metodologías utilizadas para la realización del proyecto. Fuente: elaboración propia.

1. Identificación de las áreas potenciales para el cultivo

Para llevar a cabo el proyecto se han seleccionado aquellas zonas con cultivos abandonados. Una vez localizados los cultivos abandonados de la zona se analizan los principales criterios que puedan influir en la producción y rendimiento de *Malus domestica*, determinando así las áreas potenciales para su cultivo. Para ello se requiere de un análisis cartográfico realizado con el software ArcGIS, y la comprobación de la viabilidad de cada parcela durante el trabajo de campo.

2. Contabilización del balance de CO₂

Para calcular la cantidad de reducción de emisiones que pueden ser verificadas con la elaboración de este proyecto se realiza un balance global de CO₂ del sistema, teniendo en cuenta las emisiones y la fijación del cultivo experimental.

3. Cuantificación de la emisión de los cultivos

Para contabilizar las emisiones de CO₂ equivalentes de los GEI emitidos por el cultivo se utilizará la metodología de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) desarrollada por la normativa internacional ISO 14040, que analiza los inputs y los outputs generados en el sistema de producción agroalimentario.

4. Cuantificación de la fijación de los cultivos

Para contabilizar la fijación de los cultivos se analizará la cantidad de CO₂ contenida en la Biomasa Aérea Total (BAT) de los cultivos experimentales.

3. Análisis de la viabilidad económica del producto agroalimentario

Para analizar la viabilidad del proyecto se tienen en cuenta los ingresos obtenidos con la venta del producto, y por otro lado, los ingresos obtenidos por la venta de los créditos de carbono. En ambos casos se trata de cuantificar los ingresos y los costes para realizar un análisis coste-beneficio.

En el caso del producto habrá que contabilizar los ingresos del cultivo y sus costes de producción. Para ello, y conociendo el marco de plantación de nuestro cultivo, se estimarán todos los árboles presentes en la zona, y los quilos de fruto producidos por año. Se deben conocer también todos los costes de producción, teniendo en cuenta los métodos de optimización para el cultivo. El precio del fruto será consultado a un experto y contrastado con el precio de mercado. En la viabilidad económica de los créditos se debe tener en cuenta el precio del mercado del crédito de carbono. A partir de aquí, se contabilizarán los inputs de CO₂ y los outputs de la gestión.

Para darle un valor añadido al producto se verificará si alguna metodología estándar del mercado voluntario certifica las acciones del estudio. Por lo tanto, habrá un estudio bibliográfico para comprobar los requisitos de todas ellas y consultas a empresas certificadoras sobre todas las metodologías para comprobar cuáles pueden ser implementadas.

De forma general, la siguiente tabla (véase *tabla 6*) muestra los recursos utilizados para abordar los objetivos del proyecto.

ELEMENTO DE ESTUDIO/OBJETIVO	RESULTADOS	RECURSOS UTILIZADOS	TIEMPO
CONTEXTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO			
Presentación del Proyecto	Justificación general del proyecto y su finalidad	Búsqueda documental Documentos de la fundación Legislación y Protocolos	40 h 8 h 10 h
Localización del ámbito de estudio	Plano delimitador de la zona de estudio	Seminarios de la fundación Cartografía	4 h 2 h
Descripción del medio físico y biofísico	Caracterización y conocimiento de la zona de estudio	Búsqueda documental Trabajo de campo Cartografía	8 h 4 h 2 h
Dinámica histórica de la zona	Referencias históricas económicas y sociales	Entrevista a la población Búsqueda documental Datos estadísticos del municipio	3 h 8 h 7 h
Caracterización de la actividad agrícola	Datos descriptivos de la situación actual y futura	Entrevista a la población Datos estadísticos de actividad	3 h 10 h
Definición de las líneas de investigación	Fundamentos y suposiciones básicas del proyecto	Búsqueda documental Casos de estudio	4 h 20 h
Acreditación de los estándares voluntarios de carbono	Verificación de los estándares	Consulta a expertos (empresas) Búsqueda bibliográfica	10 h 25 h
PROPIUESTA AGROALIMENTARIA			
Localización de cultivos abandonados	Plano de cultivos abandonados	Ánalisis SIG Trabajo de campo	22 h
Localización de los suelos viables para desarrollar la explotación	Plano de cultivos potenciales	Ánalisis SIG Trabajo de campo	30 h
Elección de los cultivos	Selección de cultivos	Consulta a expertos (agronomo) Entrevista a la población Búsqueda documental	3 h 3 h 15 h
Balance de CO ₂ global	Emisiones y fijación de los cultivos experimentales	Ánalisis de ciclo de vida (ACV) Fijación CO ₂ BAT Trabajo de campo	40 h 20 h 8 h
Viabilidad económica del producto agroalimentario	Beneficio neto producto Beneficio créditos VCS	Balance económico Búsqueda documental	10 h 15 h

Tabla 6: Recursos utilizados para la elaboración del proyecto. Fuente: elaboración propia.

4.2. Descripción de las Metodologías utilizadas

4.2.1. Procedimiento para la obtención de las áreas potenciales para el cultivo del manzano

Para la obtención de las áreas potenciales donde se implementará el cultivo del manzano se ha realizado un análisis SIG¹⁰.

Es importante dicho análisis, para situar el proyecto dentro de un contexto geográfico y además aportar información y conocimiento de aquellos cultivos abandonados que existen en la Vall d'Alinyà y aquellos que son potenciales para cultivar el manzano.

Se han utilizado los programas *ArcGIS, v.10* y *Miramón* para la elaboración de toda la cartografía. Para cada resultado se ha utilizado una base cartográfica de referencia y unas operaciones de análisis. A continuación se muestra un esquema general sobre el análisis SIG elaborado (véase figura 7):

¹⁰ corresponde al conjunto de métodos o procesos de extracción o creación de nueva información a partir del examen, modelización o interpretación de información ya existente.

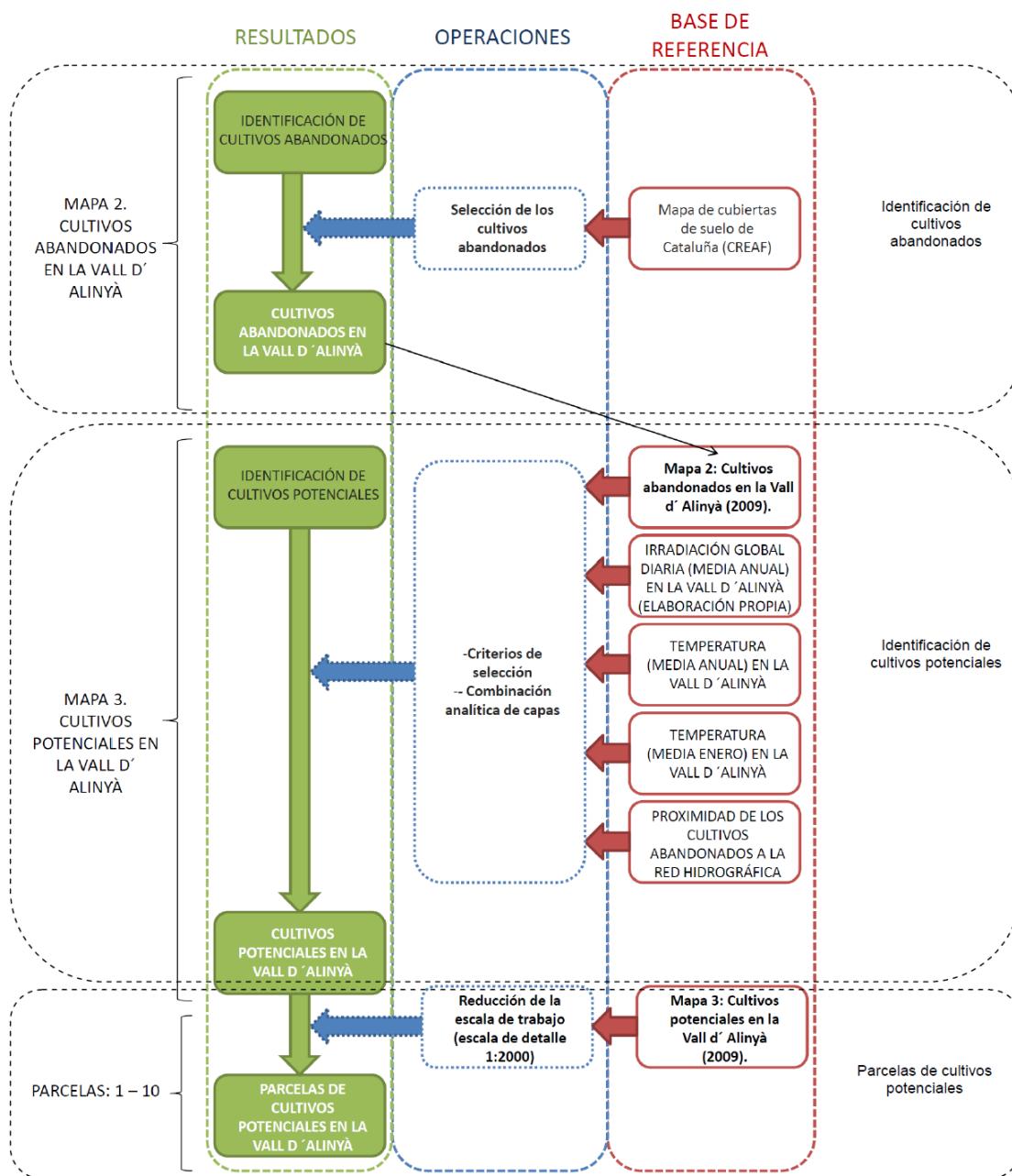


Figura 7: Metodología general del análisis SIG elaborado. Fuente: elaboración propia.

