

TRABAJO FIN DE MASTER

MASTER UNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE
SISTEMAS DE CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE

*Estudio de Valoración Conjunta de Bancos de
Conservación y Bancos de Carbono*

Autor:

Rosa Martínez González

Murcia, Diciembre de 2013

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. OBJETIVOS	5
2. ANTECEDENTES	8
3. INSTRUMENTOS DE MERCADO: HERRAMIENTAS DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL.....	14
3.1. BANCOS DE CONSERVACIÓN.....	16
3.1.1. CRÉDITOS DE CONSERVACIÓN.....	17
3.1.2. FUNCIONAMIENTO Y APLICACIÓN DE LOS BANCOS DE CONSERVACIÓN	22
3.1.3. VENTAJAS RESPECTO A OTRAS HERRAMIENTAS.....	25
3.2. BANCOS DE CARBONO	29
3.2.1. CRÉDITOS DE CARBONO	32
3.2.2. FUNCIONAMIENTO Y APLICACIÓN DE LOS BANCOS DE CARBONO	34
3.2.3. VENTAJAS RESPECTO A OTRAS HERRAMIENTAS.....	38
4. EXPERIENCIA PILOTO PARA LA APLICACIÓN DE UN MERCADO CONJUNTO DE COMPENSACIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES	40
4.1. RECURSOS AMBIENTALES SELECCIONADOS	41
4.2. ESTIMACIÓN DE LA VALORACIÓN DE CRÉDITOS.....	42

4.2.1. ESTIMACIÓN DEL VALOR DEL CRÉDITO DE CONSERVACIÓN	42
4.2.2. ESTIMACIÓN DE LA VALORACIÓN DE CRÉDITOS DE CARBONO	44
5. CONCLUSIONES.....	53
6. BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS	64
ANEXO Nº 1. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LAS ACTUACIONES EXPERIMENTALES A DESARROLLAR PARA LA CONSECUCCIÓN DE CRÉDITOS DE CARBONO Y CRÉDITOS DE CONSERVACIÓN	66
ANEXO Nº 2. ESTUDIO DASOMÉTRICO EN EL PARQUE REGIONAL EL VALLE Y CARRASCOY	75
ANEXO Nº 3. PLANTILLA PARA LA SOLICITUD PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO, CONTEMPLADA EN EL PROYECTO DE REAL DECRETO POR EL QUE SE CREA EL REGISTRO ÚNICO DEL SISTEMA VOLUNTARIO DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO, SU REDUCCIÓN Y COMPENSACIÓN POR ABSORCIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO.....	99

LISTAS ESPECIALES

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interconexiones entre personas, biodiversidad, salud de los ecosistemas y suministro de servicios ecosistémicos	2
Figura 2. Jerarquía de mitigación	15
Figura 3. Características de los créditos de conservación	18
Figura 4. Simulación de la evolución temporal del valor de los créditos de conservación	19
Figura 5. Relación entre el crédito y el débito ambiental.....	21
Figura 6. Ciclo del carbono en los bosques	32
Figura 7. Grupos de participantes en mercados de carbono.....	36
Figura 8. Aplicación conjunta de bancos de conservación y carbono sobre una misma área.....	1
Figura 9. <i>Brachypodium retusum</i> y <i>Teucrio pseudochamaepityos-Brachypodietum ramosi</i> : aspecto típico en umbrías, con dominio casi absoluto de <i>Brachypodium retusum</i>	42
Figura 10. Mapa de distribución del asociación 52207B en la Región de Murcia	45
Figura 11. Rodales de <i>Brachypodium retusum</i> bajo pinar.....	45
Figura 12. <i>Pinus halepensis</i>	46
Figura 13. Ubicación de las parcelas inventariadas	41
Figura 14. Procedimiento para desarrollar un banco de carbono.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Métodos para la constitución de valor natural	20
Tabla 2. Especies vegetales del hábitat 6220* y método para la creación del banco	42
Tabla 3. Resumen de datos medios por parcelas inventariadas.....	46
Tabla 4. Valores medios de biomasa (kg de materia seca) por parcela.....	47
Tabla 5. Valores de biomasa en tn/ha.....	48

Tabla 6. Estimación de carbono en la masa de *Pinus halepensis* analizada ... 50

1. INTRODUCCIÓN

“La Tierra tarda un año y medio en regenerar los recursos que la población mundial consume en doce meses y en absorber el CO₂ que se produce ese mismo año” WWF (2012: 40). Estos datos se reflejan en el último Informe Planeta Vivo presentado por la organización conservacionista WWF el pasado año 2012.

Asimismo, Hoffmann et al. (2010) (citado en Martín-López, 2012: 9) refleja que estudios recientes muestran como el 20% de los vertebrados mundiales se encuentran amenazados, junto con un 20% de mamíferos, 12% de aves y 32% de anfibios.

Según el Informe de Evaluación de los recursos forestales mundiales. Principales resultados¹, realizado en el año 2010 por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), cerca de 13 millones de hectáreas de bosque fueron convertidas en tierras destinadas a otros usos o se han perdido debido a causas naturales todos los años durante el último decenio. Como consecuencia de esta reducción del área mundial de bosque, las existencias de carbono en la biomasa forestal se redujeron en una cantidad estimada en 0,5 gigatoneladas (Gt) de carbón por año durante el periodo 2005-2010.

Esta pérdida de biodiversidad lleva implícita, según los autores Chapin et al. (2000) y Hooper et al. (2005) (citados en Martín-López, 2012: 9), una merma en la estabilidad de los ecosistemas, pues las especies tienen un papel fundamental en su funcionamiento, lo que conlleva una disminución en los servicios que la naturaleza suministra al ser humano (MA, 2005 y Díaz et al., 2007; citados en Martín-López, 2012: 9).

¹ Evaluación de los recursos forestales mundiales. Principales resultados.
<http://foris.fao.org/static/data/fra2010/KeyFindings-es.pdf>

Como se puede apreciar en la figura 1, el ser humano ejerce de manera directa una serie de presiones sobre los ecosistemas y la biodiversidad del planeta, como son la alteración y fragmentación de hábitats, sobreexplotación de los recursos, etc., recibiendo, sin embargo innumerables beneficios, que podrían agruparse en servicios de suministros, de regulación, de apoyo y culturales.

Figura 1. Interconexiones entre personas, biodiversidad, salud de los ecosistemas y suministro de servicios ecosistémicos



Fuente: Informe Planeta Vivo, WWF (2012)

“El bienestar de todos los pueblos del mundo está intrínsecamente relacionado con los servicios de los ecosistemas y depende directamente de ellos” Comisión Europea (2008: 12). Sabedora de esto, la Comisión Europea

menciona, en la *Estrategia Europa 2020*², la importancia de actuar con mecanismos que permitan evitar la pérdida neta de ecosistemas y servicios ecosistémicos, empleando para ello sistemas de compensación de daños, entre otros.

Está ampliamente demostrado que el régimen de generación de recursos y servicios que necesitan los ecosistemas para satisfacer la demanda de la sociedad actual es superior a la capacidad de renovación de los mismos. De este modo, para que sea posible la sostenibilidad del modelo económico actual, no es suficiente con minimizar el impacto de las organizaciones, ni siquiera repararlo, es preciso que sea compensado (Álvarez y González, 2012). Sin embargo, esta compensación ha de ser eficiente tanto económica como ecológicamente, tratando de alcanzar niveles similares o superiores a los dañados. Así, ambos autores opinan que es necesaria la existencia de un sistema económico efectivo que permita alcanzar dicho objetivo.

El sistema económico ha valorado tradicionalmente sólo algunos de los bienes que nos proporcionan los ecosistemas como la madera, la alimentación, los combustibles, etc., olvidando los servicios ambientales, tales como áreas de reserva de vida, ecoturismo, etc. (Rábade, Castellano, Lorente, Cabrerizo, Martín y Picazo, 2008).

Ante esta situación en la que el mercado no es capaz de reflejar los costes de uso de los servicios ambientales, los agentes mercantiles han esquilado el capital natural, no haciendo frente a los efectos negativos de pérdida de biodiversidad que se derivan de sus acciones, debiendo asumir la sociedad los costes que se generan (Rábade et al., 2008).

El hecho de no considerar en los modelos económicos tradicionales las externalidades derivadas de los beneficios y costes ambientales, convierten al sistema en insostenible (Álvarez y González, 2012).

Resulta evidente que aquellos agentes causantes de daños ambientales deben asumir los gastos asociados a las actividades de compensación, para

² Europa 2020. Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. http://ec.europa.eu/commission_2010-2014/president/news/documents/pdf/20100303_1_es.pdf

esto es importante desarrollar instrumentación basada en un mercado de compensación de impactos (Rábade et al., 2008). Es aquí donde se establece la base para las herramientas de compensación ambiental.

Por tanto, De la Calle, Cisneros, Gómez y Lázaro, consideran que las herramientas de compensación ambiental permiten desarrollar una actividad con efectos perjudiciales sobre la biodiversidad, a cambio de que sus impactos residuales queden lo suficientemente contrarrestados por medidas compensatorias (2013: 46).

Las medidas compensatorias se han venido desarrollando tradicionalmente con un enfoque individual por proyecto; es decir, a un proyecto que genera un daño sobre la biodiversidad se le exige que realice una serie de medidas de compensación generalmente en el mismo lugar y con posterioridad a la finalización del mismo (Cisneros, Gómez y Lázaro, 2013).

Este enfoque ha supuesto, a menudo, resultados no deseados en términos de biodiversidad, pues las compensaciones eran demasiado pequeñas, aisladas o no permitían subsanar el 100% del daño causado. Teniendo en cuenta que el medio ambiente es un todo indivisible, es preciso desarrollar una metodología de compensación ambiental de daños que permita ampliar el rango de acción, sin ofrecer más limitaciones que las propias de la naturaleza.

El presente trabajo tiene como objetivo principal la puesta en valor y desarrollo experimental de herramientas ambientales que permitan compensar los impactos generados sobre la biodiversidad y los recursos naturales como consecuencia de actividades antrópicas. Se trata de los Bancos de Conservación y los Bancos de Carbono.

Ambas herramientas, bastante desconocidas por la sociedad, están adquiriendo cada día más importancia a nivel gubernamental, desarrollándose políticas, legislación e incluso iniciativas privadas.

1.1. OBJETIVOS

En el contexto anteriormente descrito, los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

1. Analizar y dar a conocer dos herramientas voluntarias de compensación de daños ambientales: los bancos de conservación y los bancos de carbono, con el objeto de poder integrarlas en el modelo de conservación ambiental como instrumentos de apoyo a las herramientas tradicionales.

2. Poner en valor las ventajas de la compensación de daños ambientales generados por la acción antrópica frente a los sistemas tradicionales de compensación.

3. Desarrollar una metodología hipotética y experimental que permita la puesta en funcionamiento de ambas herramientas, dando valor a las unidades de gestión de las mismas.

2. ANTECEDENTES

En el año 2007, con motivo del Encuentro de Ministros de Medio Ambiente del G8+5 en la ciudad alemana de Potsdam, surgió la *Iniciativa Potsdam para la Biodiversidad 2010*, que puso de manifiesto a escala global el impacto económico de la pérdida de biodiversidad y el deterioro de los ecosistemas, así como la interdependencia que hay entre la protección del clima y la protección de las especies.

A raíz de esta iniciativa la Comisión Europea opta por desarrollar una Estrategia para detener la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos en la Unión Europea para el año 2020³. La Estrategia plantea como objetivo principal a alcanzar en el año 2020 detener la pérdida de la biodiversidad y la degradación de los servicios ecosistémicos en la Unión Europea y restaurarlos en la medida de lo posible, incrementando al mismo tiempo su contribución a la lucha contra la pérdida de biodiversidad mundial. A la vez plantea una visión hacia el año 2050, año en el que la biodiversidad de la Unión Europea y los servicios ecosistémicos que ofrece deben estar protegidos, valorados y restaurados (Comisión Europea, 2011 y *Estrategia de biodiversidad de la UE para 2020*, sin fecha).

El desarrollo de bancos de hábitat está extendiendo en la actualidad a nivel mundial, para alcanzar la protección del medio ambiente y la consecución del principio de “no pérdida neta de ecosistemas”. Países como Estados Unidos, Canadá, Australia, Alemania, Francia o Suecia han establecido o están desarrollando el uso de bancos de hábitats (Blanco, 2012: 27).

A modo de ejemplo, Álvarez y González (2012: 33) destacan la experiencia de Australia, que cuenta con dos programas en funcionamiento denominados *Bush Broker* y *Biobanking*. El fin de estos programas es facilitar

³ Estrategia de la UE para la biodiversidad hasta 2020
http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-la-biodiversidad/estrategia_biodiversidad_2020_tcm7-214628.pdf

las compensaciones ambientales mediante la comercialización de créditos, de manera que los propietarios rurales puedan obtener rentas a partir de la venta de estos créditos que les permitan acometer acciones de mejora ambiental en sus tierras. Ambos programas son gestionados directamente por el departamento de Medio Ambiente de cada uno de los estados en los que se desarrollan, Victoria y Nueva Gales del Sur, respectivamente. El programa Bush Broker se puso en marcha en el año 2007 y alcanzó una cifra total de venta de créditos en el periodo 2007 a 2011 de 24 millones de euros y 3.420 ha de terrenos protegidos, con una media de ventas de 5 millones de euros y 855 ha protegidas anuales. El programa Biobanking, que comenzó a mediados del año 2010, obtuvo en menos de un año un total de ventas de créditos por importe de 1,9 millones de euros y 757 créditos transferidos.

Nuestro país no ha desarrollado aún experiencias reales sobre estas herramientas. De hecho, hasta hace unas pocas semanas, tan sólo se contaba para regular la compensación de daños ambientales con la Ley 9/2006, de 28 de abril, de Evaluación de Impacto Ambiental, la Ley 26/2007, de 23 de octubre, sobre Responsabilidad Medioambiental y el Real Decreto 2090/2008, de 22 de diciembre. En ningún caso se incluían los bancos de conservación como herramientas para la compensación de daños ambientales, salvo en el RD2090/2008 en cuyo anteproyecto sí se llegó a contemplar el uso de los bancos de conservación, sin embargo no fueron incluidos en el texto final (Madrigal, García, Cartagena y Durán, 2012).

En la actualidad, los bancos de conservación ya han sido incorporados a la legislación nacional, mediante la Disposición Adicional Octava de la Ley de Evaluación Ambiental⁴ (aún no en vigor, pero aprobada en el Pleno del Congreso de los Diputados el pasado 28 de noviembre de 2013). En esta ley se comienza a sentar las bases para el desarrollo de esta herramienta, a nivel normativo y de planificación.

Los bancos de carbono se inician con el establecimiento de un marco internacional de limitación de emisiones de gases de efecto invernadero.

⁴ Proyecto de Ley de Evaluación Ambiental
http://www.congreso.es/public_oficiales/L10/CONG/BOCG/A/BOCG-10-A-59-5.PDF

El 9 de mayo del año 1992, se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático⁵, con el objetivo fundamental de “lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida una interferencia antropógena peligrosa en el sistema climático” (PNUMA, 2005). En el artículo 4 de dicha Convención se establece que los países deben impulsar la gestión sostenible de los bosques y promover y apoyar la conservación y el refuerzo de los sumideros, incluyendo la biomasa y los bosques.

Fruto de esta Convención se adopta el Protocolo de Kioto⁶, que entrará en vigor en el año 2005, con el objetivo principal de reducir la emisiones de gases de efecto invernadero y promover y apoyar la conservación y el refuerzo de los sumideros de carbono (*Sumideros de carbono*, sin fecha). El Protocolo de Kioto permite a los países firmantes que utilicen parte de las toneladas de carbono absorbido por los sumideros de carbono, con el fin de facilitar el cumplimiento de los compromisos de limitación de emisiones que dichos países adquieren al ratificar el Protocolo.

Las normas detalladas para la aplicación del Protocolo de Kioto junto con los mecanismos de mercado, se negociaron en la Conferencia de las Partes (COP 7) en Marrakech, en el año 2001.

Con la firma del Protocolo de Kioto se desarrollan los Mecanismos flexibles (Comercio de Derechos de Emisión, Aplicación Conjunta y Mecanismos de Desarrollo Limpio) que tienen dos objetivos principales (CO2 STOP Euskadi):

1. Facilitar a los países desarrollados el cumplimiento de sus compromisos de reducción y limitación de emisiones
2. Promocionar la financiación de proyectos “limpios” en países en desarrollo o en transición.

⁵ Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

⁶ Protocolo de Kioto. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

A nivel europeo, la Decisión 406/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, sobre el esfuerzo de los Estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir los compromisos adquiridos por la Comunidad hasta 2020⁷, fija la contribución mínima de cada estado miembro al cumplimiento del compromiso de la Comunidad de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo 2013-2020.

Así, los estados miembros deberán establecer políticas y medidas adicionales a fin de reducir las emisiones de los sectores denominados difusos, comprometiéndose a disminuir sus emisiones en dichos sectores en un 10% respecto a 2005 en el año 2020. En el reparto de los esfuerzos realizados por Estado miembro, España debe reducir sus emisiones en un 10% respecto a 2005.

Para hacer frente a este nuevo objetivo, se plantea a nivel nacional el desarrollo de un Proyecto de Real Decreto por el que se crea el registro único del sistema voluntario de cálculo de la huella de carbono, su reducción y compensación por absorciones de dióxido de carbono⁸.

El objeto de este Real Decreto es dar un impulso a las políticas de lucha contra el cambio climático de nuestro país. En particular, se persigue promover acciones para la mejora de las absorciones por los sumideros de carbono, de manera que las reducciones y absorciones que se lleven a cabo en estos ámbitos tengan reflejo en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de España, facilitando el cumplimiento de los compromisos internacionales y comunitarios asumidos por España en materia de cambio climático.

Además, mediante la creación del registro de huella de carbono y proyectos de absorción de CO₂, se persigue sensibilizar e incentivar a la

⁷ Decisión 406/2009/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, sobre el esfuerzo de los Estados miembros para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero a fin de cumplir los compromisos adquiridos por la Comunidad hasta 2020 <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0136:0148:ES:PDF>

⁸ Proyecto de Real Decreto por el que se crea el registro único del sistema voluntario de cálculo de la huella de carbono, su reducción y compensación por absorciones de dióxido de carbono http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/participacion-publica/Proyecto_Real_Decreto_Huella_de_Carbono_tcm7-308292.pdf

sociedad en su conjunto en la lucha contra el cambio climático con el fin de lograr una economía baja en carbono, dando respuesta al compromiso creciente que tanto entidades públicas como privadas han venido mostrando en los últimos años en relación con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello, se establecen una serie de medidas destinadas a facilitar y fomentar el cálculo de la huella de carbono, su reducción y compensación mediante absorciones de CO₂.

En esta línea, y tratando de alcanzar todos estos objetivos europeos y nacionales, comienzan a desarrollarse en nuestro país los bancos de biodiversidad y los bancos de carbono, como instrumentos innovadores que permiten evitar la pérdida neta de biodiversidad, incentivar las políticas de reducción de emisiones y lucha contra el cambio climático y ofrecer nuevas oportunidades para la colaboración público-privada en la conservación de la naturaleza, entre otras muchas ventajas.

3. INSTRUMENTOS DE MERCADO: HERRAMIENTAS DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL

Los instrumentos de mercado permiten resolver problemas de contaminación y de daños al medio ambiente, asegurar el suministro de recursos o incrementar el valor de productos procedentes de la naturaleza. Usados correctamente pueden evitar el deterioro continuo de los ecosistemas y avanzar hacia el desarrollo en el que se logre una “*no pérdida neta de biodiversidad*”, ya sea por ofrecer un estímulo a los consumidores para modificar sus conductas o por conseguir un aprovechamiento más ecoeficiente de los recursos, entre otros motivos (Álvarez y González, 2012).

