

**ESTUDIO DE LA CAPACIDAD
SUMIDERO DE ABSORCIÓN DE LA
MASA FORESTAL DE LA RIOJA.**

**ANÁLISIS DE DETALLE PARA LAS
CHOPERAS PRODUCTIVAS**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO	5
1.2. EL CAMBIO CLIMÁTICO ACTUAL	5
1.3. CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO ACTUAL	6
1.4. CONTEXTO INTERNACIONAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO	8
1.5. CONTEXTO NACIONAL Y PROVINCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO	9
2. PAPEL DE LOS BOSQUES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO	12
2.1. EL CICLO DEL CARBONO	12
2.2. EL CARBONO EN LOS BOSQUES	13
3. ABSORCIÓN DE CO₂ POR LOS BOSQUES RIOJANOS SEGÚN LAS NORMAS DEL IPCC	15
3.1. DIRECTRICES E INFORMES DEL IPCC EN MATERIA FORESTAL	15
3.2. ABSORCIÓN DE CO ₂ , SEGÚN EL INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI DE ESPAÑA.	16
3.2.1. <i>INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO NACIONAL DE GEI. AÑOS 1990-2007</i>	16
3.2.2. <i>ASIGNACIÓN DE SUPERFICIES A LOS DIFERENTES USOS DEL SUELO</i>	17
3.2.3. <i>ABSORCIÓN DE CO₂ EN BOSQUES QUE PERMANECEN COMO BOSQUES</i>	19
3.2.4. <i>ABSORCIÓN DE CO₂ EN TIERRAS QUE PASAN A SER BOSQUE</i>	24
3.2.5. <i>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	28
4. PROTOCOLO DE KYOTO. ABSORCIÓN DE CO₂ CONTABILIZABLE	30
4.1. INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO. MECANISMOS DE FLEXIBILIDAD	30
4.2. PLAN NACIONAL DE ASIGNACIÓN DE DERECHOS DE EMISIÓN	31
4.3. LOS ACUERDOS DE MARRAKECH.....	33
4.4. LA ABSORCIÓN POR SUMIDEROS EN EL PLAN NACIONAL DE ASIGNACIÓN.....	35
4.5. DISCUSIÓN.....	36
4.6. ESCENARIOS POST KYOTO EN EL SECTOR FORESTAL	37
5. ABSORCIÓN DE CO₂ POR LOS BOSQUES RIOJANOS SEGÚN DATOS DEL INIA	40
5.1. BASES DE LA METODOLOGÍA	40
5.2. APLICACIÓN A LOS DATOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL.....	41
5.3. FIJACIÓN NETA ANUAL DE CO ₂ POR ESPECIES (COMPARACIÓN DE INVENTARIOS)....	42
5.4. RESUMEN Y CONCLUSIONES (COMPARACIÓN DE INVENTARIOS).....	51
5.4.1. <i>RESUMEN DE LA FIJACIÓN DE CO₂ POR LAS ESPECIES FORESTALES DE LA RIOJA</i>	51
5.4.2. <i>FIJACIÓN DE CO₂ VERSUS CRECIMIENTO EN VOLÚMEN</i>	52
5.4.3. <i>FIJACIÓN DE CO₂ VERSUS SUPERFICIES</i>	56
5.4.4. <i>COMPARACIÓN CON LA ESTIMACIÓN REGIONAL Y NACIONAL DEL INIA</i>	57
5.5. CO ₂ ACUMULADO Y SU APORTACIÓN AL CONJUNTO NACIONAL	59
6. LOS PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA	62
6.1. CONCEPTO Y DIRECTRICES INTERNACIONALES RELACIONADAS	62
6.2. MÉTODOS DE CONTABILIZACIÓN	63
6.2.1. <i>METODO DE VARIACIÓN DE LAS RESERVAS</i>	63
6.2.2. <i>METODO DE PRODUCCIÓN</i>	63
6.2.3. <i>METODO DEL FLUJO ATMOSFÉRICO</i>	64
6.2.4. <i>OTRAS CUESTIONES A TENER EN CUENTA</i>	64
6.2.5. <i>DISCUSIÓN</i>	65
6.3. VIDA MEDIA DE LOS PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA	65
6.4. EMISIONES DE CO ₂ EN LA ELABORACIÓN DE LOS PMR	67
6.5. CORTAS DE MADERA EN LA RIOJA	68
6.6. DESTINO DE LA MADERA CORTADA EN LA RIOJA	70
6.7. FOMENTO DEL USO DE LOS PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA.....	72
6.7.1. <i>AYUDAS AL SECTOR FORESTAL</i>	73
6.7.2. <i>LA CERTIFICACIÓN FORESTAL</i>	73