Localización de la Vall d' Alinyà

Tiene como objetivo situar dentro de un contexto geográfico y delimitar el ámbito de actuación (véase tabla 7). El ámbito de actuación del estudio se sitúa más allá de los límites de la Finca Catalunya-La Pedrera, considerando toda la Vall d'Alinyà. Esto es así porque al disponer de mayor extensión se dispone de mayor área cultivable.

MAPA 1. LOCALIZACIÓN DE LA VALL D'ALINYÀ

Contenido de la base: Localización del ámbito del estudio. Fundación Catalunya – La Pedrera. La base muestra la situación geográfica y la delimitación de la Vall d'Alinyà.

Última actualización de la base de referencia: 2009

Base de referencia:

- Modelo digital de elevaciones del ICC (Instituto Cartográfico de Cataluña). Resolución 5x5 m.
- Base topográfica numérica 1:5000 del ICC.
- Base Municipal 1 50000 del ICC.
- Base Cartográfica Nacional a escala 1.500.000 del ICC.
- Límites de la Vall d'Alinyà (sin referencia).

Método de captura:

- Operaciones de transformación de sistema de coordenadas, de ED50 a ETRS 1989 (ArcGIS).
- Insertar un localizador a partir de la capa Base Cartográfica Nacional a escala 1.500.000 y Base Municipal 1 50000.
- Operaciones de recorte y unión de capas (ArcGIS).
- Operaciones de análisis de superficie utilizando el MDE 5x5 m (ArcGIS).

Tabla 7: Elaboración mapa 1 sobre la localización de la Vall d'Alinyà. Fuente: Elaboración propia.

Identificación de cultivos abandonados

Tiene como objetivo localizar aquellas zonas donde no hay cultivos (cultivos abandonados o pastos) para poder estudiar la posible implantación de cultivos de manzanos. Se ha utilizado como base cartográfica de referencia el mapa de cubiertas de suelo de Cataluña del año 2009 (CREAF) y se han realizado operaciones de selección a través del programa Arcgis para poder obtener los cultivos abandonados (véase figura 8 y tabla 8). También se ha calculado el área (ha) de cada parcela de cultivo abandonado con el fin de poder calcular el número de manzanos/ha que podrían plantarse.

Esquema de todo el proceso seguido en la identificación de cultivos abandonados:



Figura 8: Análisis SIG para la identificación de los cultivos abandonados. Fuente: elaboración propia.

MAPA 2. CULTIVOS ABANDONADOS EN LA VALL D' ALINYÀ. AÑO 2009	
Contenido de la base:	Cultivos abandonados en la Vall d'Alinyà incluida la finca perteneciente a la fundación Catalunya – La Pedrera. La base muestra la situación geográfica y el tipo de cultivo abandonado.
Última actualización de la base de referencia:	2009
Base de referencia:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mapa de Cubiertas del Suelo de Cataluña del CREAF, base en formato vectorial estructurado (polígonos), 4ª edición (2009). ▪ Modelo digital de elevaciones del ICC (Instituto Cartográfico de Cataluña). Resolución 5x5 m. ▪ Base topográfica numérica 1:5000 del ICC. ▪ Límites de la Vall d'Alinyà (sin referencia).
Método de captura:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operaciones de transformación de sistema de coordenadas, de ED50 a ETRS 1989 (ArcGIS).

- Operaciones de transformación de formatos, de Mdx (Miramon) a Shape (Arcgis).
- Consulta por atributos (ArcGIS).
- Operaciones de recorte, selección y unión de capas (ArcGIS).
- Operaciones de análisis de superficie utilizando el MDE 5x5 m (ArcGIS).
- Operación de cálculo del área de los cultivos abandonados (ArcGIS).
- Apoyo con trabajos de campo. Revisión de los cultivos abandonados.

Tabla 8: Elaboración mapa 2 sobre la localización de cultivos abandonados en la Vall d'Alinyà.
Fuente: elaboración propia.

Identificación de cultivos potenciales

Tiene como objetivo localizar, de aquellos cultivos abandonados, cuales son más adecuados para implantar el cultivo del manzano. Para ello se han tenido en cuenta los siguientes factores y criterios (véase *tabla 9*):

Factor	Criterio
Pendientes	Parcelas situadas en pendientes entre el 0 - 25% y más del 25% con terrazas.
Irradiación global anual	< 15 MJ/m ²
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 >= 6000 m ² (0,6ha)
Acceso a vías de comunicación	Proximidad entre cada parcela y a la red viaria

Tabla 9: Factores limitantes en la selección de cultivos potenciales en la Vall d'Alinyà. Fuente: elaboración propia.

Todos estos criterios son orientativos en la toma de decisiones para elegir aquellas parcelas que puedan resultar más óptimas. Esto significa que se encontrarán parcelas que, por ejemplo, no se encuentren a menos de 50m de un punto de agua pero que disponen de otras cualidades que las hacen representativas.

A partir de los cultivos abandonados y los criterios de selección se ha generado la base cartográfica de referencia. Se han utilizado operaciones de superposición de capas para generar las áreas potenciales para el cultivo del manzano (véase *figura 9* y *tabla 10*).

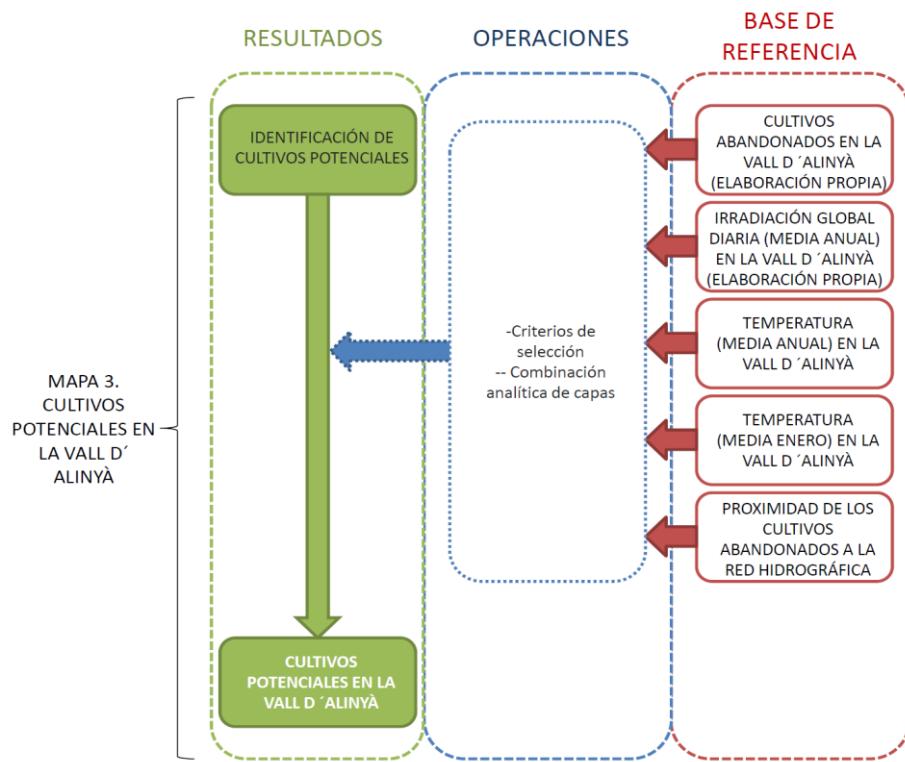


Figura 9: Análisis SIG para la identificación de los cultivos potenciales. Fuente: elaboración propia.