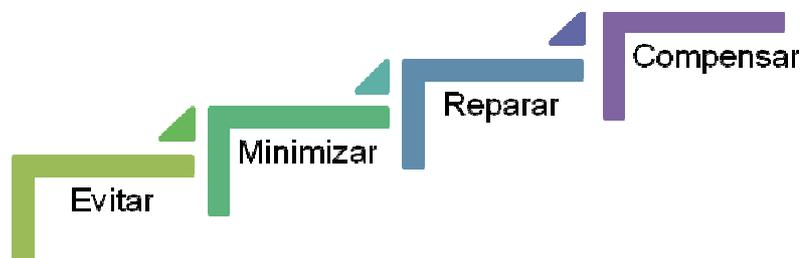
Para Álvarez y González (2012) estos instrumentos son herramientas que permiten dar valor a los servicios y recursos ambientales, y como consecuencia directa, integrarlos en una economía de mercado. Además, permiten la corrección de los sistemas de mercado tal y como se conciben en la actualidad, puesto que se considera e incorpora la valoración de los sistemas ambientales en el sistema global.

Las herramientas de compensación ambiental son, por tanto, instrumentos de mercado que permiten integrar el medio ambiente en la economía. Entre las más conocidas se encuentran los impuestos, las tasas y las subvenciones. En este trabajo se pretende incentivar el desarrollo de los **bancos de conservación** y los **bancos de carbono**.

Uno de los requerimientos en los que se basan las compensaciones ambientales es el cumplimiento de la **jerarquía de mitigación** por parte de los agentes que generan los daños ambientales. Esta jerarquía establece las pautas básicas que han de llevarse a cabo en el desarrollo de cualquier acción que pueda ocasionar daños ambientales.

Estas pautas se muestran a continuación en la figura 2:

Figura 2. Jerarquía de mitigación



Fuente: Elaboración propia

A la hora de hacer frente a un posible daño ambiental, en primer lugar, es imprescindible tratar de evitar el daño en la medida de lo posible, considerando tanto las acciones a desarrollar como su viabilidad técnica.

Si no fuera posible evitar el daño por completo, será necesario minimizar o reducir el impacto generado sobre el medio.

En caso de que los procedimientos anteriores no se puedan cumplir, generándose un daño será imprescindible repararlo, para intentar alcanzar el estado original.

Finalmente, será preciso compensar el daño generado en todas aquellas circunstancias en las que no ha sido posible recuperar la situación inicial del medio natural, restableciendo además los recursos y servicios que hayan sido mermados o perdidos.

Para poder desarrollar estas herramientas es necesario tener presente que “*sólo podemos gestionar eficazmente lo que somos capaces de valorar*” Álvarez y González (2012). Esta afirmación sintetiza el principio en el que se sustentan las herramientas de compensación ambiental: la **valoración del medio natural**. Dicha valoración se hace necesaria si consideramos que dejar un bien ambiental sin valor en la práctica se traduce a que su precio sea nulo, lo que conlleva por tanto un consumo infinito del mismo (Linares y Romero, 2008). Esta situación evidentemente no es sostenible económicamente ni deseable ecológicamente.

3.1. BANCOS DE CONSERVACIÓN

Los **bancos de conservación** se pueden definir, según Rábade (2008: 32), como “*proyectos de preservación, mejora, creación o restauración de un ecosistema que se emprenden para compensar pérdidas inevitables de los servicios de los ecosistemas, con el propósito de proveer medidas compensatorias antes de la ejecución de los impactos autorizados sobre los mismos*”. Se trata de herramientas para el fomento y desarrollo de acciones de conservación de la biodiversidad que permiten la generación de valor ambiental en forma de créditos ambientales que pueden ser intercambiables en un mercado (Álvarez y González, 2012).

En el Proyecto de Ley Evaluación Ambiental (aún no en vigor, pero aprobada en el Pleno del Congreso de los Diputados el pasado 28 de noviembre de 2013), se definen los *bancos de conservación de la naturaleza* como “un conjunto de títulos ambientales o créditos de conservación otorgados por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente que representan valores naturales creados o mejorados específicamente”.

El concepto de bancos de conservación se apoya en la idea de compensar las pérdidas de recursos naturales a través de mecanismos de mercado, con ganancia de recursos naturales y los servicios que éstos prestan (Blanco, 2012).

Para Álvarez y González (2012) los bancos de conservación constituyen una herramienta que fomenta la participación del sector privado en la conservación de la naturaleza.

Este instrumento se rige por los principios de no pérdida neta de ecosistemas (o biodiversidad) y de adicionalidad, que permiten que se consiga compensar, con ganancia de capital natural y servicios ambientales, las posibles pérdidas de los mismos. Todo ello sin perder la vocación del territorio en el que tiene lugar la compensación (Cisneros et al., 2013).

Lograr una “*no pérdida neta de ecosistemas*”, o ganancia neta, hace referencia al mantenimiento de la biodiversidad, en cuanto a composición de especies, estructura de hábitats y servicios proporcionados por los ecosistemas. Este término surge en Estados Unidos, asociado al Plan de Recuperación de Humedales, y posteriormente se contempla en Europa, quedando recogido en la Directiva Hábitat (Blanco, 2012).

Cumplir con el principio de “*adicionalidad*” implica garantizar que los resultados obtenidos por la aplicación del banco no se hubieran podido conseguir de otra manera (Cisneros et al., 2013), evitando financiar recursos ya existentes que se mantendrían aunque no existiera el mecanismo financiero de apoyo (EUROPARC- España, 2010).

Los bancos de conservación forman parte de los instrumentos de mercado que están siendo aplicados para alcanzar objetivos ambientales, como una variante de los sistemas de permisos negociables (Comisión Europea, 2007). En este caso se trata, según Cisneros et al. (2013) de una transacción de créditos ambientales para compensar los débitos generados por daños ambientales derivados de actividades económicas.

Estos créditos suelen originarse antes de que el daño se produzca y con independencia del mismo, por lo que pueden ser almacenados en el tiempo, dando lugar a un stock o almacén de derechos sobre el hábitat que estén disponibles para cuando los requieran los promotores de las actividades que se vean obligados a compensar por cumplimiento de la normativa (Cisneros et al., 2013).

3.1.1. Créditos de conservación

Los bancos de conservación generan un incremento del valor ambiental en el terreno, comercializado a través de **créditos de conservación**.

Un crédito de conservación es, como se refleja en la figura 3, una unidad de valor natural adicional comercializable (Álvarez y González, 2012).

Figura 3. Características de los créditos de conservación



Fuente: Elaboración propia

El concepto “unidad de valor natural” se refiere a que el valor ambiental se mide en unidades objetivas, no monetarias.

El concepto “adicional” representa el incremento de un valor ambiental medible sobre el punto de partida.

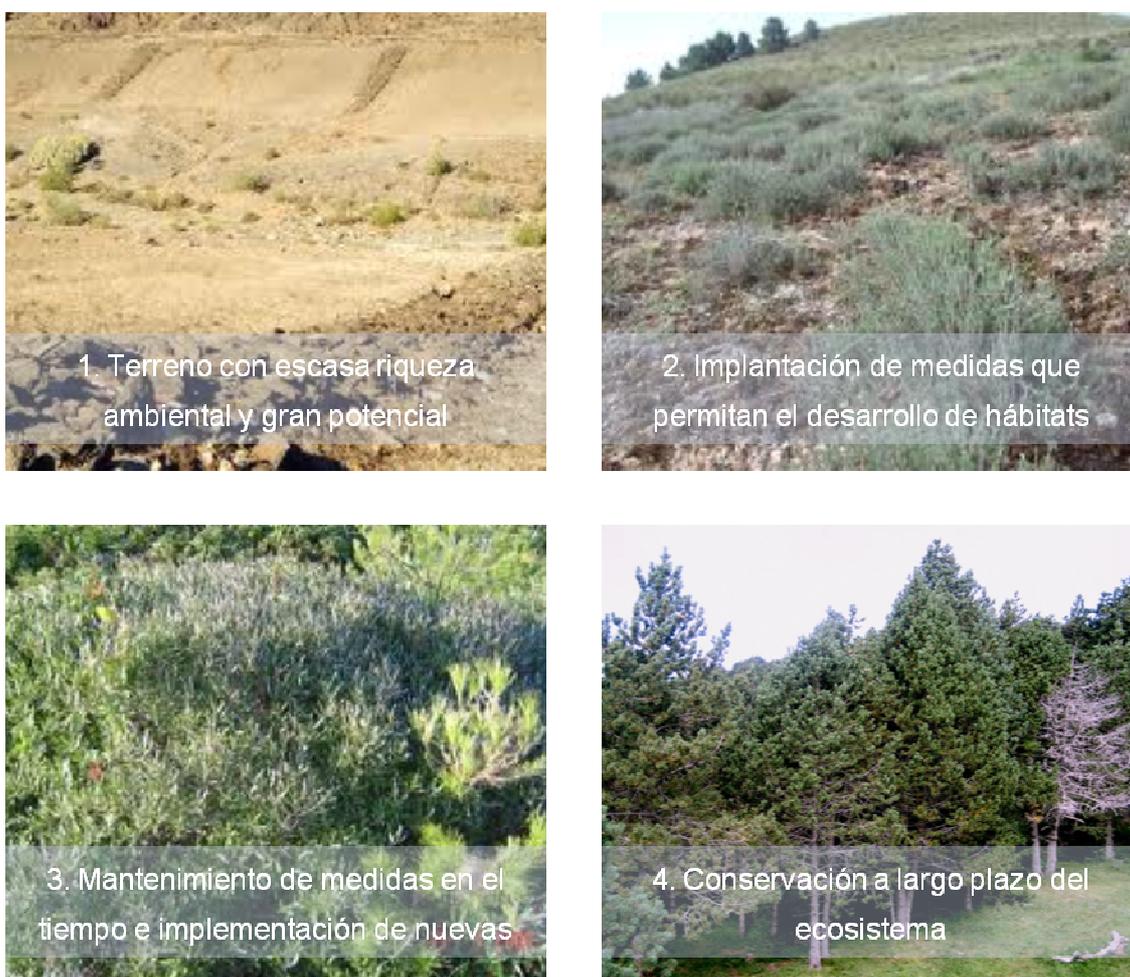
El concepto “comercializable” quiere decir que el valor natural creado se puede comprar y vender. La creación de este valor natural ha de ser verificable, es decir, precisa de un seguimiento completo del proceso.

Un crédito de conservación representa, por tanto, los beneficios producidos por una acción antrópica sobre un terreno, de manera que si esta acción no hubiera sido realizada no se habría generado esos recursos o servicios ambientales (Álvarez y González, 2012).

Los créditos son activos ambientales, cuya valoración aumenta en función de la evolución y maduración de los ecosistemas. De tal forma que, como se muestra en la figura 4, si se toma como línea base de partida un ecosistema que presente una escasa riqueza ambiental pero un gran potencial, con la implantación de medidas específicas que permitan el desarrollo de los hábitats y su conservación se obtendrá el valor del crédito de conservación en

el momento T_1 . Si esas medidas se mantienen a lo largo del tiempo y se incorporan otras nuevas, se podrá obtener el valor del crédito en el momento T_2 , que será superior al valor anterior. De este modo, se conseguirá alcanzar la conservación a largo plazo de la totalidad del ecosistema.

Figura 4. Simulación de la evolución temporal del valor de los créditos de conservación



FUENTE: Elaboración propia

Los créditos de conservación son activos que pueden encontrarse en masas forestales y sus ecosistemas asociados, humedales, actuaciones para la mejora de cursos fluviales, reservas de ecosistemas en el litoral, actuaciones para la mejora de especies amenazadas, etc. Es decir, el término crédito de

conservación abarca las unidades de recursos o servicios ambientales generadas por cualquier tipo de ecosistema.

Sin embargo, la creación de valor natural sólo se puede realizar de cuatro maneras posibles, como reflejan Álvarez y González (2012):

Tabla 1. Métodos para la constitución de valor natural

Mecanismo	Descripción
Creación (Establecimiento)	Manipulación de las características físicas, químicas o biológicas de un hábitat que permita el desarrollo de un recurso natural en una zona en la que previamente no existía. “ <i>No pérdida neta</i> ”: Ganancia en la cantidad de recurso creado.
Restauración	Manipulación de las características físicas, químicas o biológicas de una zona con el objetivo de devolverlos niveles de recursos o los servicios previos. “ <i>No pérdida neta</i> ”: Ganancia en nivel de calidad del recurso natural o de los servicios de los recursos naturales.
Mejora	Manipulación de las características físicas, químicas o biológicas de un recurso (no alterado o degradado) encaminadas a realzar, intensificar o mejorar funciones o servicios o a cambiar el grado de calidad del mismo. “ <i>No pérdida neta</i> ”: Ganancia en determinadas funciones o servicios del recurso, pero puede existir pérdidas en otras.
Conservación (Protección/ Mantenimiento)	Eliminación de una amenaza sobre un hábitat o prevención del deterioro de un recurso o servicio del mismo. “ <i>No pérdida neta</i> ”: No existe ganancia de recurso ni de las funciones o servicios del mismo. Supone la prevención de un pérdida de recurso, de sus funciones o servicios.

Fuente: Blanco (2012: 24) y Rábade et al. (2008)

Al establecer el ratio de equivalencia entre créditos y débitos ambientales, tal como afirman Álvarez y González (2012) estas figuras para la constitución de valor natural se tratan de manera independiente, pues carece de sentido considerar de forma similar la creación de un hábitat natural y su mantenimiento.

De esta forma, los promotores de las actividades que ocasionan un daño ambiental deben determinar y valorar dicho daño, en relación al estado original de los recursos naturales y servicios de estos, es decir, al estado básico. Esto constituye el **débito ambiental**. Deberán entonces adquirir créditos ambientales suficientes para compensar los débitos generados.

Álvarez y González (2012) definen débito ambiental como la “pérdida sufrida como resultado de un daño ambiental. Para la determinación del débito es necesario considerar tanto el daño causado como el tiempo que transcurre hasta su reparación y la recuperación de los ecosistemas. La cuantificación del daño se realizará en la misma medida empleada para medir el crédito de conservación, de manera que sea posible compensar los débitos con los créditos de conservación”.

Los créditos de conservación pueden generarse con antelación y sin relaciones ex - ante con los débitos a los que van a compensar, pudiendo ser acumulados en el tiempo para usos futuros (Cisneros, Gómez y Lázaro, 2013).

Figura 5. Relación entre el crédito y el débito ambiental



Fuente: Blanco (2012: 27)

Al implementar los créditos de conservación es necesario tener en cuenta la *vocación del territorio*, considerando los hábitats, especies y usos tradicionales característicos de la zona en la que se vaya a desarrollar la compensación. Se debe garantizar que el emplazamiento seleccionado para la

compensación se asemeje lo máximo posible al recurso dañado, pero respetando los recursos presentes (Cisneros et al. 2013: 84).

En el punto 4 de la Disposición Adicional Octava del Proyecto de Ley de Evaluación Ambiental se refleja que “los créditos de conservación podrán constituir las medidas compensatorias o complementarias previstas en la legislación de evaluación ambiental, responsabilidad medioambiental o sobre patrimonio natural y biodiversidad”.

Además, los créditos de conservación pueden ser de interés para otro tipo de organizaciones o empresas, como son:

- Promotores de proyectos que, aunque cumplan con la jerarquía de mitigación, dañan el medio ambiente.
- Organizaciones con interés en conservar el medio ambiente.
- Inversores que buscan, además de rentabilidad económica, rentabilidad ambiental.
- Empresas que quieren cumplir con sus objetivos de Responsabilidad Social Corporativa.

3.1.2. Funcionamiento y aplicación de los Bancos de Conservación

Los bancos de conservación constituyen un sistema que trata de convertir las compensaciones medioambientales en activos con los que poder negociar, modificando así la estructura de incentivos y el comportamiento mediante la asignación de derechos de propiedad y la creación de mercado. De esta manera, los bancos de conservación permiten la transacción de “créditos ambientales”, patrimonio natural creado a través de proyectos de creación, restauración, mejora o preservación de hábitats y ecosistemas, con el fin de compensar el “débito ambiental” generado por daños ocasionados por las actividades económicas (Cisneros et al., 2013).

La filosofía fundamental del funcionamiento de los bancos de conservación consiste en que los créditos de conservación sólo pueden ser utilizados una vez. Cada crédito será objeto de una única transacción, ya que el hábitat o capital natural creado asociado a dicho crédito deberá conservarse a perpetuidad (Blanco, 2012).

La implantación de los bancos de conservación en un territorio requiere del apoyo normativo y de la participación de las administraciones, pues multitud de cuestiones deben ser definidas y concretadas. Es necesaria la existencia de un organismo regulador que establezca las normas para el funcionamiento de los bancos de biodiversidad (Blanco, 2012). A nivel nacional, como se ha comentado anteriormente, ya han sido incluidos en la legislación.

Existe una serie de factores decisivos que determinan el funcionamiento de los bancos de biodiversidad, que han sido claves en la puesta en marcha de este instrumento en aquellos países donde se ha implantado (Álvarez y González, 2012), y establecen una garantía del mantenimiento del valor natural creado a largo plazo:

- *Factores legislativos*: Desarrollo de normativa que incluya los bancos de biodiversidad y los créditos ambientales en las medidas de compensación, así como en otras fuentes de demanda, la definición de los créditos ambientales como activos o la determinación de los derechos de propiedad asociados.

- *Factores administrativos*: Seguimiento en la aplicación y eficacia de las medidas preventivas, correctoras y compensatorias. Regulación de la oferta y demanda.

- *Factores financieros*: Establecimiento de fondos económicos a largo plazo para garantizar el mantenimiento y seguros de contingencia.

- *Factores sociales*: Reservas por algún sector de la población al uso de mecanismos “económicos” para la conservación de la naturaleza.

Tanto los créditos como los débitos de conservación deberán ser valorados para hacer posible su transacción. Los métodos empleados se corresponden generalmente con el enfoque del método de Análisis de Equivalencias, que asegura que el número, tipo y tamaño de los créditos generados en los proyectos de compensación sean equivalentes al débito (o mayores), siempre medidos en las mismas unidades.

El Análisis de Equivalencias consiste en estimar el valor de pérdidas temporales o permanentes, medidas en unidades físicas -no monetarias- para establecer en las mismas unidades la magnitud o escala de reparación que deberá llevarse a cabo en otro lugar alternativo. De este modo, la elección de las unidades de medida de créditos y débitos es clave, pues determina el tipo de análisis de equivalencia (Cisneros, Gómez y Lázaro, 2013).

Los criterios de equivalencia más empleados son los de recurso-recurso y servicio-servicio, basados en unidades físicas (EFTEC, 2010) (citado en Cisneros et al., 2013: 15):

- Análisis de Equivalencia de Recursos (Recurso-Recurso): las unidades hacen referencia al recurso (por ejemplo, número de individuos) y los créditos/débitos se miden en términos de incremento/reducción de unidades de recurso.
- Análisis de Equivalencia de Hábitats (Servicio-Servicio): las unidades hacen referencia a los hábitats y a los servicios que ofrecen los ecosistemas. En este caso los créditos/débitos se miden combinando el área del hábitat creado/dañado o mejorado y el grado de daño/mejora generado en relación a los servicios.

Como apuntan Cisneros et al. (2013), la dificultad de medir y comprar la equivalencia entre débitos y créditos es uno de los principales retos a los que se enfrentan los bancos de conservación.

Para corregir las posibles deficiencias que se puedan ocasionar, se introducen los ratios de compensación, que incorpora al análisis factores como

la calidad del recurso o hábitat dañado y la biodiversidad restaurada, las preferencias de la sociedad o la dimensión temporal de los créditos y los débitos (Cisneros et al., 2013).