7.	ANÁLISIS DE DETALLE DE LAS CHOPERAS PRODUCTIVAS.....	75
7.1.	INTRODUCCIÓN.....	75
7.2.	SUPERFICIES	75
7.3.	FIJACIÓN NETA DE CO ₂ DE LAS CHOPERA PRODUCTIVAS.....	77
7.3.1.	<i>METODOLOGÍA DEL IPCC APLICADA SEGÚN EL INVENTARIO NACIONAL DE GEI</i>	<i>77</i>
7.3.2.	<i>METODOLOGÍA DEL INIA APLICADA POR COMPARACIÓN DE INVENTARIOS</i>	<i>82</i>
7.3.3.	<i>FIJACIÓN NETA VERSUS FIJACIÓN BRUTA</i>	<i>84</i>
7.4.	PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA DE CHOPERAS PRODUCTIVAS	84
7.4.1.	<i>CORTAS DE CHOPO EN LA RIOJA.....</i>	<i>84</i>
7.4.2.	<i>DESTINO DE LA MADERA DE CHOPO.....</i>	<i>85</i>
7.5.	INFLUENCIA DE LA CAPTURA DE CO ₂ EN LA SELVICULTURA DE LAS CHOPERAS	88
8.	CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	90

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio, encargado por la Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja, tiene por objeto analizar y cuantificar el papel de los bosques riojanos y de sus productos, en la fijación de CO₂ atmosférico, haciendo un análisis especial para las choperas productivas, por su gran importancia en la producción forestal riojana.

El objetivo se engloba dentro de las estrategias nacionales e internacionales de reducción de gases de efecto invernadero en la atmósfera, para frenar en lo posible el calentamiento del planeta y el cambio climático asociado.

Asimismo, con la realización de este estudio se desarrolla una de las medidas previstas en la Estrategia Regional Frente al Cambio Climático 2008-2012 (Medida B.16.19. Estudio de la capacidad de absorción de la masa forestal de La Rioja).

Se analizará y cuantificará la contribución actual de los bosques riojanos a la fijación de CO₂, según la metodología utilizada en el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España (Años 1990-2007), inventario que a su vez, sigue las pautas marcadas por los organismos internacionales, y que servirá de base para establecer las cantidades a contabilizar según el Protocolo de Kyoto. Se compararán los resultados de fijación de CO₂ según ese método, con los resultados obtenidos con otra metodología más rigurosa y específica, desarrollada por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).

Se expondrán brevemente los posibles métodos para cuantificar el papel de los Productos de Madera Recolectada (PMR) como sumideros o fuentes de CO₂, ya que estos métodos todavía están en fase de desarrollo y por el momento no han sido utilizados en los Inventarios Nacionales. La producción de madera en La Rioja, (en especial de las choperas productivas) se desglosará en los diferentes tipos de productos, para analizar el CO₂ fijado en dichos productos y su tasa de retorno a la atmósfera.

En cada uno de estos temas, tras el estudio de la aportación de los bosques riojanos a los diferentes tipos de sumideros de CO₂ según cada metodología, se discutirán los resultados exponiendo las carencias encontradas, y se expondrá cómo aumentar la contribución de los bosques riojanos a la fijación de CO₂.

1.2. EL CAMBIO CLIMÁTICO ACTUAL

Llamamos cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Éste se puede producir a muy diversas escalas de tiempo y puede tener origen natural y/o antrópico.

En la actualidad existe un consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea de que nuestro modo de producción y consumo energético está generando un calentamiento del planeta sin precedentes y ello repercute en una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos tanto sobre la tierra como sobre los sistemas socioeconómicos.