MAPA 3. ÁREAS POTENCIALES PARA EL CULTIVO EN LA VALL D'ALINYÀ. AÑO 2009

Contenido de la base: Áreas potenciales para el cultivo en la Vall d'Alinyà incluida la finca perteneciente a la fundación Catalunya – La Pedrera. La base muestra la situación geográfica y los cultivos abandonados en toda la Vall d'Alinyà.

Última actualización de la base de referencia: 2009

Base de referencia:

- Modelo digital de elevaciones del ICC (Instituto Cartográfico de Cataluña). Resolución 5x5 m.
- Base topográfica numérica 1:5000 del ICC.
- Límites de la Vall d'Alinyà (sin referencia).
- Mapa 2: Cultivos abandonados en la Vall d'Alinyà (2009). Elaboración propia.
- Mapa 4: Pendientes en la Vall d'Alinyà. Elaboración propia.
- Mapa 5. Irradiación global diaria (media anual) en la Vall d'Alinyà. Elaboración propia.

- Mapa 6: Temperatura (media anual) en la Vall d'Alinyà. Elaboración propia.
- Mapa 7: Temperatura (media de enero) en la Vall d'Alinyà. Elaboración propia.
- Mapa 8. Proximidad de los cultivos abandonados a la red hidrográfica. Elaboración propia.

Método de captura:

- Operaciones de transformación de sistema de coordenadas, de ED50 a ETRS 1989 (ArcGIS).
- Consulta por atributos (ArcGIS).
- Operaciones de recorte, selección y unión de capas (ArcGIS).
- Operaciones de superposición de capas (ArcGIS).
- Operaciones de análisis de superficie utilizando el MDE 5x5 m (ArcGIS).
- Operación de cálculo del área de los cultivos potenciales (ArcGIS).
- Apoyo con trabajos de campo. Revisión de los cultivos potenciales.

Tabla 10: Elaboración mapa 3 sobre identificación de cultivos potenciales en la Vall d'Alinyà.
Fuente: elaboración propia.

Los mapas de criterios de selección son:

- Mapa de pendientes para el cultivo de frutales en la Vall d'Alinyà. (véase *anexo I de Cartografía: Mapa 4: pendientes para el cultivo de frutales en la Vall d'Alinyà*).
- Mapa de irradiación global diaria (media anual) en la Vall d'Alinyà. (véase *anexo I de Cartografía: Mapa 5: irradiación global diaria (media anual) en la Vall d'Alinyà*).
- Mapa de temperatura (media anual) en la Vall d'Alinyà. (véase *anexo I de Cartografía: Mapa 6: temperatura (media anual) en la Vall d'Alinyà*).
- Mapa de temperatura (media de enero) en la Vall d'Alinyà. (véase *anexo I de Cartografía: Mapa 7: temperatura (media de enero) en la Vall d'Alinyà*).
- Mapa de proximidad de los cultivos abandonados a la red hidrográfica. (véase *anexo I de Cartografía: Mapa 8: proximidad de los cultivos abandonados a la red hidrográfica en la Vall d'Alinyà*).

Parcelas de cultivos potenciales

Tiene como objetivo localizar a escala de detalle las áreas potenciales, para poder observar así las características de cada parcela de cultivo potencial del manzano. Se ha utilizado para su elaboración base cartográfica de áreas potenciales para el cultivo del manzano, año 2009 y se ha reducido la escala de detalle hasta 1:2000 en formato A3 (véase figura 10 y tabla 11).



Figura 10: Análisis SIG para la identificación de las parcelas con cultivos potenciales. Fuente: Elaboración propia.

PARCELAS 1 - 10 PARA EL CULTIVO EN LA VALL D'ALINYÀ	
Contenido de la base:	parcelas potenciales a escala de detalle para el cultivo en la Vall d'Alinyà incluida la finca perteneciente a la Fundación Catalunya – La Pedrera. La base muestra la situación geográfica y las dimensiones (ha) de las parcelas en toda la Vall d'Alinyà.
Última actualización de la base de referencia:	2009
Base de referencia:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Base topográfica numérica 1:5000 del ICC. ▪ Límites de la Vall d'Alinyà (sin referencia). ▪ Mapa 3: Cultivos potenciales en la Vall d'Alinyà (2009). Elaboración propia.
Método de captura:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Operaciones de transformación de sistema de coordenadas, de ED50 a ETRS 1989 (ArcGIS). ▪ Reducción de la escala de trabajo (escala de detalle 1:2000) ▪ Operaciones de recorte, selección y unión de capas (ArcGIS).

- Operación de cálculo del área de los cultivos potenciales (ArcGIS).
- Apoyo con trabajos de campo. Revisión de los cultivos potenciales.
- Descripción de cada parcela.

Tabla 11: Elaboración mapas sobre la identificación de las parcelas con cultivos potenciales. Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Metodología para la realización del balance de carbono

Este proyecto 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 CO₂ por parte del sistema agrícola (como ya han hecho otros estudios similares), 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. De esta forma, se puede determinar si los cultivos implantados en la zona de estudio pueden comportarse como un sumidero real de CO₂. Cabe destacar que la mayoría de proyectos relacionados con la implantación de cultivos para acreditar reducciones de GEI no evalúan las emisiones generadas. Por lo tanto, este proyecto establece una nueva metodología para calcular la cantidad de GEI que realmente serán absorbidos por el sistema agrícola, es decir, descontando a la fijación las emisiones que genera su producción. Por lo tanto:

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

De la misma forma, para contabilizar el balance global de carbono durante toda la vida productiva del sistema agrícola y teniendo en cuenta la extensión del terreno disponible en la Vall d'Alinya, se realiza el siguiente cálculo:

$$\text{Balance CO}_2 \text{ del cultivo } 15 \text{ AÑOS} = \text{Fijación CO}_2 \text{ 15 AÑOS} - \text{Emisión CO}_2 \text{ 15 AÑOS}$$

$$\text{Balance CO}_2 \text{ Alinyà } 15 \text{ AÑOS} = \text{Balance CO}_2 \text{ 15 AÑOS} \cdot \text{Área potencial}$$

4.2.3. Metodología para el cálculo de la fijación de CO₂ de los cultivos agrícolas

Para obtener el cálculo de la fijación global de los cultivos se medirán distintos parámetros durante el trabajo de campo. Estos datos serán ordenados y procesados para generar el volumen total de biomasa en la parcela estudiada.

Finalmente, mediante el uso de la densidad de dicha biomasa se podrá establecer la biomasa total de la parcela. Una vez generado este resultado, el proceso para determinar la fijación final de los cultivos seguirá un esquema cíclico, en el cuál, se generarán resultados (outputs) a partir de los previamente obtenidos (inputs). Para realizar la transformación de los datos y llegar al resultado final, se utilizarán parámetros conocidos para las especies leñosas de cultivos, en este caso, para cultivos agrícolas de manzana (véase figura 11).

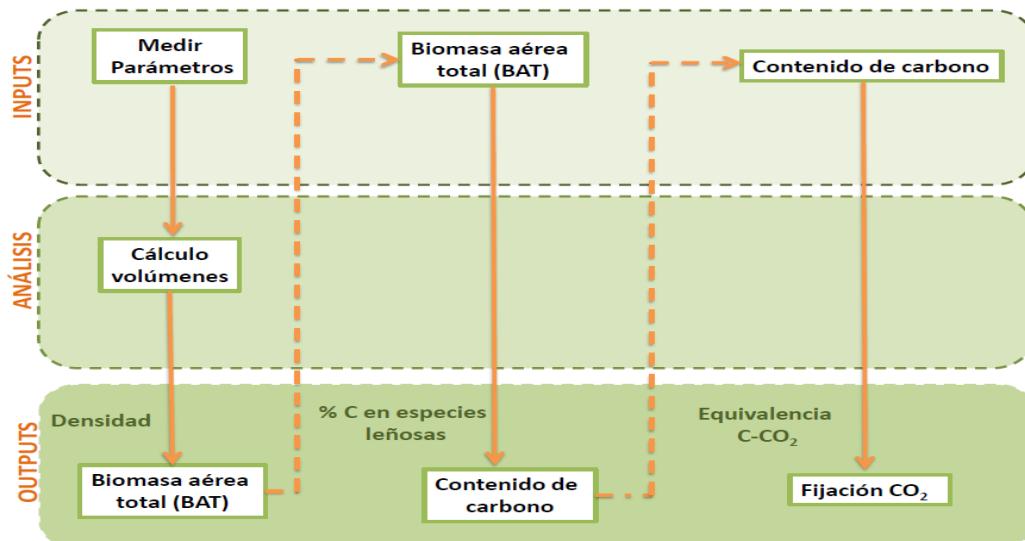


Figura 11: Esquema metodológico desarrollado para calcular la fijación de CO₂ en los cultivos.
Fuente: elaboración propia.