Para ello el pago por los créditos ambientales será tal que, por un lado cubra la inversión realizada en las actuaciones necesarias para generar dichos créditos, los beneficios asociados a esta inversión y a la transacción en sí y, por otro lado, sea suficiente para la constitución de un fondo fiduciario, mediante el cual se garantizará el funcionamiento del hábitat o capital natural creado a perpetuidad (Blanco, 2012). Este precio lo suelen fijar la oferta y la demanda que tiene lugar cuando uno o varios bancos venden sus créditos a uno o varios interesados (Cisneros et al., 2013).

3.1.3. Ventajas respecto a otras herramientas

Los bancos de conservación son una herramienta eficaz contra la pérdida de ecosistemas (Álvarez y González, 2012).

Según Sheaham (2001, citado en EUROPARC- España, 2010), las principales ventajas que presenta este mecanismo se pueden resumir en:

1. Permite mantener el nivel actual de biodiversidad o de cualquier otro bien ambiental sin que exista pérdida neta del valor total.
2. Favorece la restauración de una única área extensa de gran impacto ambiental frente a la restauración de muchas áreas pequeñas de menor valor.
3. Incentiva la adopción de responsabilidades por parte del sector privado respecto a las consecuencias y repercusiones de su actividad para el medio ambiente. Los promotores necesitan compensar cualquier daño ambiental que causen, por lo que se verán obligados a comprar créditos y emprender proyectos de restauración.

4. Dota de un nuevo valor económico a los terrenos donde el desarrollo urbanístico o de otra índole están prohibidos por la legislación en virtud de su valor o potencial ecológico. Los propietarios de parcelas con valores ecológicos pueden obtener nuevos ingresos al vender créditos a promotores si mantienen, mejoran o restauran los activos naturales obteniendo con ello beneficios económicos.

Por otra parte, se destaca el hecho de que los bancos de conservación facilitan a las administraciones y organismos de control el seguimiento de las compensaciones ambientales, además de permitir la adaptación de las mismas a un plan de desarrollo territorial, que permite la integración de zonas protegidas. Además ofrecen compensaciones más económicas para los promotores y operadores que hayan cumplido previamente con la jerarquía de mitigación.

De este modo, y a modo de resumen, Álvarez y González (2012) afirman que los bancos de conservación permiten:

- Ganar activos de biodiversidad
 - Facilita la ganancia neta de biodiversidad.
 - Logra una conservación a largo plazo.
 - Evita la pérdida de ecosistemas de forma eficaz conforme a los planes de desarrollo territorial.
 - Contribuye a aumentar la conectividad de las áreas protegidas.
 - Integra zonas protegidas ofreciendo compensaciones más económicas para los promotores y operadores apoyándose en los beneficios de la economía a escala.
- Facilitar la gobernanza del territorio
 - Permite la creación de planes específicos de desarrollo territorial para el mantenimiento de especies (corredores ecológicos, áreas reservadas, etc.).

- Permite la creación de nuevos modelos de negocio en el ámbito rural.
- Ahorrar en costes de planificación y ejecución
 - Desarrolla un modelo win-win (modelo en el que todos ganan) mediante el cual salen beneficiados tanto administraciones, como propietarios e inversores en activos naturales, lo que implica un ahorro de costes para la administración.
- Simplificar los trámites
 - Facilita a las administraciones y organismos de control el seguimiento de las restauraciones.
- Mejorar la eficiencia empresarial
 - Permite darle valor a activos que por ausencia de valor en la actualidad se pierden o no son valorados.
 - Favorece las inversiones privadas en conservación ambientales y desarrollo rural.
- Crear nuevos mercados
 - Permite la obtención de nuevos ingresos a los propietarios de terreno rural que, en otras circunstancias, se verían abocados al abandono de sus propiedades por falta de rentabilidad o incluso porque el coste de las explotaciones es superior a los beneficios obtenidos por las mismas.
 - Permite el acceso de nuevos operados al mercado.

Son numerosas las ventajas que se han tratado en el ámbito de la administración pública y el sector privado, sin embargo, resulta evidente que la puesta en funcionamiento de los bancos de conservación reportará beneficios a la totalidad de la sociedad, entre los que se destacan principalmente tres:

- No perder biodiversidad

- No perder recursos ecológicos
- No perder servicios ambientales

3.2. BANCOS DE CARBONO

El dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero más abundante emitido como consecuencia de las actividades humanas. Según el boletín de la Organización Mundial Meteorológica (OMM, sin fecha), la cantidad de CO₂ presente en la atmósfera alcanzó 390,9 partes por millón en 2011, o lo que es lo mismo un 140% del nivel preindustrial, establecido en 280 partes por millón.

El nivel preindustrial representaba un equilibrio de los flujos de CO₂ entre la atmósfera, los océanos y la biosfera. Durante los diez últimos años, la cantidad de CO₂ presente en la atmósfera ha venido experimentando, en promedio, un aumento de 2 partes por millón por año (OMM, sin fecha).

El carbono se acumula en la biomasa del ecosistema forestal a través de la fotosíntesis y, en términos generales, constituye aproximadamente el 50% de ella. Este proceso ha hecho que los bosques sean considerados como “**sumideros de carbono**” (Del Álamo, 2007).

Al analizar el término sumidero, el Diccionario Forestal (Sociedad Española de las Ciencias Forestales, 2005) lo define como “un área por donde son canalizados el agua, los nutrientes o cualquier tipo de compuesto físico o químico, o que sirve de almacén de los mismos. En la actualidad este término se aplica a los bosques para significar su papel de absorción del dióxido de carbónico de la atmósfera y la consiguiente reducción del efecto invernadero”.

El término **bancos de carbono** tiene su origen en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1992), según la cual un sumidero de gases de efecto invernadero es “cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera uno de estos gases o uno de sus precursores”.

En el ámbito del Protocolo de Kioto la definición se limita a determinadas actividades de uso de suelo, cambio de uso de suelo y selvicultura que se traducen en una captura del CO₂ presente en la atmósfera y su

almacenamiento posterior en forma de materia vegetal. Esta captura de CO₂ contribuye a reducir la concentración de los gases de efecto invernadero de la atmósfera, y por tanto, a mitigar el cambio climático.

Los proyectos de secuestro de carbono pretenden contribuir a la gobernanza medioambiental nacional y europea con el establecimiento de sumideros ligados a las actividades del uso de la tierra, los cambios en el uso de la tierra y la silvicultura (LULUCF), incentivando su integración en las políticas de reducción de emisiones y de lucha contra el cambio climático.

Los bosques representan un papel indispensable en la fijación de carbono y la purificación del aire. Estos ecosistemas son los principales captadores de gases de efecto invernadero (GEI) en general y de CO₂ en particular, capturándolo y acumulándolo en forma de biomasa (Más, Zubelzu, Gómez y de Juanes, 2012).

Con el fin de encontrar una unidad de medida común para tratar la captura de carbono, todos los gases de efecto invernadero se convierten en equivalentes del CO₂ (CO₂e) (NRC, 2010: 4).

Por tanto, se considera un sumidero o banco de carbono a la unidad de captura de CO₂ equivalente (CO₂e) que es retirada de la atmósfera.

El término CO₂ equivalente hace referencia a la unidad de medición usada para indicar el potencial de calentamiento global de cada uno de los gases de efecto invernadero, en comparación con el dióxido de carbono (RSCO₂, 2013). Se utiliza para comparar la capacidad de los diferentes gases de efecto invernadero para atrapar calor en la atmósfera (NRC, 2010:4).

A modo de ejemplo, si se considera que el dióxido de carbono presenta un Poder de Calentamiento Global (PCM) igual a 1, el metano y el óxido nitroso tienen 23 y 296 PMC, respectivamente, más que el CO₂ (IPCC, 2007) (citado en NRC, 2010:4).

Según el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), alrededor de un 20% de las emisiones de CO₂e en el mundo

son generadas por cambios en los usos del suelo, debidos en su mayor parte a la deforestación (Más et al., 2012).

En el territorio español se contabilizó en el año 2009 que la superficie forestal tuvo una absorción neta de 28,7 millones de toneladas de CO₂e (Sumideros de carbono, sin fecha), calculado según las normas de contabilización de GEI aprobadas y emitidas a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (Más et al., 2012).

Si consideramos que España cuenta con una superficie forestal de 27,5 millones de hectáreas (datos del año 2011) según el Inventario Forestal Nacional⁹, y a la vista de los datos anteriores, se puede atisbar el gran potencial que nuestros bosques tienen como sumideros de CO₂, si son bien gestionados.

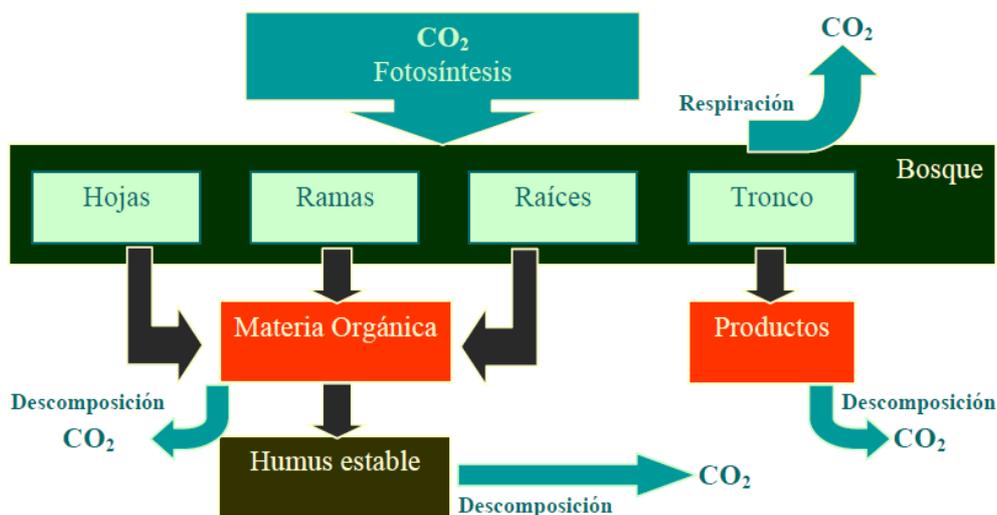
La captura de CO₂ por parte de los bosques se produce principalmente por el proceso de fotosíntesis, mediante el cual la vegetación fija el CO₂ atmosférico y lo transforma en las cadenas de carbono que componen la biomasa vegetal (Federación Española de Municipios y Provincias, 2011).

A nivel global, el ciclo que el carbono sigue en los bosques (figura 6) comienza con la absorción de CO₂ a través de las hojas, ramas, raíces y tronco mediante la fotosíntesis. Cuando estas hojas, ramas y raíces caen al suelo, el carbono pasa a formar parte de la materia orgánica, humus, como carbono orgánico del suelo (Sumideros de carbono, sin fecha).

Como parte de este ciclo, se producen emisiones de carbono debidas a la respiración y la descomposición de la biomasa vegetal (Del Álamo, 2007).

⁹ Segundo Inventario Forestal Nacional (2011)
http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/ifn2_descargas.aspx

Figura 6. Ciclo del carbono en los bosques



Fuente: Del Álamo (2007: 8)

Si el balance global de los flujos de carbono del ecosistema (absorciones y emisiones) resulta positivo; es decir, las absorciones superan a las emisiones, el ecosistema se convierte entonces en un sumidero de carbono (Federación Española de Municipios y Provincias, 2011). Si ocurre lo contrario, las emisiones son mayores que las absorciones, el ecosistema será una fuente de CO₂.

3.2.1. Créditos de Carbono

Los créditos de carbono constituyen un instrumento económico contemplado por primera vez en el Protocolo de Kioto, que permite impulsar las inversiones en proyectos que tienen como finalidad reducir las emisiones de CO₂.

Cada crédito de carbono equivale a una tonelada de dióxido de carbono que se ha dejado de emitir a la atmósfera. Se trata de una moneda para comerciar las emisiones de carbono (NRC, 2010: 4).

A grandes rasgos, los créditos de carbono se clasifican en dos tipos (Ruano, 2012):

- *Créditos de Carbono de Compensación*. Consisten en las acciones de inversión y mejoras que tienen por objeto reducir las emisiones de los procesos de producción actuales, bien elevando la eficiencia de uso de la energía o mediante la sustitución de la energía fósil por energías renovables.

- *Créditos de Carbono por Reducción*. Consisten en las acciones, inversiones o proyectos que introducen formas para absorber CO₂ de la atmósfera. Incluye la plantación de árboles o recuperación e incremento de la superficie boscosa, la captación y almacenamiento de carbono de los procesos tecnológicos actuales para evitar su emisión a la atmósfera, y en general todos los esfuerzos para capturar CO₂ con el empleo de elementos naturales.

En este trabajo se tratarán los **créditos de carbono por reducción**. Estos créditos son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes emitidas al medio ambiente (Bonos de carbono, sin fecha).

Con propósito de generar créditos de carbono, en el mercado se pueden desarrollar dos tipos de proyectos a pequeña escala (Samayoa, 2011: 19): de reducción de emisiones en la fuente y de captura o secuestro de carbono.

- **Proyectos de reducción de emisiones**: estos proyectos reducen las emisiones de gases de efecto invernadero en la fuente y generan créditos de carbono permanentes, es decir, emisiones reducidas que no vuelven a la atmósfera bajo ninguna circunstancia.

- **Proyectos de captura o secuestro de carbono**: estos proyectos se refieren a actividades relacionadas principalmente con la agricultura, silvicultura y cambio de uso de suelo (AFOLU, siglas en inglés). Su inclusión en el

mercado de carbono se debe al reconocimiento de las mismas como fuentes y sumideros que absorben principalmente dióxido de carbono.

La transacción de créditos de carbono permite mitigar la generación de gases contaminantes, beneficiando a las empresas que no contaminan o disminuyen la contaminación y haciendo pagar a las que contaminan más de lo permitido (Bonos de carbono, sin fecha).

3.2.2. Funcionamiento y aplicación de los Bancos de Carbono

Con la entrada en vigor del Protocolo de Kioto, el dióxido de carbono dejó ser simplemente un gas y se transformó en un producto susceptible de intercambio comercial, para lo cual se establecen los *mercados de carbono* (Cavallucci, 2009).

El mercado de los bancos de carbono constituye el intercambio de niveles de emisiones autorizadas de CO₂ por parte de los gobiernos a las empresas. Se trata de un procedimiento mediante el cual gobiernos, empresas e individuos pueden vender o adquirir unidades de reducción de emisiones de gases de efectos invernadero. Simplificando el procedimiento de mercado, se puede explicar cómo que quienes reducen emisiones o secuestran carbono reciben pagos y quienes tienen que reducir sus emisiones pueden comprar créditos para compensarlas (NRC, 2010: 4).

El sistema trata de ofrecer incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la contaminación generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a contaminar como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado (Bonos de carbono, sin fecha).

Tal y como se refleja en NRC (2010: 4) “La compensación de carbono conlleva compensar las emisiones que no pueden evitarse pagando a alguien para que ahorre (secuestre) gases de efecto invernadero”.

Los mercados de carbono se basan en dos criterios principales (Bonos de carbono. Sustentabilidad, 2013):

- El primero indica que no importa en que parte del mundo se reduzcan las emisiones de gases efecto invernadero, pues el efecto se produce a nivel global. Esto permite las transacciones entre países distantes entre sí.
- El segundo criterio sostiene que, ambientalmente lo importante no es el tiempo en que se reducen sino que realmente se reduzcan; indicando así que el resultado de reducir emisiones hoy o en unos años más es el mismo.

Para la implementación de proyectos, se puede optar por participar en el mercado de cumplimiento/regulado o en el mercado voluntario (Samayoa, 2011:20).

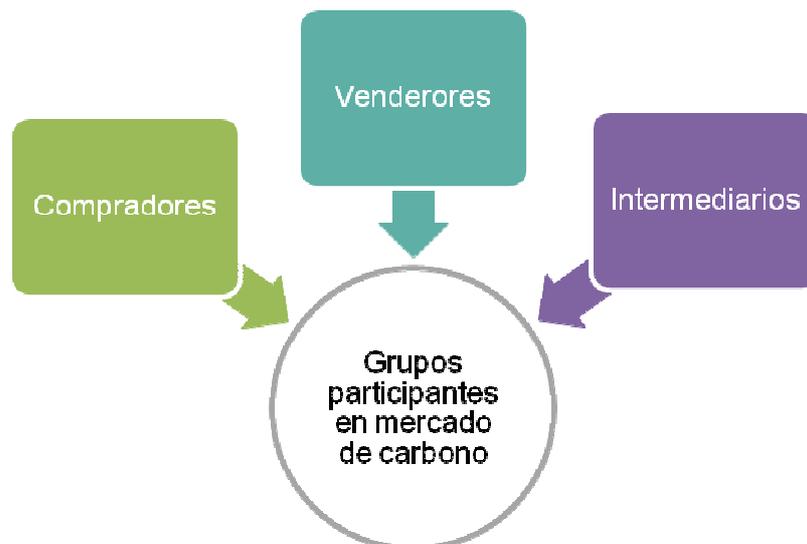
- Mercado regulado. Se trata de un sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir reducciones de gases de efecto invernadero (Economía del carbono, sin fecha). Dentro de estos instrumentos el mercado de carbono del Protocolo de Kioto es el de mayor relevancia en el ámbito internacional (Finanzas Carbono, 2010, citado en Samayoa, 2011).

- Mercado voluntario. Es un sistema alternativo dirigido a organizaciones, empresas, gobiernos e individuos, con necesidades o intereses son distintos a los compradores del mercado regulado, que voluntariamente deciden compensar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a sus actividades, adhiriéndose a una meta de reducción de emisiones. Samayoa (2011) señala que este mercado se ha desarrollado en paralelo al anterior para poder incluir actividades que quedan excluidas del mercado regulado. Entre los intereses que les mueven a participar en estos mercados podría ser la

responsabilidad social, imagen corporativa, etc. (Economía del carbono, sin fecha).

Los participantes en un mercado de carbono se engloban en tres grupos, como se muestra en la figura 7 (Cavallucci, 2009):

Figura 7. Grupos de participantes en mercados de carbono



FUENTE: Elaboración propia

Los compradores son los que necesitan adquirir créditos de CO₂ para cumplir con sus límites de emisión. Los vendedores son aquellos que tienen permisos de absorción sobrantes o promotores de proyectos de reducción de emisiones. Los intermediarios van a facilitar el intercambio entre compradores y vendedores.

Samayoa (2011: 39) explica que es posible identificar tres modelos de financiación para proyectos en el mercado de carbono:

1. *Financiación por los dueños del proyecto.* Los dueños de los proyectos aportan recursos propios que complementan generalmente con deuda interna o externa para poder implementar el proyecto.

2. *Financiación por los compradores de créditos de carbono.* Las empresas de los países industrializados, o fondos de carbono que compran créditos pactan con los desarrolladores de los proyectos su participación en el mismo, ya sea aportando capital, concediendo préstamos para la implementación del proyecto o ayudas tecnológicas, a cambio de recibir total o parcialmente créditos generados por el proyecto.
3. *Socios financieros.* Son empresas públicas o privadas (brokers, negociadores, corredores de bolsa, etc.) para quienes los proyectos en el mercado de carbono constituyen una oportunidad de inversión.

Las principales diferencias entre ambos mercados, radican principalmente en que el mercado voluntario al no regirse por ninguna legislación no presenta criterios de selección, no tiene metodologías establecidas y existe riesgo de doble contabilidad al no existir un registro único.

Sin embargo, el mercado voluntario de compensación de emisiones se caracteriza por su poder de experimentación e innovación de actividades que se podrán incluir en el futuro en el mercado regulado (FAO, 2010).

Las dimensiones de ambos mercados difieren notablemente, de tal forma que en el año 2008 (NRC, 2010: 5), se comercializaron en el mercado regulado 119.000 millones de dólares estadounidenses, y en el voluntario 704 millones de dólares estadounidenses.