Ya en el año 2001 el Tercer Informe de Evaluación del IPCC¹ (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático, Cambio Climático 2001 – Informe de Síntesis) puso de manifiesto que se están acumulando numerosas evidencias sobre la existencia de calentamiento global, del cambio climático asociado y de los impactos que de él se derivan. En promedio, la temperatura ha aumentado

¹ <http://www1.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

aproximadamente 0,6°C en el siglo XX, de forma mucho más acelerada en los últimos años del siglo XX, y el nivel del mar ha crecido de 10 a 12 centímetros, debido fundamentalmente a la expansión de los océanos cada vez más calientes.

En el año 2007, el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC², (Cambio Climático 2007 – Informe de Síntesis) ha vuelto a transmitir datos de los sistemas físicos y biológicos, esta vez más evidentes e inequívocos, que muestran una aceleración del cambio climático, en los primeros años del siglo XXI, mayor a la esperada hace unos años.

Citando textualmente palabras de este Informe: “El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de temperaturas del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos, y el aumento del promedio mundial del nivel del mar. De los doce últimos años (1995-2006), once figuran entre los doce más cálidos en los registros de la temperatura mundial desde 1850.”

Para los próximos dos decenios (hasta 2030) los expertos auguran un aumento de 0,2°C por decenio si se continúa con el ritmo actual de emisiones. Para finales del siglo XXI, dependiendo de los diferentes escenarios de emisiones, los expertos predicen un aumento de temperaturas de entre 1,8 a 4,0°C, respecto de finales del siglo XX. Los mismos expertos predicen que un aumento mayor de 2 °C podría tener consecuencias irreversibles y muy devastadoras y proponen que la meta mínima de las políticas contra el cambio climático debería ser impedir un aumento mayor de 2°C.

El cambio climático nos afecta a todos. El impacto potencial es enorme, con predicciones de falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequías y olas de calor. En definitiva, el cambio climático no es un fenómeno sólo ambiental sino de profundas consecuencias económicas y sociales. Los países más pobres, que están peor preparados para enfrentar cambios rápidos, serán los que sufrirán las peores consecuencias.

Se predice la extinción de animales y plantas, ya que los hábitats cambiarán tan rápido que muchas especies no se podrán adaptar a tiempo. La Organización Mundial de la Salud ha advertido que la salud de millones de personas podría verse amenazada por el aumento de la malaria, la desnutrición y las enfermedades transmitidas por el agua.

En consecuencia, aunque existen incertidumbres que no permiten cuantificar con la suficiente precisión los cambios del clima previstos, la información validada hasta ahora es suficiente para tomar medidas de forma inmediata, de acuerdo al denominado "principio de precaución" al que hace referencia el Artículo 3 de la Convención Marco sobre Cambio Climático³. La inercia y la irreversibilidad del sistema climático son factores muy importantes a tener en cuenta y, cuanto más se tarde en tomar esas medidas, los efectos serán menos reversibles.

1.3. CAUSAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO ACTUAL

En primer lugar debemos aclarar que el clima de la Tierra nunca ha sido estático, pues debido a alteraciones en el balance energético, el clima ha estado sometido a variaciones importantes (por ejemplo las glaciaciones relativamente recientes del Cuaternario). Pero estos cambios climáticos fueron producidos por causas naturales y en una escala temporal bastante mayor que la humana.

² <http://www1.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

³ <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

El gran problema del cambio climático actual es la velocidad sin precedentes a la que se está produciendo, dentro de la escala temporal humana, y la consiguiente dificultad de mitigación y adaptabilidad al mismo debido a dicha velocidad de cambio.