Después de obtener el resultado final de fijación, se extrapolaran los resultados a un período temporal de 15 años, siendo esta la edad promedio de vida productiva para los cultivos de manzano. Se dispone de datos de fijación en cultivos de dos diferentes clases de edad, por lo tanto, se calculará la fijación de los cultivos de 15 años mediante el uso de técnicas estadísticas (regresión de los datos), partiendo de la fijación calculada experimentalmente en cultivos de 9 y 19 años de edad.

Una vez obtenidos los valores finales de fijación por hectárea de cultivo, se comparará este valor con el resultado obtenido por otro estudio similar. En este caso, se dispone de datos sobre la fijación de CO₂ en cultivos de manzano en la comunidad de Aragón. En este estudio se estima que la fijación total del cultivo de manzano es de 21,8 t CO₂/ha (Espada, 2013).

Método de cálculo

Para evaluar el CO₂ fijado por los cultivos agrícolas por hectárea y año es necesario calcular la biomasa aérea en forma de materia seca que presenta la especie. Para ello, se utiliza la metodología desarrollada por el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) para el cálculo de la

Biomasa Total Aérea (BAT). Una vez obtenida la biomasa de la especie, se obtiene el contenido de carbono, que se considera de un 47,35% en especies agrícolas leñosas (*Montero et al. 2002*). Una vez se conoce el contenido de carbono (C) en seco de la especie analizada, se puede obtener el contenido de dióxido de carbono (CO₂) almacenado por la especie. Se trata de establecer la relación entre los pesos atómicos de las moléculas de C (12) y CO₂ (44). Por lo tanto, un kilogramo de C equivale a 3,667 kilogramos de CO₂.

Así, se pueden considerar las siguientes ecuaciones:

$$C = BAT \cdot 0,4735 \text{ (Ec.1)}$$

Siendo C, el contenido de carbono (expresado en kg de C) y BAT el contenido de biomasa aérea total estimado para la especie cultivada (expresado en kg). Además, se obtiene la siguiente relación para expresar la cantidad de CO₂ fijada por la especie (expresado en kg de CO₂ equivalentes) una vez conocemos la cantidad de C que contiene:

$$\text{CO}_2 \text{ fijado por la especie} = C \text{ especie} \cdot 3,667 \text{ (Ec.2)}$$

Para calcular la fijación final de los cultivos agrícolas se realizó un trabajo de campo para obtener medidas experimentales que determinaran la biomasa en peso seco de la especie. La parcela estaba situada en Mollerussa (Lérida). La superficie de cultivo analizada fue una hectárea de terreno, que presentaba un marco de plantación característico de cultivos de manzano, de unos 1800 pies por hectárea. Para analizar los parámetros en el campo se tomaron dos muestras representativas de 50 individuos de cada clase 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.

Durante el trabajo de campo se midieron los siguientes parámetros de la muestra poblacional:

- Altura del árbol (H), desde la base del árbol y excluyendo las ramificaciones, midiéndose en metros (m).
- Perímetro basal (P), medido a 30 cm de la base del árbol, siendo las unidades en metros (m).

Después de analizar estos parámetros los datos serán recolectados, ordenados y procesados para obtener la biomasa aérea total de la especie. Para obtener la biomasa aérea total de la especie deben seguirse dos etapas de cálculo. Éstas son:

1) Cálculo de los volúmenes

Cálculo del volumen de fuste

El volumen de fuste de un árbol (VF) es el volumen del tronco del árbol desde su base hasta el ápice del tronco. Se expresa en m^3 y se calcula usando la siguiente formula:

$$VF = \pi \cdot \left(\frac{db}{2}\right)^2 \cdot H \cdot K_f \quad (\text{Ec.3})$$

Siendo d_b el diámetro basal del tronco, H la altura del árbol y K_f el coeficiente de forma del árbol. Para calcular d_b (expresado en m) se utiliza la siguiente formula, que relaciona el perímetro (P_f) del tronco o fuste con su diámetro basal (d_b):

$$db = \frac{P_f}{\pi} \quad (\text{Ec.3a})$$

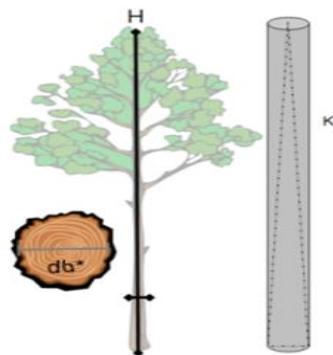


Figura 12: Cálculo de la altura (H) del árbol. Fuente. CREAF.

Cálculo del volumen de ramas

El método consiste en seleccionar una rama de cada árbol para medir su longitud (L_r) y perímetro (P_r), ambos parámetros expresados en metros. Se seleccionan aquellas ramas más representativas del árbol, es decir, se escoge una rama muestra que represente de forma general las dimensiones del árbol analizado. Posteriormente, a partir de la longitud de cada rama, se puede calcular el volumen de la rama muestra (VR_m), expresado en m^3 , utilizando la siguiente formula:

$$VRm = \pi \cdot \left(\frac{dr}{2}\right)^2 \cdot L_r \quad (\text{Ec.4})$$

Siendo d_r el diámetro de la rama muestra y L_r la longitud de la rama. Para calcular d_r (expresado en m) se utiliza la siguiente formula, que relaciona el perímetro de la rama con su diámetro:

$$dr = \frac{Pr}{\pi} \quad (\text{Ec.4a})$$

Una vez se conoce el volumen de la rama muestra (VRm), se calcula el volumen total de ramas presente en cada árbol (VR), expresado en m^3 , y multiplicando el resultado obtenido de la rama muestra por el número de ramas presentes en cada árbol (n Ramas), utilizando la siguiente ecuación:

$$VR = VRm \cdot n \text{ Ramas} \quad (\text{Ec.5})$$

En general, debe tenerse en cuenta que durante el trabajo de campo, las ramas consideradas como podadas o futuras podas no fueron contadas para el cálculo del volumen total de ramas (véase figura 13). De esta forma, se evita considerar estas ramas como fijadoras de CO_2 , ya que una vez podadas, se queman y emiten el CO_2 que habían contenido anteriormente.



Figura 13: Método de conteo de ramas. Fuente: CREAF

2) Cálculo de la biomasa aérea total

La biomasa aérea total (BAT) de cada árbol es la suma de todas sus fracciones, comprendiendo el fuste del árbol y las ramas. Se expresa en kg de biomasa.

$$BAT = BF + BR \quad (\text{Ec.6})$$

La biomasa del fuste (BF) se obtiene multiplicando el volumen de fuste (VF) por la densidad de fuste (δF) de la especie estudiada, expresada en kg/m³. El valor tomado para la densidad de fuste de manzano es de 670 kg/m³ (Alden, 1995).

$$BF = VF \cdot \delta F \quad (\text{Ec.6a})$$

La biomasa de ramas (BR) se calcula multiplicando el volumen de ramas (VR) por la densidad de las ramas (δR) de la especie estudiada, expresada en kg/m³. El valor tomado para la densidad de ramas del manzano es de 670 kg/m³ (Alden, 1995).

$$BR = VR \cdot \delta R \quad (\text{Ec.6b})$$

4.2.4. Cálculo de las emisiones generadas por el cultivo

La metodología que se utiliza para identificar los inputs y outputs del sistema es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), LCA en nomenclatura inglesa. **El Análisis del Ciclo de Vida es un proceso objetivo** que nos permite evaluar las **cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad**, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones (Instituto Superior del Medio Ambiente, 2013).

La complejidad del ACV requiere un protocolo al cual deberá ajustarse todo estudio de ACV. Dicho protocolo se haya establecido en la normativa elaborada por la ISO (International Standards Organization, 1997). La normativa ISO 14040 es la que mayor relación tiene con el estudio realizado, especificando el marco general, los principios y las necesidades básicas para la elaboración del ACV.

En la *figura 14* se muestran los procesos a seguir para la implementación del ACV. Estos constan de su definición y los objetivos, en análisis de inventario y la evaluación de los impactos del cultivo, es decir, la cantidad de CO₂ eq. que se emite causado por la plantación de *Malus domestica*.

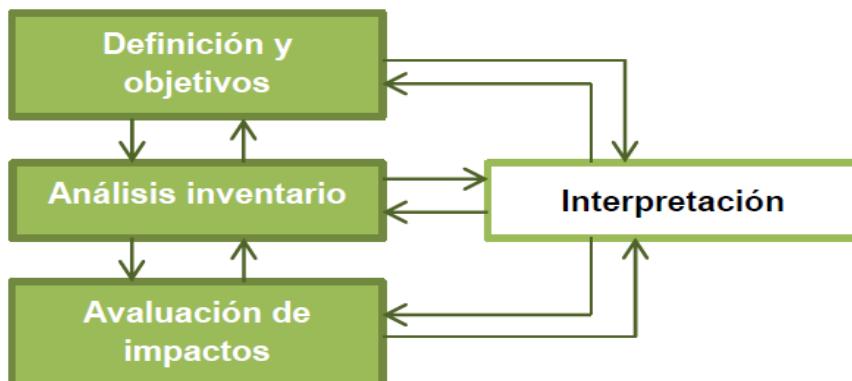


Figura 14: Procesos del ACV. Fuente: elaboración propia.