Los ingresos generados por la venta de los créditos de carbono contribuyen a cubrir los costes del proyecto, a la transferencia de tecnología, al desarrollo sostenible y a generar ganancias económicas sobre la inversión realizada (Samayoa, 2011: 16).

Los proyectos de mercado de carbono, a diferencia de otras herramientas de compensación, cuentan con dos corrientes diferenciadas de ingresos: las derivadas del objetivo básico del proyecto y las provenientes de la venta de bonos de carbono (Samayoa, 2011: 39).

La gestión forestal de los sumideros o bancos de carbono debe garantizar la persistencia, mejora y crecimiento de la masa forestal, sin descuidar su aprovechamiento. De esta forma se constituye un almacén de carbono persistente en el tiempo (Del Álamo, 2007).

3.2.3. Ventajas respecto a otras herramientas

Los bancos o sumideros de carbono forestales presentan una serie de ventajas frente a otras iniciativas de captura de CO₂.

La adecuada gestión de las masas forestales dota a las zonas donde se ejecuten las actuaciones de un territorio donde es posible compatibilizar diversas actividades, dando lugar a una sinergia a la hora de producir otros bienes y servicios a la comunidad. Entre estas actividades se puede destacar:

- Valoración de terrenos forestales, dotándolos de un uso complementario en base a su capacidad de secuestro de CO₂.
- Mejora de los bienes y servicios ecosistémicos que los bosques ofrecen a la población, como la apreciación de la naturaleza, beneficios para la salud o como fuente de recursos.
- Fomento del ecoturismo, debido a un mayor conocimiento de las masas forestales por la población.
- Contribución a la protección de la biodiversidad y los recursos hídricos.

La repercusión de los bancos a corto y medio plazo se contempla en factores como el empleo local, pues es interesante que los trabajos selvícolas los realicen empresas locales.

Sin duda es importante destacar la repercusión que este tipo de herramientas en relación con la promoción de la economía baja en carbono y la gestión forestal.

Los proyectos de bancos de carbono reportan una serie de beneficios colaterales a los ya expuestos, como son (NRC, 2010: 18):

- Generación de conocimiento sobre proyectos que se podrán desarrollar a mayor escala en el futuro.
- Aumento de recursos forestales, como resina, leña, madera y otros productos forestales no madereros.
- Reducción de la contaminación del agua y el aire
- Reducción de la erosión del suelo

Samayoa (2011: 19) afirma que los proyectos del mercado de carbono no sólo contribuyen a la mitigación del cambio climático, sino que además mejoran las condiciones de vida de las poblaciones locales.

Por último, y a largo plazo, teniendo en cuenta las mejoras y la dinamización de los sistemas de compensación de emisiones y los ingresos obtenidos de la venta de los créditos obtenidos por la actuación forestal, se prevé un beneficio en el sector relacionado con la gestión y las actuaciones forestales.

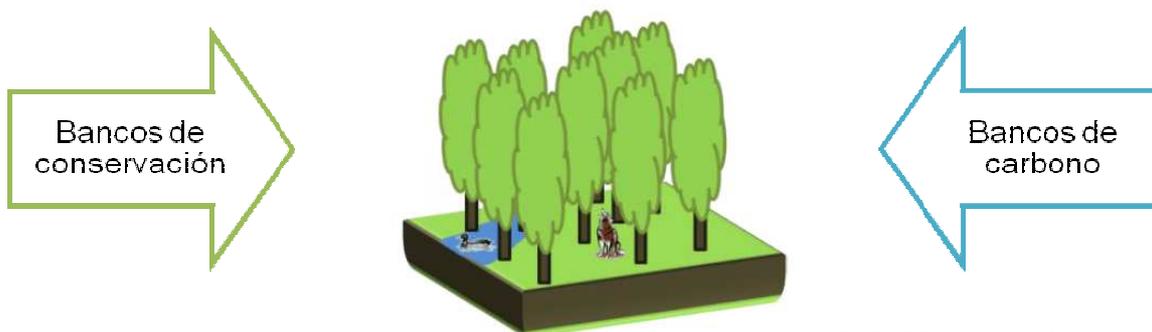
4. EXPERIENCIA PILOTO PARA LA APLICACIÓN DE UN MERCADO CONJUNTO DE COMPENSACIÓN DE DAÑOS AMBIENTALES

La Federación Española de Municipios y Provincias en su Informe *Sumideros de Carbono a Nivel Local* (2011) afirma que “los tres mayores retos medioambientales a los que nuestra sociedad se enfrenta: el cambio climático, la lucha contra la deforestación y la pérdida de biodiversidad biológica, están íntimamente relacionados, por lo que algunas de las técnicas de solución a los mismos son comunes”.

Basado en esta afirmación, se intenta mostrar como un área natural sobre la que se realizan medidas de conservación antrópicas puede participar en un mercado de compensación de impactos ambientales sobre la biodiversidad por medio de los bancos de conservación, a la vez que es posible incluir también dichas actuaciones en proyectos de absorción de CO₂.

Así, la aplicación conjunta de ambas herramientas de compensación de impactos ambientales sobre un mismo hábitat permitirá obtener mejores resultados de conservación del medio natural, a la vez que contribuirá a detener la pérdida de biodiversidad contemplada en la Estrategia Europa 2020 de la Comisión Europea, de manera más efectiva que al desarrollar cada instrumento de manera individualizada.

Figura 8. Aplicación conjunta de bancos de conservación y carbono sobre una misma área



FUENTE: Elaboración propia

Ambos instrumentos generan un reservorio de biodiversidad, favoreciendo la ganancia neta de ecosistemas, a la vez que aseguran garantías de conservación a largo plazo, por lo que ambos bancos presentan vocación de permanencia en el tiempo.

De tal modo que, si se desarrollan bancos de conservación que actúen de manera conjunta como bancos de carbono capturando CO₂ atmosférico, se conseguirá mantener los ecosistemas, se contribuirá activamente a frenar la pérdida de biodiversidad natural así como se aportarán medios para disminuir los efectos del cambio climático a nivel global.

Asimismo, se espera que la puesta en marcha de ambas herramientas sirva para cumplir con los requisitos marcados por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, además de para elaborar políticas orientadas a la mitigación y adaptación al cambio climático a nivel nacional e internacional.

4.1. RECURSOS AMBIENTALES SELECCIONADOS

El desarrollo de esta experiencia piloto de implementación conjunta de ambas herramientas de compensación de daños ambientales se ha llevado a cabo sobre un área determinada del Parque Regional de El Valle y Carrascoy (Región de Murcia).

La selección de esta zona ha estado condicionada por la presencia de un hábitat catalogado como de interés prioritario por la Directiva Hábitats¹⁰: Hábitat 6220* - Zonas subestépicas de gramíneas y anuales del Thero-Bachypodietea.

¹⁰ Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:ES:PDF>

El tipo de sustrato, así como la profundidad del mismo, junto con las condiciones xéricas de las zonas donde se presentan, son los principales factores abióticos que determinan la existencia de este tipo de hábitat (Manual de interpretación de los Hábitats Naturales de la Región de Murcia, 2008).

Este hábitat se caracteriza por la presencia de *Brachypodium retusum*, una hierba vivaz, perenne, de rizoma ramificado. Tallos erectos de hasta 80 cm de altura, con hojas dísticas, patentes, la mayoría en el tercio inferior, de hasta 4 mm de ancho y 7 cm de longitud, con lígula corta, de hasta 2 mm y extremo redondeado. Inflorescencia en racimo, con 1-7 espiguillas de hasta 4 cm, lineares, glabras, con 6-15 flores, en las que son llamativas las anteras, colgantes y con forma de aspa durante la floración, de hasta 3 mm. Gluma inferior de hasta 5 mm, la superior de 6-7 mm; lema de hasta 8 mm, oval-lanceolada, con arista de 2-4 mm, mucronada, en ocasiones ausente en las lemas inferiores. Fruto de tipo cariósipide (López, sin fecha).

Figura 9. *Brachypodium retusum* y *Teucrio pseudochamaepityos-Brachypodietum ramosi*: aspecto típico en umbrías, con dominio casi absoluto de *Brachypodium retusum*



FUENTE: López (sin fecha) y Manual de interpretación de los Hábitats Naturales de la Región de Murcia (Dirección General de Medio Natural, 2008)

El hábitat 6220* está conformado por 19 asociaciones vegetales, de las que se ha escogido la asociación 52207B – *Teucrio pseudochamaepityos - Brachypodietum ramosi* * O. Bolòs 1957.

Las formaciones vegetales que constituye, los lastonares, son hábitat de interés comunitario prioritario: Zonas subestépicas de gramíneas y anuales del Thero-Brachypodietea (código de hábitat 6220*), y corresponden a la asociación *Teucrio pseudochamaepityos-Brachypodietum ramosi* (código de asociación 52207B). Es una planta indiferente edáfica, muy común, que se distribuye por el sur de Europa y norte de África (Argelia, Marruecos). En la Península se localiza principalmente en Andalucía, Levante y valle del Ebro. En la Región de Murcia es una especie frecuente tanto en la franja litoral como por el interior (López, sin fecha).

La siguiente información ha sido extraída de Manual de interpretación de los Hábitats Naturales de la Región de Murcia (Dirección General de Medio Natural, 2008).

Estructura y especies habituales en la comunidad: Pastizales dominados por el lastón (*Brachypodium retusum*), junto con la que se pueden presentar algunas otras gramíneas (*Dactylis hispanica*, *Helictotrichon filifolium*, etc.), algunos geófitos (*Asphodelus cerasiferus*, *Gladiolus illyricus*, *Ophrys lutea*, etc.), así como algunos caméfitos sufruticosos (leñosos en la base pero con partes verdes herbáceas), como *Phlomis lychnitis*, *Ruta angustifolia* y *Teucrium pseudochamaepitys*. Estos pastizales de color verde amarillento, toman un marcado color pajizo durante los meses estivales como resultado de la pertinaz sequía. Muestran una mayor densidad en las umbrías y bajo los pinares.

Variabilidad: Es una comunidad vegetal muy extendida por la España peninsular de clima mediterráneo y suelos ricos en bases, de la que se distinguen diversas razas geográficas. En buena parte de la mitad sur de la Región de Murcia, comprendiendo los territorios murciano-almerienses y zonas más cálidas manchego-espunenses, se ha reconocido una raza geográfica

particular (subasociación *avenuletosum murcicae* Alcaraz et al) diferenciada por la presencia de taxones como *Allium melananthum*, *Avenula murcica*, *Galium murcicum*, etc. En las áreas más interiores se presenta la raza típica (subasociación *brachypodietosum retusi*), en la que lo más destacable es la presencia de *Avenula bromoides*. En zonas rocosas la comunidad se enriquece en *Stipa offneri*. Por lo demás parecen existir ligeras diferencias florísticas o en el predominio de unas u otras especies en relación con ciertos tipos particulares de medio (zonas más rocosas, solanas frente a umbrías, suelos margosos, etc.) pero no han sido estudiados.

Condicionantes ecológicos: Suelos medianamente profundos en áreas termo y mesomediterráneas, ricos en bases desde el termomediterráneo semiárido hasta el mesomediterráneo seco.

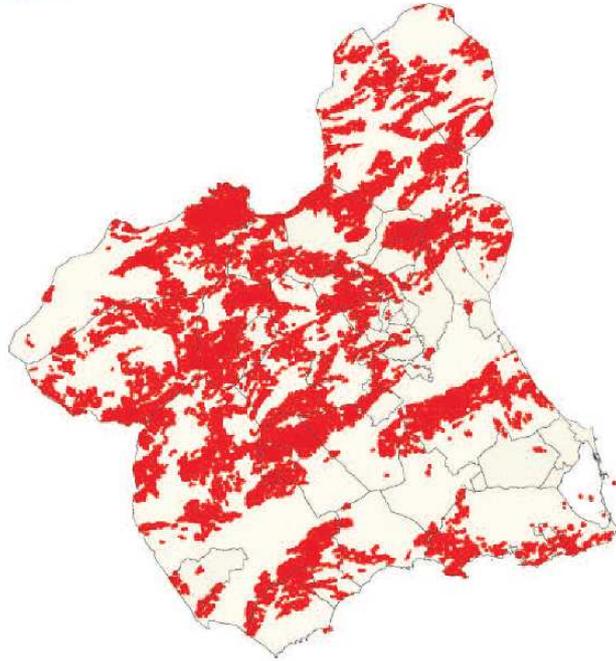
Distribución: Se trata de un hábitat ampliamente extendido en la Región de Murcia, desde el nivel del mar hasta los 1.100-1.200 metros de altitud en las solanas de algunas montañas, presentando una distribución algo más baja en las umbrías.

Estado de conservación y tendencias evolutivas observadas en la Región de Murcia: Etapa de degradación intermedia en muy diversas series de vegetación, que en pinares de repoblación cerrados puede formar un pasto alto y continuo que dificulta la instalación de otras plantas; sin embargo en ribazos entre cultivos puede tener un importante papel en la sujeción del suelo.

Funciones ambientales: Además de su papel de protector del suelo, estos pastizales al albergar numerosas plantas bulbosas constituyen una interesante fuente de alimento para el mantenimiento de la fauna de mamíferos y aves.

Indicadores del estado de conservación: La extensión de las manchas, la densidad de cobertura por parte de las plantas perennes integrantes, principalmente de *Brachypodium retusum*, así como la vitalidad y estado sanitario de los ejemplares constituyen el centro de atención a la hora de evaluar el estado de conservación de esta comunidad.

Figura 10. Mapa de distribución del asociación 52207B en la Región de Murcia



FUENTE: Manual de interpretación de los Hábitats Naturales de la Región de Murcia
(Dirección General de Medio Natural, 2008).

Este hábitat forma comunidades de pastizales entre matorrales, bajo formaciones de pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.).

Figura 11. Rodales de *Brachypodium retusum* bajo pinar



FUENTE: López, sin fecha

El pino carrasco (*Pinus halepensis*) es una conífera que puede alcanzar hasta 20 metros de altura, de copa irregular y poco densa. La corteza es de color gris ceniza con muchos surcos de color pardo gris a pardo rojizo.

Figura 12. *Pinus halepensis*



FUENTE: Elaboración propia

La siguiente información ha sido extraída del artículo *Pino carrasco o Alepo. Pinus halepensis [Pinaceae]*. (Sin fecha).

Las hojas son acículas que aparecen en grupos de dos, de entre 6 y 15 cm de largo y de color verdiclaro.

Las flores están dispuestas en pequeñas piñas, y las femeninas se hacen leñosas al madurar formándose las conocidas "piñas", que son los falsos frutos del árbol. Florece de marzo a mayo, incluso en febrero. Dentro de las piñas se encuentran las semillas aladas que se esparcen cuando la piña madura y se abre. Las piñas están maduras al final del segundo verano.

Es un árbol muy resistente a la sequía (por encima de 250 mm ya vive perfectamente) y su hábitat se sitúa entre el nivel del mar y los 1.300 m. Forma poco humus y es muy inflamable. Posee un gran poder colonizador. Es un árbol que está completamente extendido por toda la Región, aunque los mejores ejemplares autóctonos se encuentran en las sierras del Noroeste. Hay

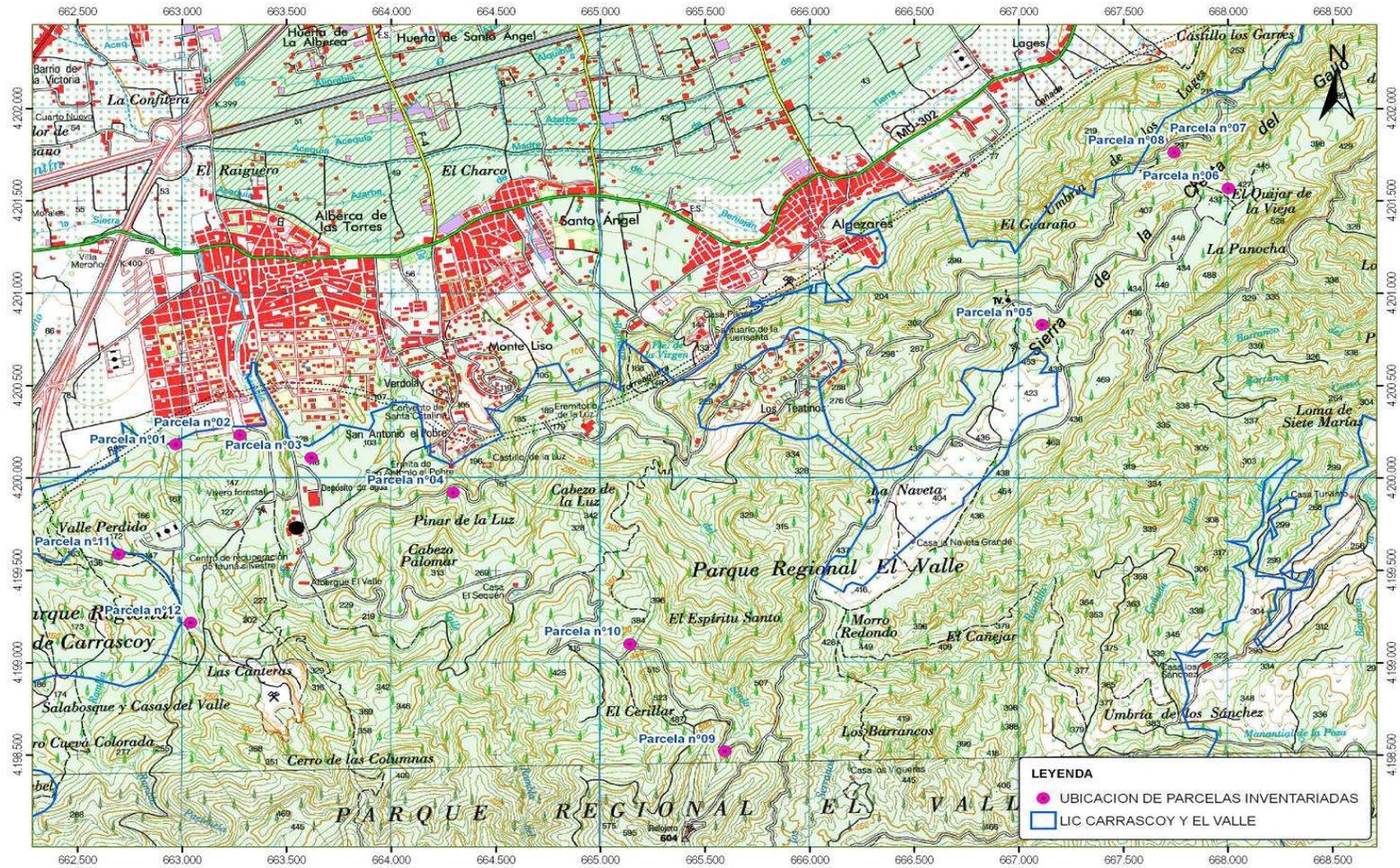
que señalar que en los campos de Cagitán, en Mula, se encuentra el ejemplar de esta especie cuyo tronco es el más grueso del mundo con un perímetro aproximado de 6,25 metros.

Se trata de un árbol que proporciona madera de baja calidad por lo que su uso se ha limitado a la obtención de leña y resina, cuando han hecho falta estos productos. También se ha utilizado, tradicionalmente, en medicina popular.

Se ha seleccionado la comunidad vegetal del lastón debido a que su conservación se considera prioritaria a nivel europeo por la Directiva Hábitat, a pesar de ser un hábitat muy extendido en la Región de Murcia. De hecho, su amplia distribución en Murcia favorece un mejor conocimiento de las especies vegetales que la conforman, facilitando la reproducción del hábitat en caso de producirse daños e impactos sobre el mismo.