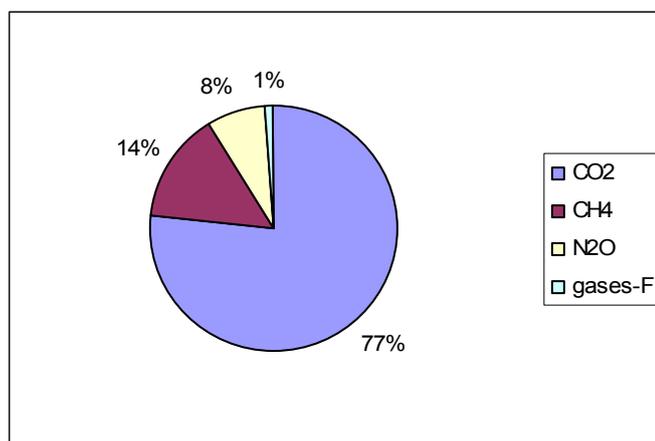
El grupo de científicos del IPCC en su Cuarto Informe de Evaluación del año 2007, mostró que hay una probabilidad muy alta (siempre habla en términos de probabilidad estadística) de que el cambio climático actual esté producido por el hombre, ya que los modelos de cambio climático que tienen en consideración solamente las causas naturales apuntan en la actualidad hacia una bajada de las temperaturas y sin embargo está ocurriendo lo contrario y a gran velocidad.

El mismo Informe continúa exponiendo, que con una probabilidad muy alta, el cambio climático actual está producido por las emisiones humanas de Gases de Efecto Invernadero (GEI), fundamentalmente debidas al empleo masivo de combustible fósiles. El aumento de dichos gases en la atmósfera, provoca un aumento de la absorción de la atmósfera para las radiaciones de onda larga emitidas por la tierra (irradiación) y, en consecuencia, la contrairradiación crece y sube la temperatura. Es el efecto invernadero.

El más importante de los GEI y al que se dedica el presente estudio es el dióxido de carbono (CO_2). Otros GEI en orden de importancia decreciente son el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los hidrofluorocarburos (HFC), los perfluorocarburos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6).

Las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial y este aumento se ha acentuado desde 1970 pasando de 28,7 $\text{GtCO}_2\text{-eq}^4$ en 1970 a 49,0 $\text{GtCO}_2\text{-eq}$ en el año 2004. La proporción de los diferentes GEI en el año 2004 se ve en la Figura 1.

Figura 1. Parte proporcional que representan diferentes GEI antropógenos, respecto de las emisiones totales en 2004, en términos de CO_2 equivalente.



La consecuencia directa es que las concentraciones atmosféricas mundiales de CO_2 , CH_4 y N_2O han aumentado notablemente por efecto de las actividades humanas desde 1750, y son actualmente muy superiores a los valores preindustriales, determinados a partir de muestras de hielo que abarcan muchos milenios.

⁴ Gigatoneladas (toneladas $\times 10^9$) de CO_2 equivalente. Para comparar las emisiones de los diferentes GEI se utiliza el término CO_2 equivalente. La concentración de CO_2 equivalente es la concentración de CO_2 que generaría el mismo forzamiento radiativo (contrairradiación) que una mezcla de CO_2 y otros GEI

La concentración de CO₂ en la atmósfera en tiempos preindustriales (año 1740) era de 277ppmv⁵ mientras que las concentraciones atmosféricas de CO₂ en 2005 han llegado a las 379ppmv y exceden con mucho el intervalo natural de valores de los últimos 650.000 años. Los aumentos de la concentración mundial de CO₂ se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y, en una parte apreciable pero menor, a los cambios de uso de la tierra. El aumento de CH₄ se debe a la agricultura y a la utilización de combustibles fósiles y el aumento de N₂O se debe principalmente a la agricultura.

1.4. CONTEXTO INTERNACIONAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático constituye un fenómeno global, tanto por sus causas como por sus efectos y, en consecuencia, requiere de una respuesta multilateral basada en la colaboración de todos los países. La comunidad internacional viene trabajando desde hace años en la elaboración de un marco que aborde la vertiente supranacional del cambio climático.

A nivel científico, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) fue creado en 1988 conjuntamente por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con la finalidad de evaluar la información científica, técnica y socioeconómica pertinente para la comprensión del riesgo de cambio climático inducido por los seres humanos. Desde su creación, el IPCC ha producido una serie de completos Informes de Evaluación sobre el estado de nuestros conocimientos acerca de las causas del cambio climático, sus efectos potenciales, y las opciones en cuanto a estrategias de respuesta. Ha preparado también Informes Especiales, Documentos Técnicos, Metodologías y Directrices. Las publicaciones del IPCC se han convertido en obras de referencia de uso habitual, ampliamente utilizadas por los responsables de políticas, los científicos y otros expertos.