Esta norma estandarizada para los productos, permite a las empresas minimizar sus impactos ambientales. De la misma forma, la comparación entre el impacto producido por la sustitución de unos materiales por otros se evalúa a través del estudio de sus correspondientes ciclos de vida. Además, puede certificar el producto con una Declaración Ambiental del producto (DAP) que añade un valor de calidad al producto de la empresa, distinguiéndose de otros productos del mercado, y por lo tanto, aumentando su competitividad.

Los datos del cultivo agrícola se obtienen a partir de datos obtenidos por el *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)* en sus cultivos experimentales de manzano localizados en Mollerussa (Lérida), mencionada anteriormente. Los datos fueron procesados con el software SimaPro 7, que permite realizar el ACV del producto agroalimentario. Es una herramienta profesional para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos, asociados a un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, con aplicación al cálculo de huellas de carbono, entre otros. No obstante, este estudio tan solo considerará aquellas etapas del proceso de producción que emitan GEI.

Las emisiones cuantificadas serán convertidas a emisiones de CO₂ equivalentes a partir del listado de gases encontrados en el anexo A del Protocolo de Kioto (véase *tabla 12*).

Gas	Potencial de calentamiento global (relativo al CO ₂)	Vida media (años)
Dióxido de carbono: CO ₂	1	50 a 200
Metano: CH ₄	21	12 ± 3
Óxido nitroso: N ₂ O	310	120
Perfluoro-carbonos: PFCs	6.500 a 9.200	2.600 a 50.000
Hidrofluoro-carbonos: HFCs	140 a 11.700	1.5 a 264
Hexafluoruro de azufre: SF ₆	23.900	3,200

Tabla 12. Conversión de GEI a CO₂. Fuente: elaboración propia

Objetivo

El objetivo del ACV es la identificación de los inputs y outputs del sistema para contabilizar las emisiones de GEI generadas por el cultivo de manzano y evaluar su impacto ambiental. A partir de los datos de emisión de CO₂ eq. y de la fijación de los cultivos se podrá realizar un balance global de carbono.

Unidad funcional

La unidad funcional (UF) es aquella a la cual se referirán todos los resultados del estudio del ACV del producto. Para realizar el balance global de CO₂ del producto la unidad funcional es 1 t/ha.

Diagrama del sistema

En el ACV se tienen en cuenta los diferentes procesos que intervienen en la producción agrícola del sistema, calculando el impacto ambiental global del producto. No obstante, algunos de estos procesos no serán considerados en este estudio, ya sea por falta de datos experimentales o porque no contribuyen a la emisión de GEI. Para establecer los límites del sistema se elabora un diagrama del proceso de producción (véase figura 15), con la finalidad de relacionar las distintas etapas del proceso y referenciar los inputs y outputs que sí han sido contabilizados en el ACV.

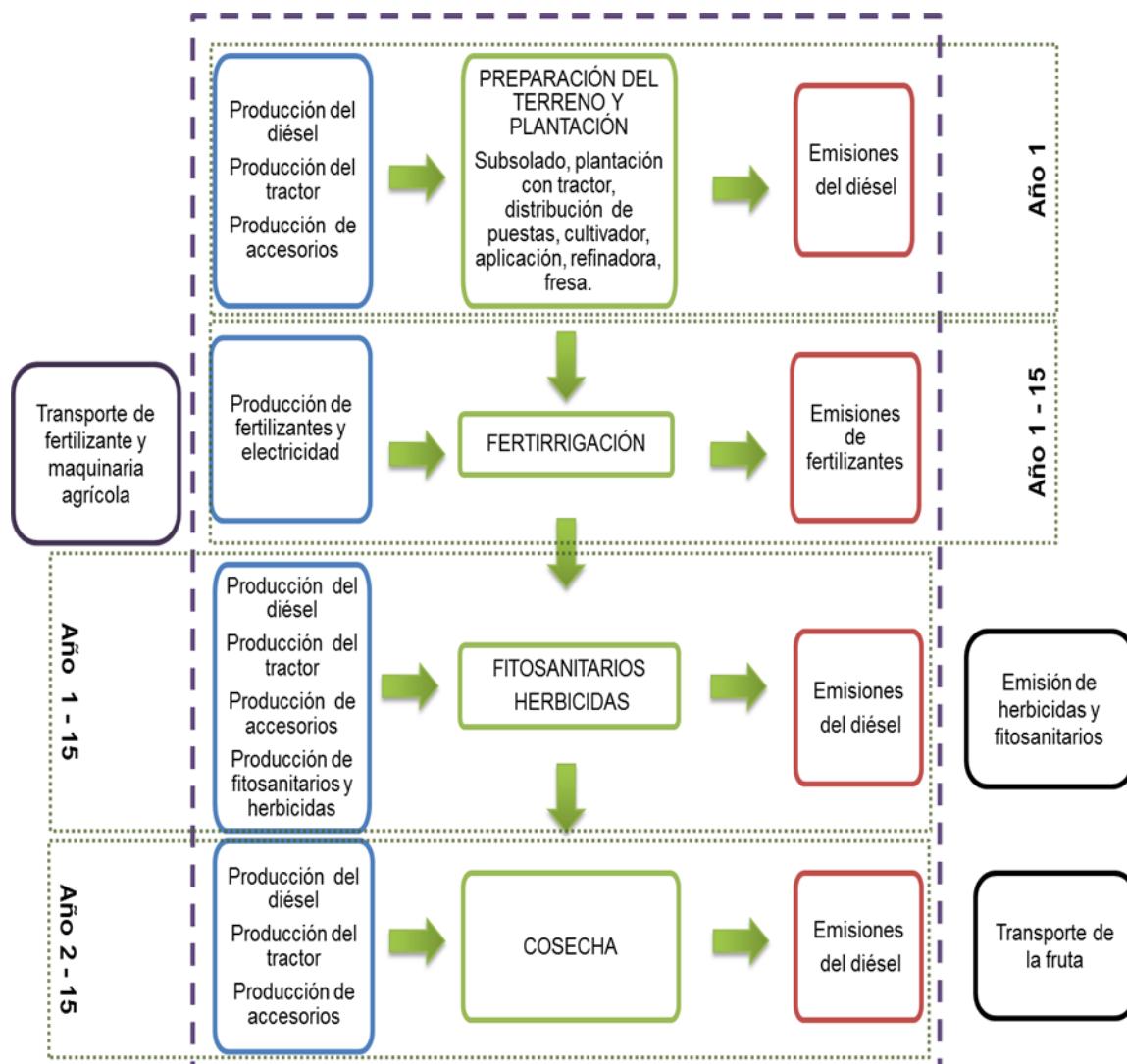


Figura 15: Diagrama del sistema. Fuente: elaboración propia.

En la primera fase de preparación del terreno y plantación se pueden ver incluidas las etapas de producción del diésel, del tractor y de los accesorios utilizados en cada actividad. Como output se tiene en cuenta la emisión generada por el diesel utilizado en cada actividad. Esta preparación solo se realiza el primer año del cultivo.

El proceso de fertirrigación se realiza todos los años de cultivo, del primero al decimoquinto año, cuando termina la vida productiva del manzano. Este incluye la producción de fertilizantes, nitrato potásico (NH_4NO_3), nitrato amónico (KNO_3), ácido fosfórico (H_3PO_4) y quelato de hierro (EDDHA-Fe) y la producción de electricidad necesaria para la aplicación de dichos fertilizantes a través del riego. Como output del proceso se considera la emisión generada por los fertilizantes aplicados en la plantación. Quedan fuera de la contabilización las emisiones producidas durante el transporte de los fertilizantes hasta el campo de cultivo y la maquinaria necesaria para ello.

Los fitosanitarios¹¹ se aplican en todos los años de vida productiva del cultivo (del año 1 al 15). En esta etapa se consideran todas las emisiones generadas en la producción de diesel, del tractor, de accesorios y de los propios fitosanitarios y herbicidas. Como outputs se contabiliza la emisión de diesel utilizado en la fase de aplicación. El proceso no incluye la emisión de los herbicidas ni fitosanitarios, ya que son tóxicos pero no emiten gases que interfieran en el calentamiento global.