Así, para desarrollar la experiencia piloto se han analizado 12 parcelas de 400 m² ubicadas en el Parque Regional El Valle y Carrascoy (Figura 13) en las que coexisten de manera natural comunidades vegetales del hábitat 6220* con ejemplares de pino carrasco.

Figura 13. Ubicación de las parcelas inventariadas



FUENTE: Elaboración propia

4.2. ESTIMACIÓN DE LA VALORACIÓN DE CRÉDITOS

En este apartado se realiza una estimación del precio de los créditos de conservación y de carbono dentro de la experiencia piloto en las parcelas analizadas.

La realización de medidas selvícolas sobre los hábitat y masas forestales llevan incluido un 10% de IVA, tal como marca la legislación vigente.

4.2.1. Estimación del valor del crédito de conservación

Un crédito de conservación en el ámbito del presente trabajo representa un metro cuadrado de hábitat 6220* conservado.

La estimación de la valoración de los créditos de conservación en el hábitat se realiza teniendo en cuenta las especies que constituyen dicho hábitat en la Región de Murcia, así como el método por el cual se procede a la creación del banco de conservación (Tabla 2).

Tabla 2. Especies vegetales del hábitat 6220* y método para la creación del banco

Especies vegetales	Método para la creación de banco
<i>Brachypodium retusum</i>	Siembra
<i>Dactylis hispanica</i>	Siembra
<i>Helictotrichon filifolium</i>	Siembra
<i>Avenula murcica</i>	Siembra
<i>Avenula cromoides</i>	Siembra

Especies vegetales	Método para la creación de banco
<i>Asphodelus cerasiferus</i>	Plantación
<i>Gladiolus illyricus</i>	Plantación
<i>Ophrys lutea</i>	Plantación
<i>Phlomis lychnitis</i>	Plantación
<i>Ruta angustifolia</i>	Plantación
<i>Teucrium pseudochamaepitys</i>	Plantación
<i>Allium melananthum</i>	Plantación
<i>Galium murcicum</i>	Plantación
<i>Stipa offneri</i>	Plantación

FUENTE: Elaboración propia

Las especies que se siembran en el terreno deben tener una densidad superior a la de las especies que se incorporan por plantación. Así se ha considerado que se debería realizar una siembra de 10 kg/ha de semillas y una plantación de un total de 900 pies/ha al terreno.

En el análisis de la estimación del coste del crédito de conservación se ha tenido en cuenta:

- Preparación del terreno y ahoyado
- Transporte desde vivero
- Siembra
- Plantación
- Riego
- Binas, escardas y aporcados
- Costes indirectos

Una vez analizados estos costes, se obtiene que el valor del crédito de conservación en el ámbito de la experiencia piloto es de 4.149,99 €/ha; por lo

tanto, considerando que un crédito de conservación equivale a un metro cuadrado de hábitat conservado, el crédito costará 0,37 €.



Los créditos obtenidos se podrán destinar a los Bancos de conservación de la naturaleza recogidos en la Disposición adicional octava de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental (BOE nº 296 de 11 de diciembre de 2013).

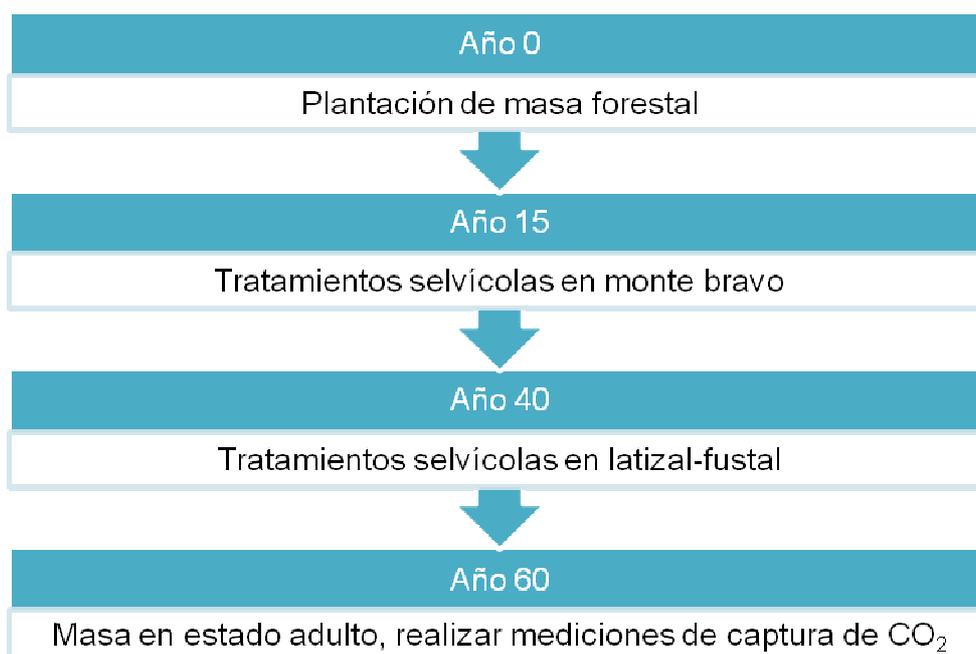
4.2.2. Estimación de la valoración de créditos de carbono

Un crédito de carbono en el ámbito del presente trabajo representa una tonelada de CO₂ absorbida por la masa de pinar.

La estimación del precio de un crédito de carbono se realiza en función de la cantidad de CO₂ que absorba la masa forestal y del coste necesario para desarrollar el banco y conseguir que alcance un estado de madurez tal en el que se produzca la máxima captura de CO₂.

El proceso a desarrollar para la consecución del banco de carbono se muestra en la figura 14.

Figura 14. Procedimiento para desarrollar un banco de carbono



FUENTE: Elaboración propia

La densidad de plantación habitual en actuaciones de reforestación suele ser de 1.000 pies/ha, sin embargo, para poder compatibilizar la masa forestal con las comunidades vegetales del hábitat 6220*, se estima una plantación de 750 pies/ha de *Pinus halepensis*, con objeto principalmente de evitar el sombreado que los pinos adultos puedan producir sobre las especies vegetales de menor porte.

El coste total del desarrollo del banco forestal de pino carrasco incluye la plantación de 750 pies/ha de *Pinus halapensis* y los tratamientos selvícolas necesarios para una mejor gestión forestal que se realizan transcurridos 15 años desde la plantación y se repiten 25 años después (año 40 desde la plantación).

En la experiencia planteada, el coste total del desarrollo del banco de carbono asciende a 5.141,50 €/ha.

Para la estimación de la cantidad de carbono secuestrado por las masas forestales de *Pinus halepensis* de la Región de Murcia se ha realizado en primer lugar una inventariación forestal. Se trata de una herramienta fundamental en todo proyecto que afecte a los recursos forestales de un territorio, cualquiera que sea la escala de trabajo, aportando los datos básicos para su correcta gestión y organización de trabajos.

Para la obtención de los datos necesarios se ha realizado un estudio dasométrico (o inventarial) de la zona seleccionada en la experiencia piloto.

De la totalidad de datos recogidos en el estudio dasométrico de la masa mostrados en la tabla 3 (densidad de la masa, altura media, altura al primer verticilo, diámetro de copa, diámetro normal y la distancia mínima entre pies), sólo se han requerido para este estudio el diámetro normal (cm) y la densidad de pies por parcela.

Tabla 3. Resumen de datos medios por parcelas inventariadas

Parcela	Densidad Pies/400 m ²	Densidad (pies/ha)	Diámetro normal (cm)	Altura primer verticilo (m)	Altura total (m)	Diámetro copa (m)	Distancia mínima pies (m)
1	29	725	17,8	3,3	10,2	4,9	3,2
2	29	725	17,2	3,6	10,3	4,9	2,7
3	21	525	19,1	4,1	11,2	5,3	3,4
4	24	600	14,9	2,1	8,3	4,3	3,3
5	35	875	15,1	2,8	8,8	3,8	2,4
6	77	1925	13,0	3,3	8,2	2,6	2,1
7	39	975	11,5	2,1	8,4	4,5	2,0
8	37	925	13,1	2,7	9,8	5,7	3,8
9	25	625	18,6	4,3	10,9	4,6	3,5
10	45	1125	14,7	2,1	9,1	4,6	2,9
11	32	800	15,3	2,7	10,2	4,9	3,3
12	29	725	13,9	2,5	6,6	3,8	2,6
MEDIA	35	879,2	14,8	3,0	9,3	4,5	2,9

FUENTE: Elaboración propia

Una vez recogidos los datos, se procede a calcular la fracción de biomasa seca total o de algunas fracciones del árbol, medida en kilogramos, en relación con el diámetro normal, medido en centímetros.

La ecuación utilizada para obtener los valores de biomasa (en kg de materia seca) es la siguiente (Montero, Ruiz-Peinado y Muñoz, 2005):

$$B = CF \cdot A \cdot d^b$$

Dónde:

B: biomasa (kg de materia seca)

CF: factor de corrección; $CF = e^{-\frac{SEE^2}{2}}$

$A = e^{a \cdot d}$

d: diámetro normal del árbol

a y b: parámetros de la función

SEE: error estándar de la estimación (para cada especie y fracción de biomasa)

Aplicando la ecuación anterior a los datos obtenidos con el estudio dasométrico, se obtienen los siguientes resultados (tabla 4):

Tabla 4. Valores medios de biomasa (kg de materia seca) por parcela

Parcela	Diámetro medio por parcela (cm)	BT	BF	BR ₇	BR ₂₋₇	BR ₂	Br
1	17,82	77,66	40,87	4,30	8,55	24,35	22,65
2	17,16	73,37	38,62	4,16	8,08	23,02	21,40
3	19,10	97,01	50,51	6,73	10,88	29,67	28,67
4	14,94	76,29	39,56	5,91	8,62	23,12	22,67
5	15,07	55,24	29,36	2,56	5,98	17,73	15,92
6	13,05	40,64	21,80	1,61	4,33	13,33	11,59
7	11,54	39,71	21,04	2,27	4,33	12,66	11,51
8	13,14	60,49	31,48	4,69	6,80	18,50	17,90
9	18,64	97,79	50,77	7,34	11,02	29,71	29,00
10	14,66	57,01	30,14	3,05	6,23	18,07	16,55
11	15,28	63,03	33,15	3,87	6,96	19,75	18,41
12	13,95	45,76	24,50	1,84	4,90	14,93	13,08
Media	15,36	65,33	34,32	4,03	7,22	20,40	19,11

FUENTE: Elaboración propia

Leyenda de símbolos usados en la tabla, expresados en kg de materia seca:

BT: biomasa aérea total del árbol

BF: biomasa del fuste

BR₇: biomasa de las ramas de diámetro mayor de 7 cm

BR₂₋₇: biomasa de las ramas de diámetro entre 2 y 7 cm

BR₂: biomasa de las ramas de diámetro menor de 2 cm

Br: biomasa de la raíz

A continuación, en la tabla 5, se muestran los valores de biomasa seca en toneladas por hectárea.

Tabla 5. Valores de biomasa en tn/ha

Parcela	Densidad (pies/ha)	Diámetro medio por parcela (cm)	BT	BF	BR ₇	BR ₂₋₇	BR ₂	Br
1	725	17,82	56,30	29,63	3,12	6,20	17,65	16,42
2	725	17,16	53,19	28,00	3,01	5,86	16,69	15,52
3	525	19,10	50,93	26,52	3,53	5,71	15,57	15,05
4	600	14,94	45,77	23,74	3,55	5,17	13,87	13,60
5	875	15,07	48,33	25,69	2,24	5,23	15,51	13,93
6	1925	13,05	78,23	41,97	3,10	8,34	25,66	22,31
7	975	11,54	38,72	20,51	2,21	4,23	12,34	11,22
8	925	13,14	55,96	29,12	4,34	6,29	17,11	16,56
9	625	18,64	61,12	31,73	4,59	6,89	18,57	18,13
10	1125	14,66	64,14	33,91	3,43	7,01	20,33	18,62
11	800	15,28	50,43	26,52	3,09	5,56	15,80	14,73
12	725	13,95	33,18	17,76	1,34	3,55	10,82	9,48

FUENTE: Elaboración propia

A partir de la cuantificación de biomasa seca de una especie arbórea es posible calcular la cantidad de dióxido de carbono que almacena. Según Kollmann (1959) (citado en Montero et al., 2005) la composición de madera es similar en las distintas especies leñosas, así como también dentro de un mismo árbol, en sus diversas partes, tronco y ramas. Utilizando los datos sobre porcentaje de carbono en la madera que ofrece el CREAM (Centro de Reserva Ecológica y Aplicaciones Forestales) (Ibáñez et al., 2001) (citado en Montero et al., 2005) se obtiene el peso de carbono acumulado en cada especie forestal.

En el caso del *Pinus halepensis* Mill. la composición de carbono acumulado es del 49,9%.

Es necesario tener en cuenta que los suelos secuestran carbono desde la atmósfera, en forma orgánica por la descomposición de la vegetación y acumulación de materia orgánica, y en forma inorgánica a partir del material edafológico parental, es decir, existe una fuerte influencia de la vegetación sobre el stock de carbono edáfico. Varios estudios, como el Gallardo (2003) han descrito que el almacenamiento de carbono orgánico en el suelo está estrechamente relacionado con las propiedades dasométricas de la vegetación.

El resultado total de captura de CO₂ por una masa forestal es, por consiguiente, la suma del volumen de CO₂ capturado por la biomasa aérea, por las raíces y por el suelo.

Debido a la carencia de medios analíticos, no ha sido posible obtener el valor real de captura de CO₂ en el perfil del suelo. Para poder considerarlo, se ha recurrido a una comunicación directa con la Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes, perteneciente a la Universidad de Córdoba, que ha confirmado que el carbono orgánico incorporado al suelo puede llegar suponer hasta el 85% del total del ecosistema. A partir de este dato, se ha considerado como hipótesis de trabajo que la captura de CO₂ por el perfil del suelo en la experiencia piloto sea el doble a la cantidad que absorbe la biomasa aérea.

Por último, la cuantificación del dióxido de carbono acumulado en cada fracción de biomasa se ha calculado a través de la relación existente entre el peso total de la molécula de CO₂ (44) y el peso del átomo de carbono (12), lo que equivale decir que por cada kg de carbono acumulado en la biomasa seca del árbol, éste ha capturado 3,67 kg de CO₂.

De este modo, multiplicando los valores de biomasa por el contenido en carbono y por la relación molécula de CO₂-peso átomo C se obtienen los valores de CO₂ acumulado para la especie en cuestión, el pino carrasco.

Estos resultados de captura de CO₂ se muestran a continuación, en la tabla 6:

Tabla 6. Estimación de carbono en la masa de *Pinus halepensis* analizada

Parcela	Diámetro medio por parcela (cm)	Ca	Cr	Cs	CT	De C a CO ₂
1	17,82	28,10	8,20	56,30	92,67	340,09
2	17,16	26,54	7,74	53,19	87,55	321,31
3	19,10	25,41	7,51	50,93	83,92	307,99
4	14,94	22,84	6,79	45,77	75,46	276,94
5	15,07	24,12	6,95	48,33	79,46	291,63
6	13,05	39,04	11,13	78,23	128,50	471,58
7	11,54	19,32	5,60	38,72	63,69	233,74
8	13,14	27,92	8,26	55,96	92,21	338,42
9	18,64	30,50	9,05	61,12	100,74	369,71
10	14,66	32,01	9,29	64,14	105,52	387,27
11	15,28	25,16	7,35	50,43	83,00	304,63
12	13,95	16,56	4,73	33,18	54,51	200,05
Media	15,36	26,46	7,72	53,02	87,27	320,28

FUENTE: Elaboración propia

Leyenda de símbolos usados en la tabla 6, expresados en tn/ha:

Ca: carbono capturado por la biomasa aérea total del árbol

Cr: carbono capturado por la biomasa de la raíz

Cs: carbono capturado por el perfil del suelo

CT: carbono total capturado; CT= Ca+Cr+Cs

Para el desarrollo del análisis de la cantidad de carbono secuestrado por las masas de pino carrasco existentes en el Parque Regional El Valle y Carrascoy, hay que considerar que dichas masas proceden de repoblaciones realizadas hace aproximadamente 60 años, por lo que se encuentran en la actualidad en un estado de maduración avanzada, y por lo tanto, de gran captura de CO₂.

Analizando los resultados obtenidos, se estima que la cantidad de CO₂ secuestrado por las masas de pino carrasco procedentes de repoblación, con una edad de 60 años, es de 320,28 tn de CO₂/ha.

Una vez obtenida la cantidad de CO₂ que secuestra la masa forestal y el coste de poner en un funcionamiento dicha masa forestal, es posible estimar el precio del crédito de carbono para la experiencia planteada.

Coste de desarrollo de banco de carbono	5.494,99 €/ha
Cantidad de CO ₂ absorbida por la masa	320,28 tn/ha

Por tanto, considerando que un crédito de carbono equivale a una tonelada de CO₂ absorbida por la masa de pinar, el crédito costará 17,15 €.



Los créditos obtenidos se podrán destinar al Registro de huella de carbono y proyectos de absorción contemplado en el artículo 1 del Borrador de Proyecto de Real Decreto por el que se crea el registro único del sistema voluntario de cálculo de la huella de carbono, su reducción y compensación por absorción de dióxido de carbono.

5. CONCLUSIONES

Las herramientas de compensación de daños ambientales están adquiriendo cada día más relevancia a nivel mundial, pues permiten revalorizar terrenos complementando sus usos y funciones, tanto en la conservación de la biodiversidad como en el secuestro de carbono.

Los bancos de conservación ofrecen una solución eficiente a los impactos negativos generados en el medio ambiente, cumpliendo con la jerarquía de mitigación y haciendo partícipe al sector privado de la conservación; además de contribuir a la implementación de los objetivos establecidos a nivel europeo como las Directivas Hábitats y Aves.

La filosofía con la que se plantean los bancos de conservación permite desarrollar proyectos más viables, económicos y duraderos de compensación ambiental que los que se llevan a cabo actualmente.

El desarrollo de proyectos de captación de carbono permite integrar las actividades de uso de la tierra, cambios del uso de la tierra y silvicultura (LULUCF) en las políticas de reducción de emisiones y lucha contra el cambio climático. Además incentivan la compensación voluntaria de huella de carbono y promoción de un cambio en la cultura empresarial que permita avanzar hacia una economía baja en carbono, comprometida en la lucha contra el cambio climático.

Además, la gestión de los bosques por parte del ser humano a través de actuaciones de gestión forestal es beneficiosa para el secuestro de CO₂ atmosférico, reconociendo así la labor de los gestores y la importancia de los bosques en el contexto de la lucha contra el cambio climático (LIFE co2 pa-31)

El valor de los créditos de carbono obtenidos mediante sumideros es mayor que el precio que se consigue con el desarrollo de otras metodologías, sin embargo éstos reportan numerosos beneficios adicionales tanto medioambientales como socioeconómicos, entre los que se destacan reserva

de biodiversidad, disminución de la erosión, fomento de actividades de naturaleza, etc.

El desarrollo conjunto de bancos de conservación y sumideros de carbono permite una actuación integrada y multidisciplinar de las herramientas de conservación, aportando beneficios a nivel administrativo, empresarial y social.

La implementación de este tipo de proyectos conseguiría contribuir de forma importante a disminuir los efectos de cambio climático a la vez que se alcanzarán metas internacionales de protección y conservación de los ecosistemas y el medio natural.

Limitaciones encontradas:

Para poder llevar a cabo desarrollo completo y funcional de las herramientas de compensación de daños se encuentra la falta de un marco regulatorio bien definido, así como de mecanismos de control que regulen y vigilen los cumplimientos de compensación establecidos.

En el caso concreto de los bancos de conservación, el precio de los créditos obtenidos por los proyectos puede estar sujeto a fluctuaciones, como consecuencia de la economía ligada a otros usos alternativos del suelo, como la agricultura.