A nivel jurídico, y hasta la fecha presente, La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), constituye la iniciativa de carácter multilateral más relevante. Se adoptó en 1992 en Río de Janeiro y entró en vigor en 1994. La Convención, ratificada por 186 países, tiene como objetivo último lograr una estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera con el fin de impedir perturbaciones peligrosas de carácter antropógeno en el sistema climático.

Desde que entró en vigor, cada año se organiza la llamada Conferencia de las Partes de la Convención, en diferentes ciudades del mundo, con el fin de hacer una puesta en común de la problemática del cambio climático, evaluar los avances obtenidos y tomar decisiones.

La Convención no fija obligaciones cuantificadas de limitación de emisiones. En cambio, introduce la posibilidad de adoptar otros instrumentos jurídicos conexos. El instrumento que desarrolla la Convención, estableciendo limitaciones a las emisiones de un grupo de países y creando algunos mecanismos novedosos de reducción de las emisiones es el Protocolo de Kyoto.

El Protocolo de Kyoto (PK) fue aprobado en el año 1997, en la ciudad japonesa de Kyoto, durante la tercera Conferencia de las Partes de la Convención y entró en vigor en el año 2005. Mediante este acuerdo los países desarrollados se comprometen a reducir colectivamente sus emisiones un 5,2% como media anual durante el periodo 2008-2012 con relación a las emisiones del año base, 1990. El reparto entre los países fue desigual dependiendo del mayor o menor grado de desarrollo y responsabilidad en las emisiones pasadas: reducción de un 8% para el conjunto de la Unión Europea, un 7% para EE UU (que no lo ratificó) y un 6% para Japón, Ucrania, la Federación Rusa y Nueva Zelanda.... El Protocolo no obliga en una primera fase a los países en desarrollo, dadas sus menores emisiones por habitante.

⁵ Partes por millón en volumen

La última Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP-15), se celebró en Copenhague en Diciembre de 2009, y terminó con más pena que gloria.

Es verdad que por lo menos se llegó a un acuerdo, pero a un acuerdo de mínimos, lejos de las grandes expectativas puestas en la Conferencia para llegar a acuerdos ambiciosos y vinculantes, que trazaran la estrategia medioambiental del planeta para el año 2013 y en adelante, una vez terminada la vigencia del Protocolo de Kyoto, en 2012.

El acuerdo de mínimos, que recoge la propuesta hecha por Estados Unidos, China, India, Brasil y Sudáfrica, se concreta en:

- Se acepta limitar el aumento de la temperatura del planeta a menos de 2° C, tomando como referencia la época preindustrial, pero no fija los límites a los que va a llegar cada país ni la forma de verificarlo.
- Se logra detallar la contribución económica que se hará a la lucha contra el cambio climático
- En el documento anexo se habla de la importancia de proteger los bosques y de la importancia de los mercados de carbono.

Los esperados acuerdos vinculantes, tendrán que esperar al menos hasta la próxima cumbre que se celebrará en el año 2010 en la ciudad de México.

1.5. CONTEXTO NACIONAL Y PROVINCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO

España, por su situación geográfica, su fisiografía y su climatología, es muy vulnerable al cambio climático. En los últimos años la temperatura media ha aumentado más del doble que la media mundial.

Las estimaciones para el futuro, con un grado de probabilidad alto, apuntan a cambios negativos para el medio ambiente y la sociedad. Algunos de estos cambios son los siguientes:

- Aumento acelerado de las temperaturas, mayor que el promedio mundial. Las consecuencias directas son, entre otras: Aumento de las olas de calor en número e intensidad; Aumento de los días calurosos y disminución de los días fríos; Disminución de la cobertura de nieve en invierno, en duración e intensidad.
- Disminución importante de las precipitaciones, sobretodo dentro de la región climática mediterránea, ya de por sí más escasa en precipitaciones. La consecuencia directa, muy grave teniendo en cuenta la subida de las temperaturas, es el aumento del déficit hídrico, con graves consecuencias en el medio ambiente y la sociedad (escasez de agua, disminución de cosechas y pastos, aumento del riesgo de incendios forestales, desaparición o desplazamiento de especies animales o vegetales).
- Aumento de los fenómenos climáticos extremos (Lluvias torrenciales, olas de calor, sequías), que unidos a una fisiografía general de montaña, agudizarán los problemas de erosión y desertización.
- Aumento del nivel del mar.