Durante la última etapa de recolecta del producto agrícola se consideran los mismos inputs y outputs que en la fase de preparación del terreno. La principal diferencia es que solo se utiliza un accesorio y no se incluye el transporte de la fruta hasta el punto de venta. La recolección es viable a partir del segundo año hasta el decimoquinto, dónde el cultivo deja de ser productivo.

4.2.5. Metodología para la realización del análisis económico

En este capítulo del estudio, se analiza la viabilidad económica del proyecto. Para comprobar la viabilidad del proyecto se tienen 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 trata de cuantificar los ingresos y los costes para realizar un análisis económico.

Además de cuantificar los costes y los beneficios del proyecto, se realizará un estudio más detallado realizando cálculos del Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Ambos conceptos se basan en lo mismo, y es la estimación de los flujos económicos del estudio, es decir, se restan los costes a los ingresos, ambos actualizados.

Costes de producción

Para realizar el cálculo de los costes de producción del proyecto se han tenido en cuenta diferentes consideraciones. Los datos se han extraído 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*, ya que son datos recientes. Para obtener estos costes se ha partido del valor de 0,34€ como coste de producción por cada kilogramo de manzana obtenida. De manera que se multiplicará este valor por el total de la producción que se espera obtener por hectárea de cultivo.

¹¹ o plaguicida se define como aquella sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir la acción de, o destruir directamente, insectos, malas hierbas (herbicidas), bacterias (antibióticos y bactericidas) y otras formas de vida animal o vegetal perjudiciales para la salud pública y también para la agricultura.

En dicho valor están incluidos los diferentes procesos llevados a cabo para obtener la producción de manzanas y sus costes, lo que facilita el cálculo final de los costes de producción. Los diferentes procesos que están incluidos en los costes de producción son los siguientes:

- **Fertilizantes:** coste de abonos (orgánicos e inorgánicos).
- **Fitosanitarios:** coste de insecticidas, nematicidas, herbicidas, ya sean químicos o biológicos.
- **Agua y otros suministros:** coste de agua para riego, gasoil, electricidad, etc.
- **Mano de obra:** empleada durante las labores de mantenimiento del cultivo y en la actividad de recolección, incluye la mano de obra familiar.
- **Gastos generales:** amortización del sistema de riego y de la estructura, mantenimiento y reparaciones de maquinaria, seguro de helada y pedrisco.
- **Transporte a central hortofrutícola:** ya sea con medios propios o subcontratado

Ingresos de la producción

Para estimar los beneficios derivados de la venta de la producción, se han utilizado datos extraídos también del Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente de España, ya que se pueden encontrar los precios de venta actualizados por mes y semana de los diferentes precios de venta según si la venta se realiza en el origen (compra directa al productor), venta al mayorista y venta en tienda (véase tabla 9).

Precio origen (€/kg)	Precio mayorista (€/kg)	Precio destino (€/kg)
0,58	0,94	1,66

Tabla 13. Precios de venta mayo 2013. Fuente: Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente de España

Se analizarán varios escenarios, en uno se tendrá en cuenta el precio actual de venta en origen (0,58€/kg), que es el precio pagado al productor por la producción entregada. Por otro lado, un escenario en el que el precio de venta será la media entre el precio en origen y el precio de venta del mayorista. De esta manera, poder obtener un beneficio mayor, ya que será un producto desarrollado en un entorno privilegiado de Cataluña y se querrá interiorizar en el precio de venta la labor de captación de carbono para mitigar los efectos del cambio climático.

Análisis de inversión T.I.R. – V.A.N.

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 en este caso se utilizará una tasa de descuento del 5,7% dado que es el valor actual del segundo trimestre del año 2013.

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%).

Beneficios de la acreditación VCS

A parte de los ingresos derivados de la producción se tendrá en cuenta un ingreso extra que provendrá de la venta de créditos de captación de carbono VCS.

Durante los últimos años el precio de la acreditación de carbono ha ido disminuyendo, siendo su valor máximo de 26,86€ por tonelada de carbono captada en 2008, pero actualmente el precio de venta se encuentra en su valor mínimo hasta fecha de hoy, 3,44€ por tonelada.

El precio de venta utilizado es el precio actual, que es de 3,44€ por tonelada de carbono captada por la plantación. Este valor se multiplicará por la cantidad de carbono fijado durante los 15 años de vida productiva de la plantación, y así se obtendrán las ganancias de la acreditación. Los datos de cuantificación de carbono que se utilizaran son los resultados derivados del balance global de CO₂.

4.3. Plan de trabajo

CALENDARIO DE ENTREGAS PARCIALES	
1 marzo 2013	TC1: Primera salida de campo.
15 marzo 2013	PO1: Título, índice, objetivos, metodología, programa de trabajo y presupuesto.
26 marzo 2013	TC2: Segunda salida de campo.
12 abril 2013	PO2: Antecedentes y bibliografía.
10 mayo 2013	PO3: Inventario.
14 mayo 2013	TC3: Tercera salida de campo, Mollerussa (Lérida).
17 mayo 2013	PO4: Resultados.
24 mayo 2013	PO5: Conclusiones y propuestas de mejora
31 mayo 2013	PO6: Artículo y anexos.

Tabla 14: Calendario de entregas parciales. Fuente: elaboración propia.

ACTIVIDAD	HORAS	FEBRERO		MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO					
		18 - 22	25 - 1	4 - 8	11 - 15	18 - 22	25 - 29	1 - 5	8 - 12	15 - 19	22 - 26	29 - 3	6 - 10	13 - 17	20 - 24	27 - 31	3 - 7	10 - 14	17 - 21	24 - 28	1 - 15
Definición preliminar del proyecto																					
TC 1																					
PO1																					
Búsqueda de antecedentes e información																					
Definir objetivos i metodología	58																				
Localización del ámbito de estudio	6																				
Descripción del medio físico y biofísico	14																				
Dinámica histórica de la zona	18																				
Caracterización de la actividad agrícola	13																				
Definición de las líneas de investigación	24																				
Elección de los cultivos	21																				
Acreditación de los estándares voluntarios de carbono	35																				
TC 2																					
PO2																					
Elaboración de los resultados																					
Localización de cultivos abandonados	22																				
Localización de los suelos viables	30																				
Potencialidad del turismo ecológico en la zona	29																				
Viabilidad económica del producto agroalimentario	30																				
Balance de carbono global	60																				
Venta de los productos certificados	25																				
Viabilidad económica de los créditos de carbono	4																				
Beneficio económico del proyecto global	10																				
PO3																					
TC3																					
Análisis de datos																					
Discusión y conclusiones	40																				
PO4																					
PO5																					
PO6																					
Revisión del documento																					
Entrega del documento final																					

Tabla 15: Diagrama temporal de las fases de desarrollo del proyecto. Fuente: elaboración propia.

5 **Inventario**

A photograph showing a long row of fruit trees, likely citrus, growing in a field. The trees are densely packed and have green leaves. Above the trees, a large, translucent red protective net is suspended between poles, covering the entire row. The ground in front of the trees is covered with dry, brown soil and some sparse grass. The sky is overcast and grey.

5.1. Descripción de las parcelas potenciales para el cultivo del manzano

Para describir las áreas de cultivo potenciales se ha realizado un trabajo de campo en el que se ha comprobado que se cumplen los criterios para la identificación de áreas potenciales (véase en *Metodología*). Además se ha descrito:

- Nombre de la parcela
- Localización
- Altitud
- Grado de conservación de las terrazas
- Presencia o ausencia de matorrales, arbusto y masa forestal
- Grado de acceso a la red viaria y a puntos de agua (ríos, depósitos o pozos)
- Núcleo de población más cercano a la parcela



Figura 16: Descripción de la parcela 1. Fuente: elaboración propia.



Figura 17: Descripción de la parcela 2. Fuente: elaboración propia.

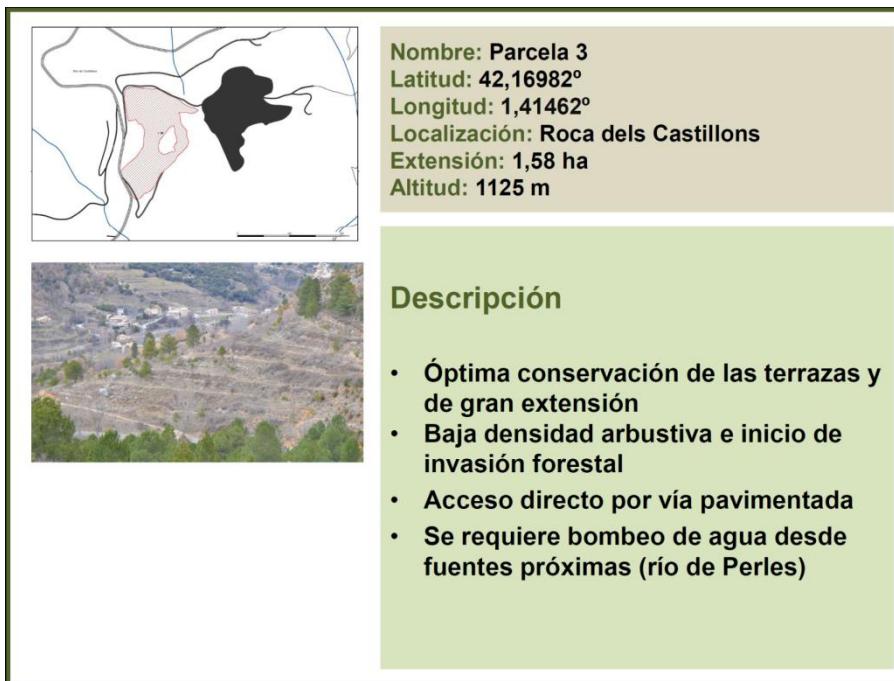


Figura 18: Descripción de la parcela 3. Fuente: elaboración propia.