Referente a la venta de créditos de carbono, actualmente ésta se suele realizar, o pactar, antes de que se produzca la absorción real de carbono por la masa forestal, cuando aún se encuentra en un estadio inicial de desarrollo del proyecto. De esta manera podría suceder que cuando la masa forestal capture las toneladas vendidas *a priori* el precio en el mercado podría haber sufrido variaciones. Para solventar esta limitación del banco sería interesante realizar una actualización del precio del crédito al momento en que se produzca la venta y/o realizarla *a posteriori*, es decir, cuando los créditos ya hayan sido absorbidos.

6. BIBLIOGRAFÍA

Libros, monografías y artículos

Cavallucci, O. (2009). *El Esquema Europeo de Compra-Venta de Derechos de Emisión (EU-ETS) y la Iniciativa Yasuní-ITT*. Quito.

Comisión Europea (2008). *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad*. Luxemburgo: Oficina de las Publicaciones Oficiales de la Unión Europea.

Comisión Europea (2011). *Estrategia de la UE sobre la biodiversidad hasta 2020*. Luxemburgo: Oficina de las Publicaciones Oficiales de la Unión Europea.

De la Calle, M.A., Cisneros, E., Gómez, L., Lázaro, A. (2013). Bancos de hábitats, ¿la respuesta para la conservación de la biodiversidad?. *Ecosostenible*, 45-62.

Del Álamo, C. y Rábade, J. (2010). Montes, servicios ambientales y mecanismos de mercado. Madrid: CONAMA 2010.

Del Álamo, J.C. (2007). Bosques y Cambio Climático: La función de los bosques como sumideros de carbono y su contribución al cumplimiento del Protocolo de Kioto por parte de España. Foro de Bosques y Cambio Climático. Madrid.

Dirección General del Medio Natural. Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio. Región de Murcia. (2008). Manual de Interpretación de los Hábitats Naturales y Seminaturales de la Región de Murcia. Región de Murcia.

EUROPARC- España (2010). Mecanismos financieros innovadores para la conservación de la biodiversidad. Madrid: Fungobe.

FAO (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Principales resultados. Roma.

Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP). (2011). *Los sumideros de carbono a nivel local*. Red Española de Ciudades por el Clima.

Gallardo, A. 2003. Spatial variability of soil properties in a floodplain forest in northwest Spain. *Ecosystems* 6:564–576.

Linares, P. y Romero, C. (2008). Economía y Medio Ambiente: Herramientas de valoración ambiental. En F. Becker, L. Cazorla, & J. Martínez-Simancas, *Tratado de Tributación Medioambiental* (págs. 1189-1225). Madrid: Aranzadi, Cizur Menor.

Martín-López, B. (2012). Evaluación del estado de la Biodiversidad en España y su papel como suministradora de servicios. En F. Biodiversidad, *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*.

Montero, G., Ruiz-Peinado, R. y Muñoz, M. (2005). Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. En *Monografías INIA: Series Forestal*. Madrid.

NRC (División de Medio Ambiente, Cambio Climático y Energía) (2010). Mercados de carbono: Qué tipos existen y cómo funcionan. En FAO, *Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor* (pp. 5-11). Roma: Working Paper.

PNMUA (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2005). *La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono*. Ed. Cambridge University Press.

Rábade, J., Castellano, E., Lorente, I., Cabrerizo, M., Martín, C. y Picazo, I. (2008). Hacia la creación de Bancos de Hábitats en España. *Ecosostenible*, 31-40.

Samayoa, S. (2011). *Guía de orientaciones. Mercado de carbono, oportunidades para proyectos de pequeña escala*. (2ª edición) Honduras: Comunica. 2011.

Sociedad Española de las Ciencias Forestales. (2005). *Diccionario Forestal*. Obtenido de Sociedad Española de las Ciencias Forestales.

World Wide Fund for Nature. (2012). *Informe Planeta Vivo*. Gland, Suiza.

Documentos en la web

Álvarez, D. y González, I. (Noviembre de 2012). EC@CSA - Reserva de Biodiversidad. Recuperado el 15 de Julio de 2013, de http://www.mercadosdemedioambiente.com/biblioteca/bancos-biodiversidad/100_bancos-de-habitat/

Blanco, M. (Abril de 2012). Escuela de Organización Industrial. Recuperado el 15 de Julio de 2013, de <http://www.eoi.es/blogs/mariablanca/bancos-de-habitats-una-oportunidad-para-la-biodiversidad-una-oportunidad-para-avanzar-hacia-un-desarrollo-economico-sostenible/>

Bonos de carbono (Sin fecha). Extraído el 27 de mayo de 2013, de <http://www.codigor.com.ar/bonosdecarbono.htm>

Bonos de carbono. Sustentabilidad (Sin fecha). Extraído el 28 de noviembre de 2013, de <http://www.prochile.gob.cl/sustentabilidad/bonos-de-carbono/>

Cisneros, E., Gómez, L. y Lázaro, A. (31 de Enero de 2013). Escuela de Organización Industrial. Recuperado el 20 de Septiembre de 2013, de <http://www.eoi.es/>

Economía del carbono (Sin fecha) . Extraído el 28 de noviembre de 2013, de http://www.uach.cl/procarbono/economia_del_carbono.html

Estrategia de biodiversidad de la UE para 2020 (Sin fecha). Extraído el 30 de noviembre de 2013, de http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-la-biodiversidad/conservacion-de-la-biodiversidad-en-la-union-europea/cb_ue_estrategia_bio_UE_2020.aspx

López, J.A. (sin fecha). LASTÓN. *Brachypodium retusum* [Graminae (=Poaceae)]. Extraído el 23 de noviembre de 2013, de <http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,1050&r=ReP-27525->

DETALLE REPORTAJES

Madrigal, J., García, J., Cartagena, P. y Durán, J.L. (2012) *El Banco de Biodiversidad de la Región de Murcia (BdBio-RM): Un instrumento económico de mercado para la política de conservación de la naturaleza*. Madrid: CONAMA 2012. Extraído el 10 de septiembre de 2013, de <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/CT%202010/1896707665.pdf>

Más, P., Zubelzu, S., Gómez, E. y De Juanes, A. (2012) *La reforestación, gestión del territorio como sumideros de CO2 y una estrategia de compensación de emisiones social y ambientalmente responsable*. Madrid: CONAMA 2012. Extraído el 10 de septiembre de 2013, de <http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama11/CT%202010/1896707448.pdf>

Mercado de carbono. Ideas básicas (2013). Extraído el 11 de noviembre de 2013, de <http://www.iicsustainabilityweek.org/site/wp-content/uploads/2010/08/Sesion4.pdf>

OMM (Organización Meteorológica Mundial) (Sin fecha). Comunicado de prensa nº 965. Extraído el 04 de diciembre de 2013, de http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_965_es.html

Pino carrasco o Aleppo. *Pinus halepensis* [Pinaceae]. (Sin fecha). Extraído el 23 de noviembre de 2013, de <http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,1050&r=ReP-5165->

DETALLE REPORTAJES

RSCO₂ (Sin fecha). Extraído el 28 de noviembre de 2013, de <http://www.rsc02.es/calculadora/preguntas.htm>

Ruano, R (2012). *Crédito de CO₂. Mercado. 1ª parte*. Ingeniería Energética General. Extraído el 20 de noviembre de 2013, de http://www.energianow.com/Articulos/Credito_de_CO2.pdf

Stop CO₂ Euskadi. (Sin fecha). Resumen del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Extraído el 29 de noviembre de 2013, de http://www.stopco2euskadi.net/documentos/Protocolo_Kyoto.pdf

Sumideros de carbono (Sin fecha). Extraído el 11 de noviembre de 2013, de <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/>

ANEXOS

**ANEXO Nº 1. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LAS ACTUACIONES
EXPERIMENTALES A DESARROLLAR PARA LA CONSECUCCIÓN DE
CRÉDITOS DE CARBONO Y CRÉDITOS DE CONSERVACIÓN**

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CAPÍTULO 01 ESTIMACION BANCO DE CARBONO EXPERIMENTAL

SUBCAPÍTULO 01.01 PLANTACIÓN DE 1 HA DE BOSQUE (AÑO:0)

COD.		DESCRIPCIÓN	UND.	PARCIALES	CANT.	PRECIO	IMPORTE
PLANTAC1	ud	Ahoyado mecanizado con mini-retro					
		Ud. compuesta por el ahoyado o apertura mecanizada de hoyo para plantación realizado en terreno duro con roca abundante, con forma de cubeta tronco-cónica, en zonas con pendientes de hasta el 30%. Unidad completamente ejecutada. Se incluyen p.p. de costes indirectos			750	0,73 €	547,50 €
TRANS1	ud	Transporte a tajo de planta desde vivero					
		Ud. compuesta por el transporte de la planta en condiciones adecuadas para su traslado, desde el vivero de adquisición hasta la zona de repoblación. Plantación	1	1	1	104,00 €	104,00 €
DISTR1	ud	Distribución planta bandeja 250 cm ³ , distancia <=500 m					
		Ud. compuesta por el reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de planta en bandeja con envase termoformado o rígido con capacidad <= 250 cm ³ empleada en los distintos métodos de plantación, en terreno con pendiente superior al 50%.			750	0,06 €	45,00 €
PLANTA	ud	Plantación bandeja 250 cm ³ , en hoyos, suelo tránsito					
		Ud. compuesta por la plantación y tapado manual de una planta en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad aproximada de 250 cm ³ , en hoyos previamente preparados de modo manual o mecanizado, o sobre líneas de subsolado, en suelos tipo tránsito. Se incluye presentación de la planta en el hoyo, relleno del hoyo después de la presentación de la planta y apisonado del fondo del hoyo, en su caso, para evitar asentamientos de la planta, relleno lateral con tierra adecuada y apisonado moderado. No se incluye el precio de la planta, el transporte, ni la distribución de la misma en el tajo. En terreno con pendiente variable, incluyendo pendientes hasta el 35%.			750	0,50 €	375,00 €
ALCOR1	ud	Realización de rebalseta o alcorque de tierra					
		Ud. compuesta por la realización de rebalseta o alcorque alrededor de la planta, para incrementar la recogida del agua. La dimensión del alcorque debe ser aproximadamente de 40x40 cm en planta, con una profundidad tal que permita el riego posterior de la planta con una dosis de riego de 10 litros/planta e incluso permitir un resguardo para evitar que el agua salte y erosione los taludes del alcorque. La tierra que forme parte del alcorque deberá ser compactada suficientemente, de modo que resulte un alcorque estable en el tiempo y evite la salida de agua a través de su cuerpo. Se fomentará la entrada de agua de escorrentía. Se incluyen los costes indirectos.			750	0,51 €	382,50 €
PHALEP	ud	Adquisición de 1 planta de <i>Pinus halepensis</i>					
		Adquisición de planta de <i>Pinus halepensis</i> de 1 savia en contenedor 300 cc.			750	0,47 €	352,50 €
RIEGO	ud	Riego plantas forestales con cisterna					
		Ud. compuesta por el riego de 1 pies de matorral o árbol procedente de repoblaciones previas mediante el uso de remolque cisterna de 10.000 l. de capacidad, arrastrado por tractor de ruedas neumáticas de 101-130 CV de potencia nominal, siendo la dosis de riego de 10 l/pie. Se considera el punto de abastecimiento de agua a una distancia máxima de 10 km. Se incluyen los costes indirectos y las mangueras necesarias para realizar el riego hasta una distancia de 150 m desde la camino.					

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

			750	0,69 €	517,50 €
BINA	ud	Binas, escardas y aporcados			
<p>Ud. compuesta por el aporte de capa fina de tierra seca en hoyo tras la ejecución del riego para reducir la evaporación del agua aportada. Se incluyen los costes indirectos.</p>					
			750	0,29 €	217,50 €
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.01 PLANTACIÓN DE 1 HA DE BOSQUE (AÑO:0)					2.541,50 €

SUBCAPÍTULO 01.02 TRATAMIENTOS SELVICOLAS EN MASAS EN MONTE BRAVO (AÑO:15)

COD.	DESCRIPCIÓN	UND.	PARCIALES	CANT.	PRECIO	IMPORTE
CORTA	ha	Clareos/claras intensidad alta, dens. inicial 750 pies/ha				
<p>Ud. compuesta por la ejecución de 1 ha de claras/clareos de intensidad baja en de masas forestales de coníferas de densidad inicial media de 750 pies/ha de media, para cualquier tipo de terreno. Se aplicarán claras según criterio de optimización de secuestro de carbono, con intensidad de claro tal que la densidad final sea de 600 pies/ha. No se incluye la recogida y saca de residuos. Selvicultura secuestro de carbono.</p>						
		1	1	1	267,07 €	267,07 €
PODA	ha	Poda intensidad 1/3, densidad de 650 pies/ha				
<p>Ud. compuesta por la poda de 650 pies/ha en masas forestales de coníferas. La poda se ejecutará sobre la superficie sometida a clareos, con intensidad de poda 1/3 de la altura total. No se incluye la recogida y saca de residuos de poda a claros. Selvicultura secuestro de carbono.</p>						
		1	1	1	178,10 €	178,10 €
APILAR	ha	Recogida y apilado residuos de podas y clareos/claras en masa				
<p>Ud. compuesta por la recogida, saca a pie de pista y apilado de residuos de claras/clareos con densidad inicial de 750 pies/ha y densidad final de 650 pies/ha. Se incluyen los restos de poda de los 650 pies/ha. Se incluyen los costes indirectos. Selvicultura secuestro de carbono.</p>						
		1	1	1	251,06 €	251,06 €
ASTILLAR	ha	Eliminación mecanizada de residuos de claro y poda				
<p>Ud. compuesta por la eliminación de residuos procedentes de operaciones selvícolas mediante astillado, con un volumen aproximado de restos <25 tn/ha, en terreno de cualquier condición y pendiente <35%, i/extendido de las astillas en capas de 5 cm de espesor máximo, medida la superficie origen de los residuos. Las zonas totalmente inaccesibles serán tronzadas cada 40-50 cm La madera de grandes dimensiones será extraída del monte. Selvicultura secuestro de carbono.</p>						
		1	1	1	530,40 €	530,40 €
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.02 TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS EN MASAS EN MONTE BRAVO (AÑO:15)					1.226,63 €	

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

SUBCAPÍTULO 01.03 TRATAMIENTOS SELVICOLAS EN MASAS EN LATIZAL-FUSTAL (AÑO:40)

COD.	DESCRIPCIÓN	UND.	PARCIALES	CANT.	PRECIO	IMPORTE
CORTA	ha Clareos/claras intensidad alta, densidad inicial 750 pies/ha					
	Ud. compuesta por la ejecución de 1 ha de claras/clareos de intensidad baja en de masas forestales de coníferas de densidad inicial media de 750 pies/ha de media, para cualquier tipo de terreno. Se aplicarán claras según criterio de optimización de secuestro de carbono, con intensidad de clareo tal que la densidad final sea de 600 pies/ha. No se incluye la recogida y saca de residuos. Selvicultura secuestro de carbono.	1	1	1	267,07 €	267,07 €
PODA	ha Poda intensidad 1/3, densidad de 650 pies/ha					
	Ud. compuesta por la poda de 650 pies/ha en masas forestales de coníferas. La poda se ejecutará sobre la superficie sometida a clareos, con intensidad de poda 1/3 de la altura total. No se incluye la recogida y saca de residuos de poda a claros. Selvicultura secuestro de carbono.	1	1	1	178,10 €	178,10 €
APILAR	ha Recogida y apilado residuos de podas y clareos/claras en masa					
	Ud. compuesta por la recogida, saca a pie de pista y apilado de residuos de claras/clareos con densidad inicial de 750 pies/ha y densidad final de 650 pies/ha. Se incluyen los restos de poda de los 650 pies/ha. Se incluyen los costes indirectos. Selvicultura secuestro de carbono.	1	1	1	251,06 €	251,06 €
ASTILLAR	ha Eliminación mecanizada de residuos de clareo y poda					
	Ud. compuesta por la eliminación de residuos procedentes de operaciones selvícolas mediante astillado, con un volumen aproximado de restos <25 tn/ha, en terreno de cualquier condición y pendiente <35%, i/extendido de las astillas en capas de 5 cm de espesor máximo, medida la superficie origen de los residuos. Las zonas totalmente inaccesibles serán tronzadas cada 40-50 cm La madera de grandes dimensiones será extraída del monte. Selvicultura secuestro de carbono.	1	1	1	530,40 €	530,40 €
TOTAL SUBCAPÍTULO 01.03 TRATAMIENTOS SELVICOLAS EN MASAS EN LATIZAL-FUSTAL (AÑO:40)					1.226,63 €	

TOTAL CAPÍTULO 01 ESTIMACION BANCO DE CARBONO EXPERIMENTAL.....4.994,76 €

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CAPÍTULO 02 ESTIMACION BANCO DE HABITAT EXPERIMENTAL

COD.	DESCRIPCIÓN	UND.	LONGITUD	PARCIALES	CANT.	PRECIO	IMPORTE
SIEMBRA	ha Siembra de especies herbáceas indicadoras del hábitat 6220						
	Ud. compuesta por la siembra de las especies indicadoras del hábitat 6220, compuesto principalmente por <i>Brachypodium retusum</i> , <i>Dactylis hispánica</i> , <i>Helictotrichon filifolium</i> , <i>Avenula murcica</i> , <i>Avenula cromoides</i> y otras especies herbáceas cuyo método de propagación antrópica recomendable sea la siembra. Se incluye la preparación del terreno y el enterrado de semillas hasta su correcta profundidad. Se incluyen los costes indirectos. Siembra	1		1	1	712,40 €	712,40 €
PLANTAC1	ud Ahoyado mecanizado con mini-retro						
	Ud. compuesta por el ahoyado o apertura mecanizada de hoyo para plantación realizado en terreno duro con roca abundante, con forma de cubeta tronco-cónica, en zonas con pendientes de hasta el 30%. Con una densidad de hoyos de 475 hoyos/ha. Unidad completamente ejecutada. Se incluyen p.p. de costes indirectos. Ahoyado	1	900	900	900	0,73 €	657,00 €
TRANS1	ud Transporte a tajo de planta desde vivero						
	Ud. compuesta por el reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de planta en bandeja con envase termoformado o rígido con capacidad <= 250 cm ³ empleada en los distintos métodos de plantación, en terreno con pendiente superior al 50%. Plantación	1		1	1	104,00 €	104,00 €
DISTR1	ud Distribución planta bandeja 250 cm³, distancia <=500 m						
	Ud. compuesta por el reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de planta en bandeja con envase termoformado o rígido con capacidad <= 250 cm ³ empleada en los distintos métodos de plantación, en terreno con pendiente superior al 50%. Plantación	1	900	900	900	0,06 €	54,00 €
PLANTA	ud Plantación bandeja 250 cm³, en hoyos, suelo tránsito						
	Ud. compuesta por la plantación y tapado manual de una planta en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad aproximada de 250 cm ³ , en hoyos previamente preparados de modo manual o mecanizado, o sobre líneas de subsolado, en suelos tipo tránsito. Se incluye presentación de la planta en el hoyo, relleno del hoyo después de la presentación de la planta y apisonado del fondo del hoyo, en su caso, para evitar asentamientos de la planta, relleno lateral con tierra adecuada y apisonado moderado. No se incluye el precio de la planta, el transporte, ni la distribución de la misma en	1	900	900	900	0,50 €	450,00 €

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

el tajo. En terreno con pendiente variable, incluyendo pendientes hasta el 35%. Plantación