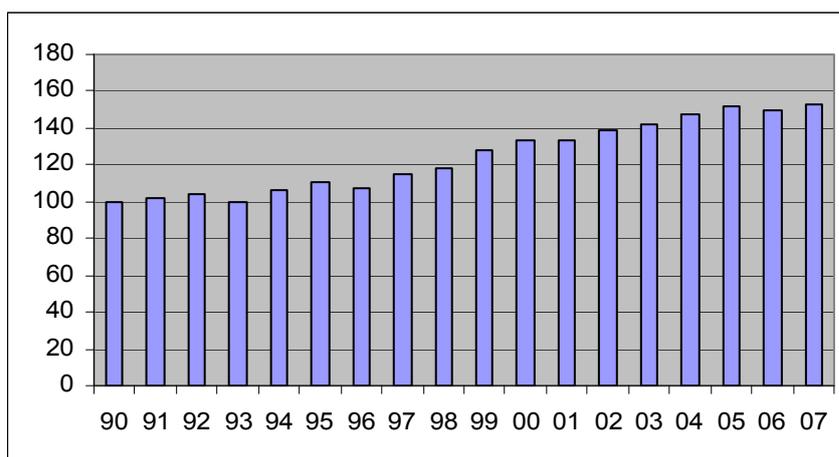
España, ante esta situación futura y como Estado Miembro de la Unión Europea, participa y debe participar activamente, en el proceso de negociación internacional, que se desarrolla principalmente a través de reuniones anuales de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y del Protocolo de Kyoto.

Los quince países que formaban parte de la Unión Europea cuando se adoptó y ratificó el Protocolo, de conformidad con las reglas en él establecidas, acordaron redistribuir el objetivo comunitario entre los Estados miembros. Como consecuencia de esta distribución a España le corresponde limitar en un 15% el crecimiento de sus emisiones durante el periodo 2008-2012, como media anual, respecto al año base.

Lo que en un principio parecía una situación más favorable que la de otros países Europeos (ya que se permitía aumentar las emisiones), pronto se quedó corta y actualmente España es el país europeo que más lejos está de sus objetivos de Kyoto.

Las emisiones de España muestran una tendencia de crecimiento significativo desde el año 1990 (ver figura 2). Esto ha llevado a unas emisiones totales en CO₂ equivalente de 440,7 Mt ⁶ en 2005, frente a las 289,6 Mt de 1990 (un incremento del 52%). El motivo de este fuerte incremento está asociado al fuerte desarrollo económico, al aumento de población, al incremento de la demanda energética y al crecimiento de la movilidad. España tiene el perfil emisor típico de un país industrializado, donde dominan las emisiones procedentes del manejo de la energía, de la industria y del transporte.

Figura 2. Índice de evolución de emisiones en España, desde 1990 hasta el año 2007, en % respecto a 1990.



Ante esta situación de aumento de emisiones, el Gobierno Estatal ha tenido que desarrollar numerosos instrumentos que pongan en marcha medidas urgentes para cumplir con el compromiso de Kyoto, todos ellos dentro del marco de la normativa comunitaria Europea en materia de Cambio Climático:

- Estrategia Española para el Cumplimiento del Protocolo de Kyoto.
- Estrategia Española de Cambio Climático y Energía limpia. Horizonte 2007-2012-2020
- Plan Nacional de Asignación 2005-2007
- Plan Nacional de Asignación 2008-2012
- Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética. 2008-2012

⁶ Megatoneladas (toneladas x 10⁶)

La Rioja

El clima mediterráneo de la Comunidad de La Rioja, la fisiografía predominante de montaña y la importancia relativamente elevada del sector agrario, hacen que nuestra Comunidad sea especialmente vulnerable al cambio climático. Las estimaciones para el futuro apuntan, con un grado de probabilidad alto, a los mismos cambios negativos comentados a nivel nacional.