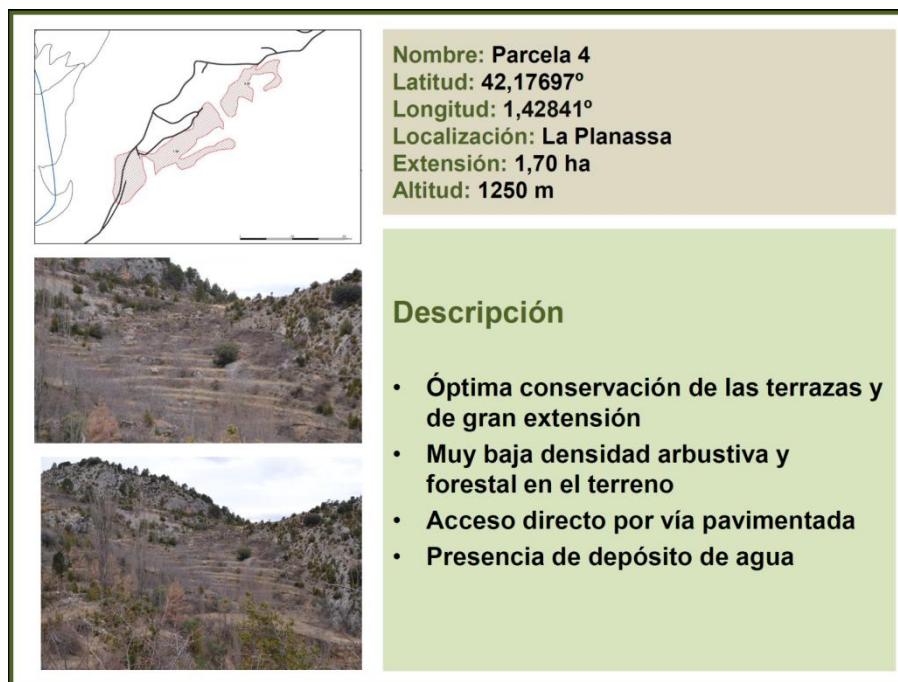


Figura 19: Descripción de la parcela 4. Fuente: elaboración propia.



Figura 20: Descripción de la parcela 5. Fuente: elaboración propia.



Figura 21: Descripción de la parcela 6. Fuente: elaboración propia.



Figura 22: Descripción de la parcela 7. Fuente: elaboración propia.



Figura 23: Descripción de la parcela 8. Fuente: elaboración propia.

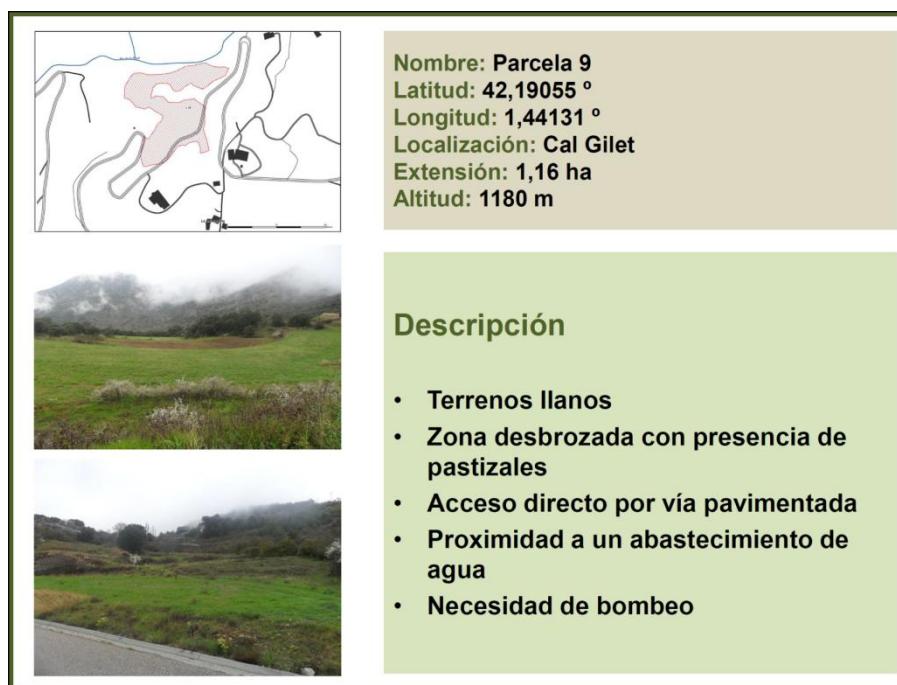


Figura 24: Descripción de la parcela 9. Fuente: elaboración propia.



Figura 25: Descripción de la parcela 10. Fuente: elaboración propia.

5.2. Medidas para el cálculo del carbono fijado

Para obtener los resultados finales de fijación aérea de los cultivos se midieron distintos parámetros en los árboles muestrados, que fueron procesados para determinar la BAT (véase apartado 4.2). A continuación, se pueden observar los datos obtenidos durante el trabajo de campo en la parcela de 9 años (véase tabla 16) y 19 años (véase tabla 17).

	Altura del tronco (H) m	Perímetro del tronco (P) m	Número (n) Ramas	Perímetro de la rama (P) m	Longitud de la rama (L) m
1	2,29	0,18	16	0,06	0,53
2	3,30	0,20	16	0,06	0,56
3	3,27	0,18	19	0,07	0,62
4	3,54	0,20	27	0,04	0,38
5	3,43	0,21	19	0,06	0,42
6	3,54	0,12	13	0,05	0,52
7	3,49	0,22	23	0,04	0,78
8	2,29	0,18	16	0,06	0,53
9	3,46	0,26	22	0,05	0,83
10	3,31	0,22	23	0,07	0,51
11	3,49	0,19	19	0,08	0,72
12	3,54	0,20	27	0,04	0,38
13	3,43	0,21	19	0,06	0,42
14	3,49	0,22	23	0,04	0,78
15	3,30	0,20	16	0,06	0,56
16	3,66	0,24	20	0,07	0,71

17	3,27	0,18	19	0,07	0,62
18	3,49	0,19	19	0,08	0,72
19	3,30	0,20	16	0,06	0,56
20	3,51	0,21	23	0,07	0,63
21	3,66	0,24	20	0,07	0,71
22	3,27	0,18	19	0,07	0,62
23	3,46	0,26	22	0,05	0,83
24	3,31	0,22	23	0,07	0,51
25	3,51	0,21	23	0,07	0,63
26	2,40	0,17	19	0,07	0,65
27	3,54	0,12	13	0,06	0,52
28	2,29	0,18	16	0,06	0,53
29	3,30	0,20	16	0,06	0,56
30	3,62	0,22	20	0,07	0,77
31	3,49	0,19	19	0,08	0,72
32	2,40	0,17	19	0,07	0,65
33	3,49	0,19	19	0,08	0,72
34	3,54	0,12	13	0,06	0,52
35	3,62	0,22	20	0,07	0,77
36	2,40	0,17	19	0,07	0,65
37	3,62	0,22	20	0,07	0,77
38	3,66	0,24	20	0,07	0,71
39	3,43	0,21	19	0,06	0,42
40	3,49	0,22	23	0,04	0,78
41	3,46	0,26	22	0,05	0,83
42	3,27	0,18	19	0,07	0,62
43	2,40	0,17	19	0,07	0,65
44	3,54	0,12	13	0,05	0,52
45	3,62	0,22	20	0,07	0,77
46	3,66	0,24	20	0,07	0,71
47	3,31	0,22	23	0,07	0,51
48	3,51	0,21	23	0,07	0,63
49	3,54	0,20	27	0,04	0,38
50	2,29	0,18	16	0,06	0,53

Tabla 16: Datos obtenidos en la parcela de estudio de 9 años de edad. Fuente: elaboración propia.