<p>ALCOR1 ud Realización de rebalseta o alcorque de tierra</p> <p>Ud. compuesta por la realización de rebalseta o alcorque alrededor de la planta, para incrementar la recogida del agua. La dimensión del alcorque debe ser aproximadamente de 40x40 cm en planta, con una profundidad tal que permita el riego posterior de la planta con una dosis de riego de 10 litros/planta e incluso permitir un resguardo para evitar que el agua salte y erosione los taludes del alcorque. La tierra que forme parte del alcorque deberá ser compactada suficientemente, de modo que resulte un alcorque estable en el tiempo y evite la salida de agua a través de su cuerpo. Se fomentará la entrada de agua de escorrentía. Se incluyen los costes indirectos. Plantación</p>	1	900	900	900	0,51 €	459,00 €
<p>AS ud Adquisición de 1 planta de <i>Asphodelus cerasiferus</i></p> <p>Adquisición de planta de <i>Asphodelus cerasiferus</i> de 1 savia en contenedor 300 cc. Adquisición de <i>Asphodelus cerasiferus</i></p>	1	45	45	45	0,47 €	21,15 €
<p>GLA ud Adquisición de 1 planta de <i>Gladiolus illyricus</i></p> <p>Adquisición de planta de <i>Gladiolus illyricus</i> de 1 savia en contenedor 300 cc. Adquisición de <i>Gladiolus illyricus</i></p>	1	45	45	45	0,47 €	21,15 €
<p>OPH ud Adquisición de 1 planta de <i>Ophrys lutea</i></p> <p>Adquisición de planta de <i>Ophrys lutea</i> de 1 savia en contenedor 300 cc. Adquisición de <i>Ophrys lutea</i></p>	1	45	45	45	0,53 €	23,85 €
<p>RUT ud Adquisición de 1 planta de <i>Ruta angustifolia</i></p> <p>Adquisición de planta de <i>Ruta angustifolia</i> de 1 savia en contenedor de 300 cc. Adquisición de <i>Ruta angustifolia</i></p>	1	180	180	180	0,53 €	95,40 €
<p>TEU ud Adquisición de 1 planta de <i>Teucrium pseudochamaepitys</i></p> <p>Adquisición de planta de <i>Teucrium pseudochamaepitys</i> de 1 savia en contenedor de 300 cc. Adquisición de <i>Teucrium pseudochamaepitys</i></p>	1	180	180	180	0,54 €	97,20 €
<p>ALL ud Adquisición de 1 planta de <i>Allium melananthum</i></p> <p>Adquisición de planta de <i>Allium melananthum</i> de 1 savia en contenedor de 300 cc. Adquisición de <i>Allium melananthum</i></p>	1	72	72	72	0,51 €	36,72 €
<p>GAL ud Adquisición de 1 planta de <i>Galium murcicum</i></p> <p>Adquisición de una planta de <i>Galium murcicum</i> de 1 savia en contenedor de 300 cc. Adquisición de <i>Gallium murcicum</i></p>						

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

			1	72	72	72	0,45 €	32,40 €
PHLO	ud	Adquisición de 1 planta de <i>Phlomis lychnitis</i>						
Adquisición de una planta de <i>Phlomis lychnitis</i> de 1 savia en contenedor de 300 cc.								
Adquisición de <i>Phlomis lychnitis</i>								
			1	135	135	135	0,47 €	63,45 €
STI	ud	Adquisición de 1 planta de <i>Stipa offneri</i>						
Adquisición de una planta de <i>Stipa offneri</i> de 1 savia en contenedor de 300 cc.								
Adquisición de <i>Stipa offneri</i>								
			1	126	126	126	0,5	63
RIEGO	ud	Riego plantas forestales con cisterna						
Ud. compuesta por el riego de 1 pies de matorral o árbol procedente de repoblaciones previas mediante el uso de remolque cisterna de 10.000 l. de capacidad, arrastrado por tractor de ruedas neumáticas de 101-130 CV de potencia nominal, siendo la dosis de riego de 10 l/pie. Se considera el punto de abastecimiento de agua a una distancia máxima de 10 km. Se incluyen los costes indirectos y las mangueras necesarias para realizar el riego hasta una distancia de 150 m desde la camino. Plantación								
			1	900	900	900	0,69 €	621,00 €
BINA	ud	Binas, escardas y aporcados						
Ud. compuesta por el aporte de capa fina de tierra seca en hoyo tras la ejecución del riego para reducir la evaporación del agua aportada. Se incluyen los costes indirectos. Plantación								
			1	900	900	900	0,29 €	261,00 €

TOTAL CAPÍTULO 02 ESTIMACION BANCO DE HABITAT EXPERIMENTAL.....3.772,72 €

PRESUPUESTO TOTAL (Capítulo 01 + Capítulo 02) (IVA NO INCLUIDO)8.767,48 €

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

PRESUPUESTO GLOBAL

Capitulo	Descripción	Coste
1	Coste de establecimiento y mantenimiento de banco de carbono experimental	4.994,76 €
2	Coste de establecimiento de banco de conservación experimental	3.772,72 €
	Subtotal (IVA no incluido)	8.767,48 €
	IVA (10%)	876,75 €
	Coste total banco de carbono y de conservación de 1 ha	9.644,23 €

PRESUPUESTO DESGLOSADO

Capitulo	Descripción	Coste
1	Coste de establecimiento y mantenimiento de banco de carbono experimental	4.994,76 €
	IVA (10%)	499,48 €
	Coste total banco de carbono experimental de 1 ha	5.494,24 €

Capitulo	Descripción	Coste
2	Coste de establecimiento de banco de conservación experimental	3.772,72 €
	IVA (10%)	377,27 €
	Coste total banco de conservación experimental de 1 ha	4.149,99 €

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

ANEXO Nº 2. ESTUDIO DASOMÉTRICO EN EL PARQUE REGIONAL EL VALLE Y CARRASCOY

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

1.- INTRODUCCIÓN

La inventariación forestal es una herramienta fundamental en todo proyecto que afecte a los recursos forestales de un territorio, cualquiera que sea la escala de trabajo, aportando los datos básicos para su correcta gestión y organización de trabajos.

Podría definirse como la recogida organizada de *"toda aquella información que se relacione y tenga como finalidad el desarrollo, uso y conservación de los recursos forestales, mediante el conocimiento de las características biocenóticas de las masas forestales y la evolución cuantitativa y cualitativa de los bienes y servicios que puede suministrar el recurso natural del monte"*.

Para la elaboración de este proyecto se ha necesitado realizar un estudio dasométrico (o inventarial) de la zona. Este estudio se ha desarrollado sobre una masa de *Pinus halepensis Mill.* de origen natural situada en el monte público CUP 174 denominado El Valle y Carrascoy, ubicado en el término municipal de Murcia.

2.- LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1.- LOCALIZACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

El estudio dasométrico a realizar se localiza en el Término Municipal de Murcia, dentro de la comarca forestal Centro de la Región de Murcia.

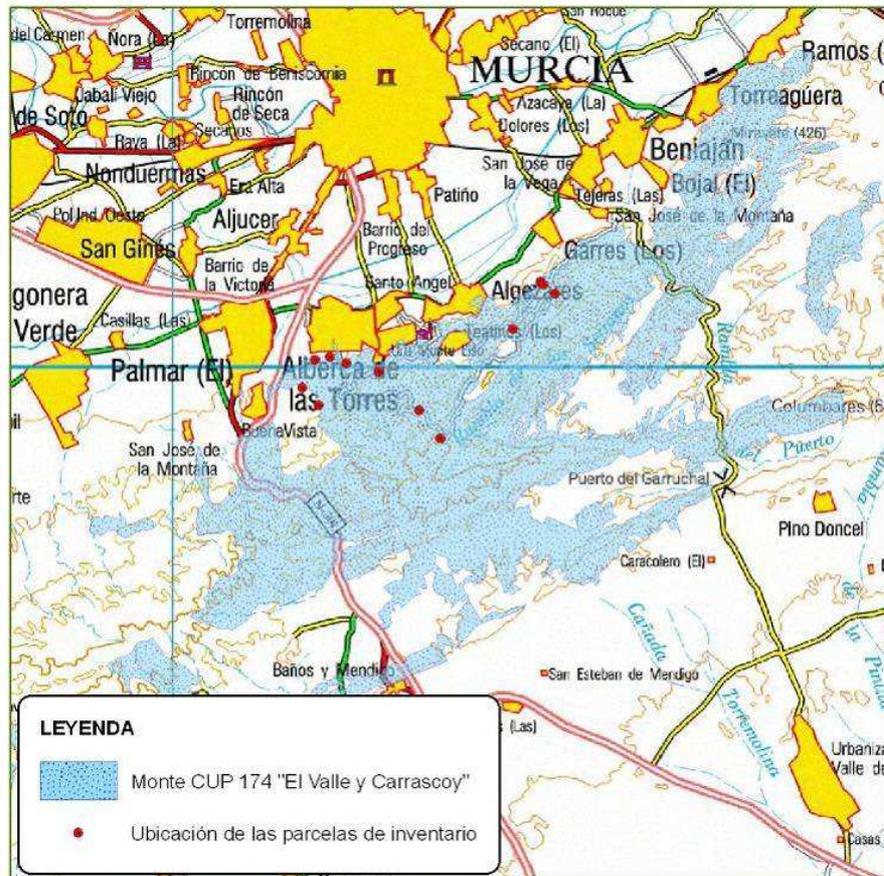
Los trabajos realizados para este estudio se localizan en el Monte de Utilidad Pública nº 174 denominado "El Valle y Carrascoy" dentro del término de Murcia. Las hojas del Mapa Topográfico Nacional de España en las que se sitúa el estudio son:

TABLA 1. REFERENCIA RESPECTO A LAS HOJAS 25.000 DEL I.G.N.

Nº CUP	Nombre de Monte	Nº Hoja del Mapa Topográfico Nacional (nombre)
174	El Valle y Carrascoy	834 (Murcia)

RESUMEN DEL PRESUPUESTO

FIGURA 1. *SITUACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA ZONA DE ACTUACIÓN*



3.- ESTUDIO DASOMETRICO DE LA ZONA

Para realizar el estudio se ha seguido una metodología inventarial semejante para todas las parcelas realizadas, seleccionando la ubicación de las mismas de una forma no sistemática, con el fin de poder caracterizar de una manera fiable el estado natural de la masa.

3.1.- RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE ANALISIS ESTADISTICO

DATOS GENERALES

El inventario se ha realizado sobre la masa del Monte de Utilidad Pública nº 174 denominado “El Valle y Carrascoy”, en el cual se han realizado 12 parcelas de muestreo de 20 x 20 metros de superficie (400 m²), con una ubicación aleatoria, obteniendo los siguientes datos:

TABLA 2. UBICACIÓN UTM DE LAS PARCELAS REALIZADAS EN EL ESTUDIO DASOMETRICO

PARCELA	COORDENADAS UTM	
	X	Y
1	662.972	4.200.182
2	663.279	4.200.233
3	663.619	4.200.110
4	664.298	4.199.921
5	667.112	4.200.829
6	668.004	4.201.568
7	667.682	4.201.826
8	667.743	4.201.761

PARCELA	COORDENADAS UTM	
	X	Y
9	665.596	4.198.520
10	665.144	4.199.102
11	662.699	4.199.588
12	663.043	4.199.216

El estudio dasométrico de la masa, se ha centrado sobre los parámetros mas importantes a tener en cuenta a la hora de realizar infraestructuras sobre la masas forestales para prevención de incendios, por lo que se han medido los parámetros de; densidad de la masa, altura media, altura al primer verticilo, diámetro de copa, diámetro normal y la distancia mínima entre pies, tras el análisis estadístico de estos parámetros se obtienen los siguientes resultados:

TABLA 3. RESUMEN DE DATOS MEDIOS POR PARCELAS INVENTARIADAS

Parcela	Densidad Pies/400 m ²	Densidad (pies/ha)	Diámetro normal (cm)	Altura primer verticilo (m)	Altura total (m)	Diámetro copa (m)	Distancia mínima pies (m)
1	29	725	17,8	3,3	10,2	4,9	3,2
2	29	725	17,2	3,6	10,3	4,9	2,7
3	21	525	19,1	4,1	11,2	5,3	3,4
4	24	600	14,9	2,1	8,3	4,3	3,3
5	35	875	15,1	2,8	8,8	3,8	2,4
6	77	1925	13,0	3,3	8,2	2,6	2,1
7	39	975	11,5	2,1	8,4	4,5	2,0
8	37	925	13,1	2,7	9,8	5,7	3,8
9	25	625	18,6	4,3	10,9	4,6	3,5

Parcela	Densidad Pies/400 m ²	Densidad (pies/ha)	Diámetro normal (cm)	Altura primer verticilo (m)	Altura total (m)	Diámetro copa (m)	Distancia mínima pies (m)
10	45	1125	14,7	2,1	9,1	4,6	2,9
11	32	800	15,3	2,7	10,2	4,9	3,3
12	29	725	13,9	2,5	6,6	3,8	2,6
MEDIA	35	879,2	14,8	3,0	9,3	4,5	2,9

Por lo que se aprecia en los resultados resumen de los datos medios del estudio, se estima una masa forestal homogénea, con unas densidades oscilantes dentro de unos márgenes admisibles, ya que la variación de este parámetro depende de diversos factores de exposición, pendiente, suelo, etc.

FOTO 1. EJEMPLO DE UNA ZONA DONDE SE HA REALIZADO EL ESTUDIO DASOMETRICO



A continuación se describe más detalladamente los resultados obtenidos para cada parámetro en concreto:

DIÁMETRO NORMAL

En general, se puede decir que se trata de una masa de características homogéneas que procede de regeneración natural. Se pueden encontrar árboles desde menos de 5 cm hasta 40 cm de diámetro normal. El diámetro medio es de 14,8 cm. Para la medición de este parámetro se ha utilizado una forcípula.

Después del tratamiento de selvicultura para la mejora forestal propuesto, aumentará este diámetro medio de la masa de estas zonas, ya que estas actuaciones se centrarán sobretodo en las clases diamétricas inferiores, árboles moribundos, dominados, etc.

TABLA 4. PARCELAS INVENTARIADAS

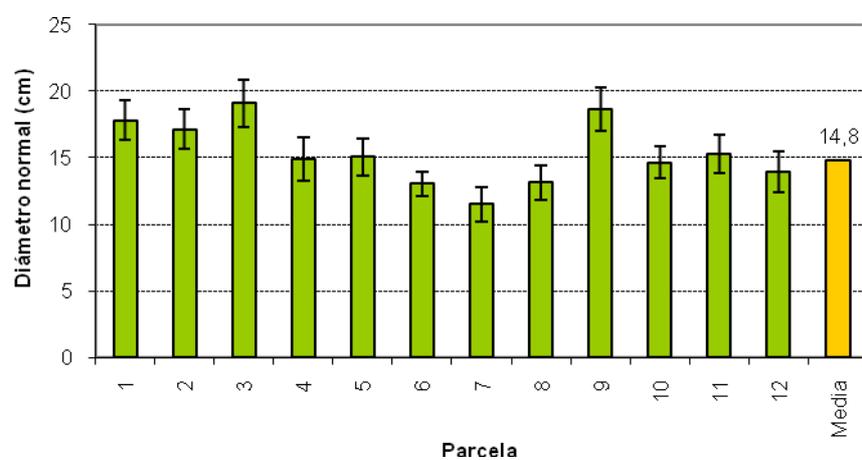
	Nº parcelas inventariadas	nº pies contabilizados en parcela	Nº de pies con medición de diámetro	Porcentaje de pies seleccionados
Diámetro normal	12	422	422	100%

TABLA 5. RESULTADOS MEDIOS DE DIÁMETRO NORMAL

Parcela	N pies parcela	Media Dn (cm)	Error estándar	Límites (95% de probabilidad)	
				Inferior	Superior
1	29	17,8	1,1	16,3	19,3
2	29	17,2	1,1	15,7	18,7
3	21	19,1	1,3	17,3	20,9
4	24	14,9	1,2	13,3	16,6
5	35	15,1	1,0	13,7	16,4
6	77	13,0	0,7	12,1	14,0

Parcela	N pies parcela	Media Dn (cm)	Error estándar	Límites (95% de probabilidad)	
				Inferior	Superior
7	39	11,5	0,9	10,2	12,8
8	37	13,1	1,0	11,8	14,5
9	25	18,6	1,2	17,0	20,3
10	45	14,7	0,9	13,4	15,9
11	32	15,3	1,0	13,9	16,7
12	29	13,9	1,1	12,4	15,5
Media	422	14,8			

FIGURA 3. VALORES MEDIOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE DIAMETRO NORMAL



ALTURA TOTAL

Características hipsométricas de los pies de pino carrasco

En cuanto a la altura de la masa, esta oscila entre 3-15 m de altura total. La altura media de las parcelas muestreadas está entre 4,3 y 14,4 m de valores máximos y mínimos.

FOTO 2. TRABAJOS REALIZADOS EN LAS PARCELAS. MEDICION DE ALTURAS CON HIPSOMETRO



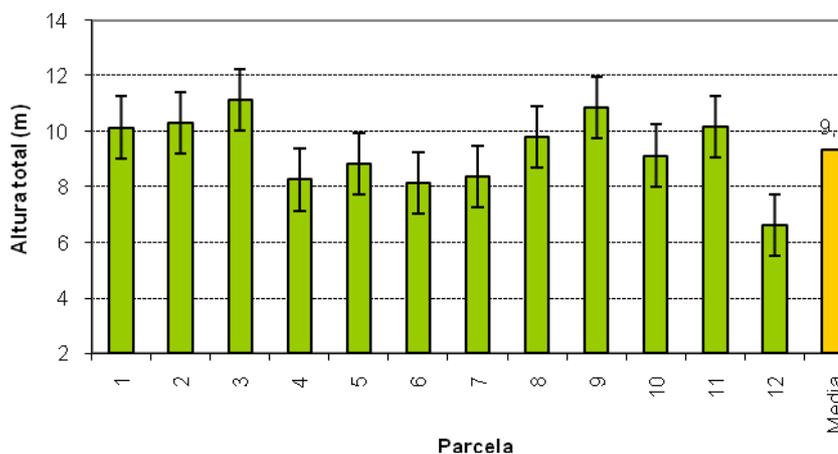
A continuación se muestran los resultados obtenidos:

TABLA 6. RESULTADOS MEDIOS DE ALTURA TOTAL

Parcela	Nº pies	Media Altura t (m)	Error estándar	Limites (95% de probabilidad)	
				Inferior	Superior
1	6	10,2	0,8	9,0	11,3
2	6	10,3	0,8	9,2	11,4
3	6	11,2	0,8	10,0	12,3
4	6	8,3	0,8	7,2	9,4
5	6	8,8	0,8	7,7	10,0
6	6	8,2	0,8	7,0	9,3
7	6	8,4	0,8	7,3	9,5

Parcela	Nº pies	Media Altura t (m)	Error estándar	Límites (95% de probabilidad)	
				Inferior	Superior
8	6	9,8	0,8	8,7	10,9
9	6	10,9	0,8	9,8	12,0
10	6	9,1	0,8	8,0	10,2
11	6	10,2	0,8	9,1	11,3
12	6	6,6	0,8	5,5	7,7
Media	72	9,3			

FIGURA 4. VALORES MEDIOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE ALTURA TOTAL



ALTURA AL PRIMER VERTICILLO

Características hipsométricas de los pies de pino carrasco

La altura al primer verticilo vivo del árbol, es un parámetro importante sobre todo en la determinación del tipo de método a seguir para la ejecución de actuaciones concretas como la poda. Para la medida de este parámetro se ha utilizado un hipsómetro Vertex, con el cual se han realizado todas las medidas de alturas totales y alturas al primer

verticilo de la masa inventariada.

Los datos obtenidos son los siguientes:

TABLA 7. RESULTADOS MEDIOS DE ALTURA AL PRIMER VERTICOLO

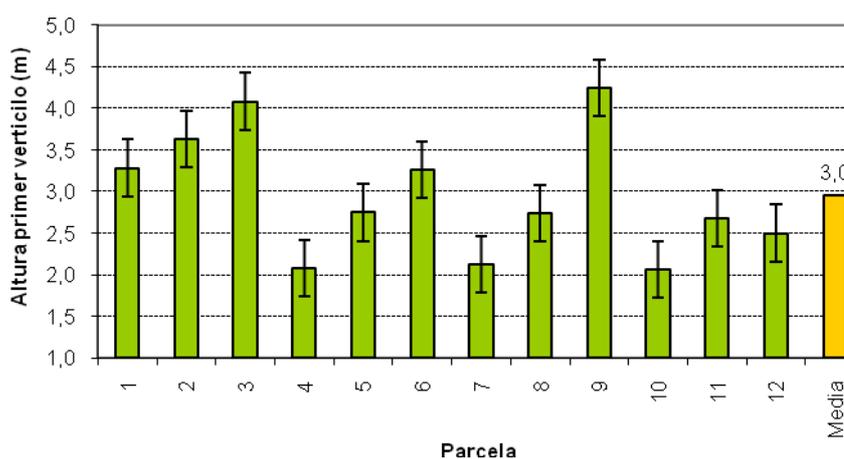
Parcela	Nº pies	Media Altura 1er V (m)	Error estándar	Limites (95% de probabilidad)	
				Inferior	Superior
1	6	3,3	0,2	2,9	3,6
2	6	3,6	0,2	3,3	4,0
3	6	4,1	0,2	3,7	4,4
4	6	2,1	0,2	1,7	2,4
5	6	2,8	0,2	2,4	3,1
6	6	3,3	0,2	2,9	3,6
7	6	2,1	0,2	1,8	2,5
8	6	2,7	0,2	2,4	3,1
9	6	4,3	0,2	3,9	4,6
10	6	2,1	0,2	1,7	2,4
11	6	2,7	0,2	2,3	3,0
12	6	2,5	0,2	2,2	2,8
Media	72	3,0			

FOTO 3. DETALLE DEL NIVEL DE AUTOPODA EXISTENTE EN LA MASA



Como se aprecia la altura al primer verticilo es alta, debido a que la masa ofrece una fracción de cabida alta, impidiendo el paso de la luz a las zonas mas bajas, lo que hace que las ramas bajas del árbol no puedan realizar la fotosíntesis y se produzca su muerte, considerándose en estos casos un nivel de autopoda de los árboles alto.

FIGURA 5. VALORES MEDIOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE ALTURA AL PRIMER VERTICILO



DIAMETRO DE COPA

Características hipsométricas de los pies de pino carrasco

La influencia que tienen las copas en la propagación de incendios forestales, hace necesaria su correcto conocimiento para poder definir un programa de actuaciones adecuado, con el fin de poder describir un programa de actuaciones con unos

objetivos concretos. Este parámetro se ha medido mediante una plomada y una cinta métrica. La medida se realiza en cruz, para luego obtener una media aritmética, debido a la irregularidad de la forma en planta de las copas de este tipo de pino.

FOTO 4. DETALLE DEL SOLAPAMIENTO ENTRE COPAS



Los datos obtenidos son los siguientes:

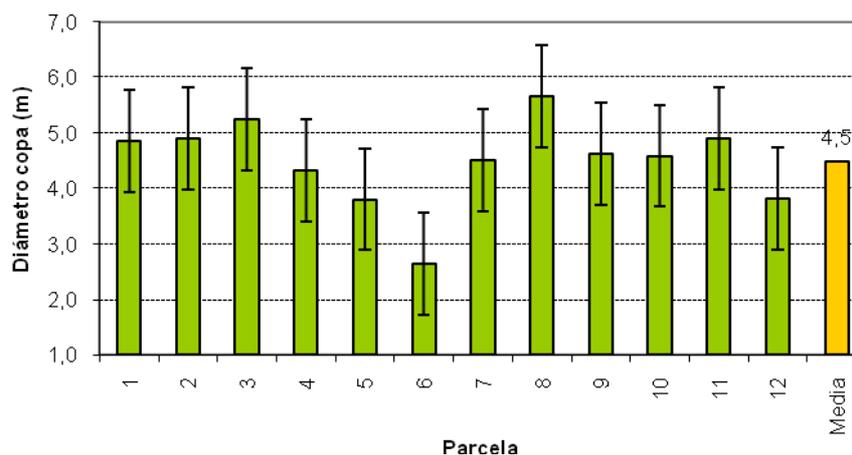
TABLA 8. RESULTADOS MEDIOS DE ALTURA AL PRIMER VERTICILO

Parcela	Nº pies	Media D copa (m)	Error estándar	Límites (95% de probabilidad)	
				Inferior	Superior
1	6	4,9	0,7	3,9	5,8
2	6	4,9	0,7	4,0	5,8
3	6	5,3	0,7	4,3	6,2
4	6	4,3	0,7	3,4	5,2
5	6	3,8	0,7	2,9	4,7
6	6	2,6	0,7	1,7	3,6
7	6	4,5	0,7	3,6	5,4

Parcela	Nº pies	Media D copa (m)	Error estándar	Límites (95% de probabilidad)	
				Inferior	Superior
8	6	5,7	0,7	4,7	6,6
9	6	4,6	0,7	3,7	5,6
10	6	4,6	0,7	3,7	5,5
11	6	4,9	0,7	4,0	5,8
12	6	3,8	0,7	2,9	4,7
Media	72	4,5			

Como se aprecia en la foto N° 4, el nivel de superposición de copas entre pies es alto, por lo que es importante definir el diámetro medio de copa de la masa, con el fin de que las actuaciones a realizar vayan encaminadas a evitar el contacto entre copas, para evitar la propagación del fuego.

FIGURA 6. VALORES MEDIOS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE DIAMETRO DE COPA



RELACIÓN DEL DIÁMETRO NORMAL CON LA ALTURA TOTAL

Relación altura total-diámetro normal en la zona de actuación

En la siguiente figura se aprecia la relación entre el diámetro normal y la altura que presenta la masa. Los datos empleados para la obtención de la curva de ajuste han sido los procedentes del muestreo de diámetros y alturas totales en las 12 parcelas inventariadas.

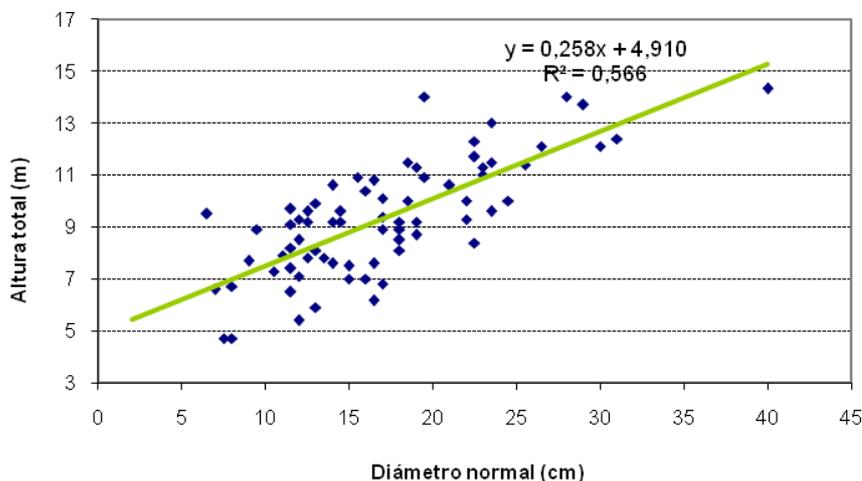
La curva de ajuste resultante ha sido la siguiente:

$$\text{Altura total} = 0,2589 \times \text{diámetro} + 4,9109$$

El análisis de varianza de este ajuste es el que se expone a continuación. Se ha elegido este ajuste entre los posibles ya que es el que mejor ha explicado la variación de la variable dependiente en función de la variable independiente. Es decir, para ello se han analizado estadísticos como R², error estándar, significancia de coeficientes, etc.

Del análisis de los coeficientes de la ecuación se desprende que son significativos, y que contribuyen a mejorar el modelo de predicción. De este modo, no se rechaza ningún coeficiente del modelo predictivo.

FIGURA 7. *RELACIÓN ALTURA Y DIÁMETRO NORMAL EN LA ZONA DE ACTUACIÓN*



El análisis estadístico realizado con **Statgraphics** es el siguiente:

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$

$$\text{Altura total} = 4,91085 + 0,258931 \cdot \text{Diametro normal}$$

Dependent variable: Altura total

Independent variable: Diametro normal

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	4,91085	0,492123	9,97892	0,0000
Slope	0,258931	0,0270893	9,55842	0,0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	191,205	1	191,205	91,36	0,0000
Residual	146,496	70	2,0928		
Total (Corr.)	337,701	71			

Correlation Coefficient = 0,75246

R-squared = 56,6197 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 55,9999 percent

Standard Error of Est. = 1,44665

Mean absolute error = 1,17001

Durbin-Watson statistic = 1,09811 (P=0,0000)

Lag 1 residual autocorrelation = 0,440389

RELACIÓN DEL DIÁMETRO NORMAL CON DIÁMETRO DE COPA

Relación diámetro de copa-diámetro normal en la zona de actuación

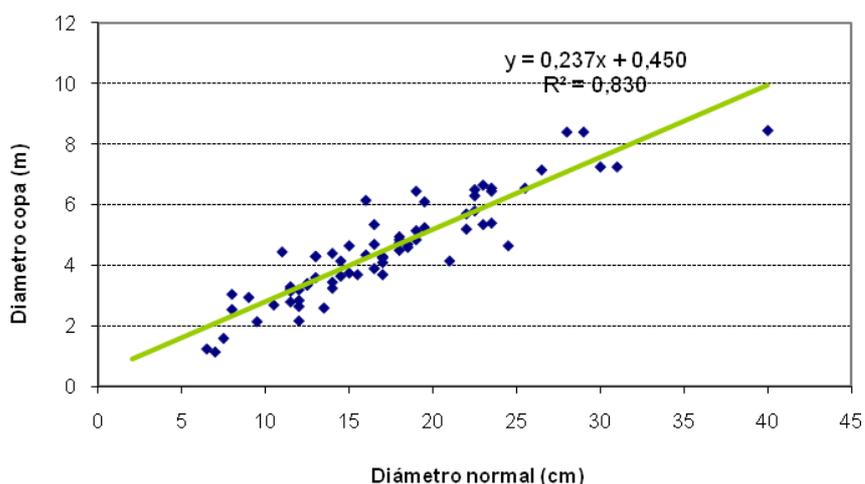
En la siguiente figura se aprecia la relación entre el diámetro normal y el diámetro de copa que presenta la masa. Los datos empleados para la obtención de la curva de ajuste han sido los procedentes del muestreo de diámetros y alturas totales en las 12 parcelas inventariadas.

La curva de ajuste resultante ha sido la siguiente:

$$\text{Altura total} = 0,2372 \times \text{diámetro} + 0,4505$$

El análisis de varianza de este ajuste se ha realizado siguiendo la misma metodología que el anterior siendo este el que se expone a continuación:

FIGURA 8. *RELACIÓN DIÁMETRO DE COPA Y DIÁMETRO NORMAL EN LA ZONA DE ACTUACIÓN*



El análisis estadístico realizado con **Statgraphics** es el siguiente:

Regression Analysis - Linear model: $Y = a + b \cdot X$

Diametro copa = 0,450532 + 0,237194 * Diametro normal

Dependent variable: Diametro copa

Independent variable: Diametro normal

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Intercept	0,450532	0,232374	1,93882	0,0566
Slope	0,237194	0,0127912	18,5434	0,0000

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	160,449	1	160,449	343,86	0,0000
Residual	32,6628	70	0,466612		
Total (Corr.)	193,112	71			

Correlation Coefficient = 0,911515

R-squared = 83,086 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 82,8444 percent

Standard Error of Est. = 0,68309

Mean absolute error = 0,511507

Durbin-Watson statistic = 1,7179 (P=0,1072)

Lag 1 residual autocorrelation = 0,133019

DENSIDAD DE PIES POR HECTÁREA

En la tabla siguiente se expone la densidad obtenida en cada una de las parcelas de muestreo en la zona de estudio.

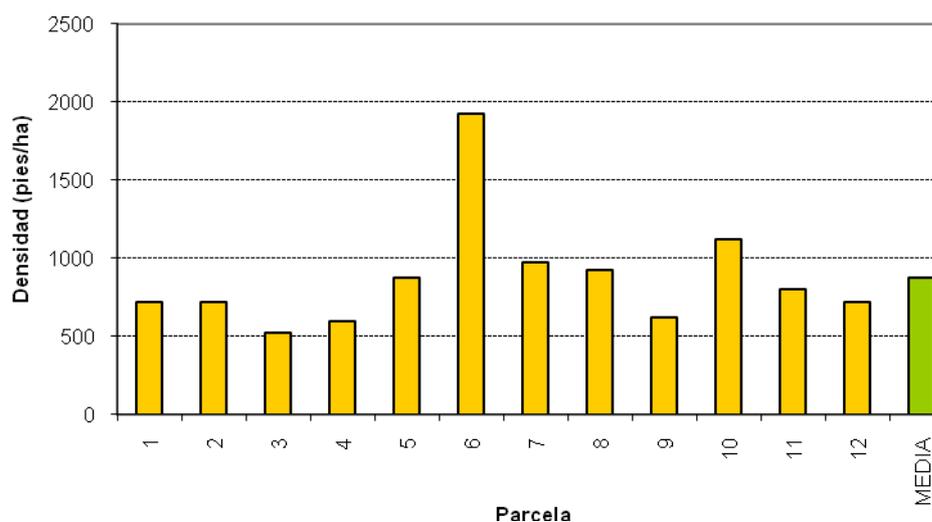
TABLA 9. DENSIDAD MEDIA POR PARCELAS

Parcela	Densidad Pies/400 m ²	Densidad Pies/ha
1	29	725
2	29	725
3	21	525
4	24	600
5	35	875
6	77	1925
7	39	975
8	37	925
9	25	625

Parcela	Densidad Pies/400 m ²	Densidad Pies/ha
10	45	1125
11	32	800
12	29	725
MEDIA	35	879

La densidad media de la zona de actuación de este monte es de 879 pies/ha de pino carrasco.

FIGURA 9. **DENSIDAD MEDIA POR HECTÁREA**



DATOS DE INTERES DEL MONTE

En los estudios dasométricos, además de realizar la toma de datos sobre aquellos parámetros buscados de los árboles de pino carrasco, se considera de interés y como datos de referencia para otros trabajos a realizar, el análisis de otras características de la zona donde se proyectan las actuaciones como son:

- La presencia de regenerado de *Pinus halepensis* Mill. o no.
- La presencia de otras especies vegetales tanto arbóreas como arbustivas.

- La presencia de plagas sobre la masa a tratar.

A continuación se muestra una tabla resumen con los datos obtenidos:

TABLA 10. DENSIDAD MEDIA POR PARCELAS

Parcela	Regenerado Pies/ha	Otras especies forestales	Existencia de plagas forestales
1	0	<i>Rosmarinus officinalis, Brachypodium retusum</i>	no
2	0	<i>Rosmarinus officinalis, Brachypodium retusum</i>	no
3	50	<i>Brachypodium retusum, Labiadas sp</i>	no
4	175	<i>Brachypodium retusum, Labiadas sp, Rosmarinus, Rhamnus</i>	no
5	375	<i>Rhamnus lycioides, Brachypodium retusum</i>	no
6	0	<i>Brachypodium sp, Rhamnus sp, Juniperus communis, Quercus coccifera</i>	no
7	450	<i>Anthyllis cytisoides, Labiadas sp, Genista sp</i>	no
8	500	<i>Quercus coccifera, Anthyllis cytisoides, Labiadas sp, Nerium Oleander</i>	no
9	250	<i>Olea sp, Cistus albidus, Pistacia lentiscus, Rhamnus sp, Rosmarinus sp</i>	no
10	100	<i>Rhamnus lycioides, Rosmarinus officinalis, Asparagus sp, Brachypodium sp</i>	no
11	40	<i>Rosmarinus officinalis, Asparagus sp, Brachypodium sp</i>	no
12	40	<i>Rosmarinus sp, Labiadas sp, Anthyllis cytisoides, Stipa tenacissima</i>	no
MEDIA	165		NO

FOTO 5. EJEMPLO DEL REGENERADO DE PINO CARRASCO Y LA PRESENCIA DE OTRAS ESPECIES FORESTALES



ANEXO Nº 3. PLANTILLA PARA LA SOLICITUD PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO, CONTEMPLADA EN EL PROYECTO DE REAL DECRETO POR EL QUE SE CREA EL REGISTRO ÚNICO DEL SISTEMA VOLUNTARIO DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO, SU REDUCCIÓN Y COMPENSACIÓN POR ABSORCIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO.

SOLICITUD DE INSCRIPCIÓN/ACTUALIZACIÓN DE DATOS EN EL REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN												
Sección proyectos de absorción de dióxido de carbono												
<i>En caso de solicitar la actualización de datos en el registro, indique el código de identificación que le fue asignado e indique brevemente el motivo de la solicitud de actualización. Cumplimente únicamente los datos a actualizar</i>												
Código:	Motivo:											
IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE												
Nombre:												
Razón social:	CIF/NIF:											
Domicilio:												
C.P.:	Municipio:	Provincia:										
Persona de contacto:												
Teléfono:	Fax:	E-mail:										
DATOS A EFECTO DE NOTIFICACIÓN <i>(Cumplimentar en caso de tratarse de datos distintos a los incluidos en el apartado anterior)</i>												
Domicilio:												
C.P.:	Municipio:	Provincia:										
Persona de contacto:												
Teléfono:	Fax:	E-mail:										
DATOS DE LA PARCELA												
Provincia	Municipio/s	Referencia catastral										
Superficie total de la parcela:		Superficie plantada por el proyecto:										
Datos del uso del suelo en el área de plantación de la parcela												
Uso previo del suelo en el área de plantación: a 31 de diciembre 1989 o fecha más cercana a ésta												
<input type="checkbox"/> Bosques <input type="checkbox"/> Cultivos <input type="checkbox"/> Pastizales <input type="checkbox"/> Humedales <input type="checkbox"/> Asentamientos <input type="checkbox"/> Otras tierras En caso de "Otras tierras" indique cuál:												
Uso previo del suelo en el área de plantación: momento previo a la plantación												
<input type="checkbox"/> Cultivo herbáceo <input type="checkbox"/> Cultivo leñoso <input type="checkbox"/> Barbecho <input type="checkbox"/> Pastizal herbáceo <input type="checkbox"/> Matorral <input type="checkbox"/> Otro uso En caso de "Otro uso" indique cuál:												
DATOS DEL PROYECTO												
Superficie (m ²) plantada:	Tipo de plantación: <input type="checkbox"/> Monoespecífica <input type="checkbox"/> Mixta											
Especies (nombre científico):												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 50%; height: 20px;"> </td><td style="width: 50%;"> </td></tr> <tr><td style="height: 20px;"> </td><td> </td></tr> </table>												
Fecha de inicio del proyecto:		Nº años de permanencia del proyecto:										

ABSORCIONES DE CO ₂	
Cálculo ex ante de las absorciones CO ₂ (tCO ₂):	
Cálculo ex post de las absorciones CO ₂ (tCO ₂):	Fecha para la que se realiza el cálculo ex post:
DOCUMENTACIÓN ADJUNTA	
Indique la documentación que adjunta a la solicitud:	
SOLICITUD	
D./Dña.:	
en representación de:	
DECLARO que los datos contenidos en esta solicitud son ciertos y SOLICITO la inscripción de estos en la sección de Proyectos de Absorción de dióxido de carbono del Registro de Huella de carbono y proyectos de absorción del MAGRAMA	
Fecha:	
Firma:	