	Altura del tronco (H) m	Perímetro del tronco (P) m	Número (n) Ramas	Perímetro de la rama (P) m	Longitud de la rama (L) m
1	2,72	0,34	13	0,09	0,60
2	2,95	0,37	7	0,14	0,39
3	2,95	0,43	8	0,08	0,50
4	2,86	0,35	10	0,13	0,56
5	2,73	0,37	8	0,16	0,80
6	2,98	0,41	11	0,12	0,72
7	3,33	0,29	9	0,14	0,65
8	3,12	0,35	10	0,15	0,66
9	3,08	0,41	11	0,14	0,61
10	2,94	0,37	12	0,11	0,46
11	2,67	0,31	9	0,11	0,43
12	2,85	0,34	7	0,14	0,61
13	3,08	0,36	8	0,19	0,66
14	2,60	0,36	11	0,12	0,53

15	3,14	0,41	9	0,16	0,56
16	2,93	0,47	13	0,10	0,65
17	3,08	0,40	10	0,15	0,56
18	3,00	0,38	6	0,06	0,49
19	2,93	0,41	10	0,08	0,48
20	2,68	0,35	8	0,13	0,37
21	2,74	0,33	10	0,11	0,56
22	2,88	0,40	11	0,14	0,62
23	3,03	0,47	12	0,12	0,49
24	2,56	0,61	7	0,14	0,33
25	3,00	0,40	8	0,17	0,61
26	2,90	0,37	6	0,12	0,58
27	3,08	0,36	9	0,10	0,38
28	3,10	0,38	6	0,11	0,73
29	3,12	0,54	7	0,14	0,43
30	3,11	0,37	11	0,13	0,58
31	2,77	0,33	10	0,12	0,47
32	2,74	0,32	12	0,12	0,50
33	2,90	0,44	14	0,19	0,42
34	2,98	0,41	11	0,10	0,32
35	2,86	0,34	7	0,08	0,45
36	2,99	0,38	10	0,13	0,59
37	2,83	0,34	12	0,13	0,51
38	2,69	0,53	8	0,12	0,39
39	2,89	0,32	10	0,10	0,36
40	2,80	0,34	8	0,12	0,46
41	2,83	0,39	9	0,13	0,35
42	3,04	0,36	12	0,10	0,42
43	2,65	0,42	10	0,14	0,44
44	3,04	0,47	11	0,11	0,56
45	3,09	0,38	14	0,11	0,43
46	3,11	0,40	12	0,09	0,38
47	2,60	0,36	11	0,15	0,56
48	3,14	0,41	12	0,06	0,49
49	2,93	0,47	7	0,08	0,48
50	3,08	0,40	8	0,13	0,37

Tabla 17: Datos obtenidos en la parcela de estudio de 9 años de edad. Fuente: elaboración propia

5.3. Parámetros obtenidos para el análisis del ciclo de vida

Esta fase comprende la obtención de datos sobre los procesos implicados en la emisión de GEI, que posteriormente, serán cuantificados mediante el ACV del producto.

En el estudio se analizan todas las actividades para la implantación y producción del cultivo del manzano. Los datos obtenidos pertenecen a los cultivos presentes en la llanura de Lérida por lo que podrían verse modificados

las concentraciones de fertilizantes, herbicidas, fitosanitarios y la cantidad de diésel utilizado, y como consecuencia, las emisiones de carbono por hectárea.

TAREAS	Año	Tractor				Accesorios		Agua (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	

Tabla 18: Inventario de actividades para el cultivo. Fuente: IRTA.

En la *tabla 18* se puede observar el inventario de los procesos que se han tenido en cuenta en el ACV, a continuación se procederá a la explicación de las tareas y accesorios del inventario empleado para contabilizar las emisiones.

Primeramente, se procede a la preparación del subsolado mediante un subsolador, un arado cuya función es trabajar en suelos profundos para ser removidos y volteados con el principal objetivo de oxigenar la tierra para aumentar su fertilidad y humedad. También se observa la utilización de un cultivador con rotadores de disco para revolver y pulverizar el suelo, antes de plantar o para quitar malas hierbas, airear y ablandar el suelo.

Para el pase de fresa se utiliza el arado, y de esta manera se prepara y se remueve el suelo antes de sembrar. La plantación de los manzanos se lleva a cabo mediante una taladradora, la cual permite perforar los suelos para distribuir las puestas utilizando el remolque. Mediante una refinadora se llevan a cabo tareas de transporte, aplanamiento y extensión de tierra.

Todos los años se utilizan fitosanitarios y herbicidas mediante una pulverizadora que se encarga de esparcir los compuestos expulsándolos mediante gotas muy finas. También se utilizan fertilizantes a partir de la irrigación, a partir del quinto año las dosis de fertilizantes, herbicidas y fitosanitarios se mantienen constantes. Finalmente, la cosecha se empieza a recolectar a partir del segundo año utilizando el remolque, donde se recolectará el producto.

Se han supuesto algunos parámetros en el estudio, tales como que el tractor utilizado es un modelo estándar al que se le subministra diésel con bajo contenido en azufre, que es menos contaminante.

Al SimaPro se le añaden datos sobre el mantenimiento del tractor (neumáticos, aceite, papel de filtro, prolipropileno o plomo), las posibles reparaciones, el total de horas trabajadas por hectárea, el peso y la vida útil. También se contabiliza el peso y la vida útil de los accesorios que se necesitan en todas las tareas previstas para la preparación de terreno y la plantación del cultivo, teniendo en cuenta que los datos son referentes en una plana.

Los fertilizantes introducidos en la plantación de manzanos se aplican mediante el riego, como ya se ha comentado anteriormente. Por lo tanto, en el ACV se tiene en cuenta la cantidad de agua necesaria para regar el cultivo así como la energía utilizada para el transporte del agua hasta las instalaciones mediante las bombas impulsoras. En la *tabla 19* se pueden observar los diferentes tipos de fertilizantes aportados al cultivo.

FERTILIZANTES		
Año	Tipo	kg CO ₂ /ha
1	Nitrato potásico	35
1	Nitrato amónico	30
1	Ácido fosfórico	10
1	Quelato hierro	4
1	Agua	-
2	Nitrato potásico	70
2	Nitrato amónico	60
2	Ácido fosfórico	20
2	Quelato hierro	5
2	Agua	-
3	Nitrato potásico	100
3	Nitrato amónico	80
3	Ácido fosfórico	58
3	Quelato hierro	8
3	Agua	-
4	Nitrato potásico	120
4	Nitrato amónico	100
4	Ácido fosfórico	32
4	Quelato hierro	8
4	Aqua	-
5-15	Mismos fertilizantes que en el año 4	Mismas cantidades que en el año 4

Tabla 19. Inventario de fertilizantes. Fuente: elaboración propia

La cantidad introducida de fertilizantes necesarios cada año varía hasta el cuarto año, a partir de este, la dosis introducida de todos los fertilizantes se mantiene constante a lo largo de los años. Las cantidades implantadas de estos se multiplican por la riqueza de cada componente, excepto en el caso del nitrato amónico, el cual también se divide por la masa molecular del compuesto.

La falta de información sobre el quelato de hierro, es una de las limitaciones sobre la contabilización de carbono emitido en los fertilizantes, aunque en el proyecto se considera insignificante porque, como se puede comprobar en la *tabla 19* la dosis necesaria está muy por debajo del resto de fertilizantes. Las emisiones solo provienen de los fertilizantes que contienen nitrógeno, NH_4NO_3 y KNO_3 , ya que son los únicos que repercuten en el efecto invernadero (Audsley, et.al. 1997).

5.4. Producción, costes y precio de la manzana Golden

Para realizar el análisis económico se recopilaron diversos datos necesarios para el cálculo del balance económico global. En primer lugar, se han recogido datos de producción del cultivo del manzano variedad Golden delicious (véase *tabla 20*), facilitados por el *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)* de Lérida.

Producción (t/ha·año)	
Año 1	0
Año 2	5
Año 3	19,7
Año 4	47,5
Año 5-15	71,5

Tabla 20: Producción de los cultivos de manzano por hectárea de terreno y año. Fuente: IRTA.

Para realizar cálculo de los costes de producción del proyecto se ha tenido en cuenta el coste de producción publicado por el *Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente de España* en la campaña del 2009-2010 sobre el *Estudio de la cadena de valor y formación de precios de la manzana*. El coste considerado es:

COSTES DE PRODUCCIÓN (€ / kg)
0,34

Para estimar los beneficios derivados de la venta de la producción, se han utilizado datos extraídos también del *Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente de España*. Para la venta desde el origen de producción el precio del mercado es:

PRECIO DE VENTA EN ORIGEN (€ / kg)
0,58