Nuestra comunidad, como parte responsable del cambio climático, participa y debe participar en los procesos de negociación nacional relacionados con la materia.

Las emisiones de GEI en La Rioja, muestran al igual que el conjunto nacional, una tendencia general de aumento desde el año base (1990), pero con un importante aumento en el año 2005, relacionado con la puesta en marcha de la Central de Ciclo Combinado de Gas Natural en el polígono El Sequero.

Tabla 1. Emisiones en miles de toneladas de CO₂ equivalente en La Rioja y comparación con el total nacional.

Año	La Rioja	% respecto a 1990	España	% La Rioja en España
1990	1609	100,0	289773	0,56
1991	1623	100,9	294374	0,55
1992	1641	102,0	301667	0,54
1993	1629	101,2	290336	0,56
1994	1725	107,2	306646	0,56
1995	1782	110,8	318778	0,56
1996	1845	114,7	311283	0,59
1997	1907	118,5	332250	0,57
1998	2087	129,7	342431	0,61
1999	2193	136,3	370661	0,59
2000	2279	141,6	384981	0,59
2001	2331	144,9	385462	0,60
2002	2383	148,1	402621	0,59
2003	2532	157,4	410137	0,62
2004	2717	168,9	426039	0,64
2005	4029	250,4	440887	0,91
2006	4138	257,2	433339	0,95

En vista de esta tendencia al alza en las emisiones de CO₂, y de acuerdo a los compromisos internacionales y nacionales en cuanto a disminución de gases de efecto invernadero, La Rioja ha desarrollado acciones complementarias y adicionales a los planes nacionales que conlleven a una reducción de las emisiones.

En este contexto la comunidad de La Rioja ha puesto en marcha la Estrategia Regional Frente al Cambio Climático 2008-2012, apoyada en la Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Este documento propone 72 medidas de actuación en 8 áreas diferentes, para contribuir a la reducción de GEI en La Rioja, en especial las referentes al sector difuso⁷.

⁷ En el sector difuso se engloban todo el conjunto de actividades que generan GEI, y que no proceden de instalaciones sujetas al comercio de emisiones: algunas actividades industriales, sector agrario, sector residencial, sector del transporte...

2. PAPEL DE LOS BOSQUES FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

2.1. EL CICLO DEL CARBONO

Antes de analizar el papel de los bosques frente al cambio climático, debemos entender los mecanismos que regulan la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Para ello es fundamental entender el denominado ciclo del carbono, ya que son los gases que contienen este elemento, los principales gases de efecto invernadero.

El carbono en nuestro planeta Tierra, se encuentra en diferentes formas y en los siguientes depósitos principales:

- En la atmósfera en forma de CO₂, CH₄ y halocarburos
- En la superficie oceánica en forma de CO₂ disuelto
- En los organismos vivos, vegetales y animales, en forma de compuestos orgánicos
- En los despojos orgánicos y humus de los suelos, en forma de compuestos orgánicos
- En la turba y los combustibles fósiles
- En las rocas calizas

Entre estos depósitos hay flujos de entrada y de salida, de mayor o menor cuantía, por lo que el carbono circula constantemente de unos depósitos a otros, es lo que se denomina ciclo del carbono. El ciclo del carbono es muy complejo, aunque consiste básicamente en:

Fijación del CO₂ por medio de la fotosíntesis:

- Fijación de CO₂ atmosférico por los organismos vegetales terrestres.
- Fijación de CO₂ disuelto en el agua por los organismos vegetales acuáticos

Liberación del CO₂ por respiración o combustión:

- Respiración de los propios organismos vegetales
- Respiración de los organismos animales
- Respiración de los organismos descomponedores
- Combustión de vegetales
- Combustión de combustibles fósiles

Hasta la época preindustrial, prácticamente sin combustión de combustibles fósiles, la liberación de CO₂ estaba más o menos compensada con la fijación. Las variaciones climáticas prehumanas o cuando el hombre apenas influía en la naturaleza, se explicaban por un lento mecanismo de autorregulación de la temperatura de la tierra. Si se incrementa la cantidad de CO₂ en la atmósfera, sube la temperatura, aumenta la actividad fotosintética y ello implica mayor retirada del CO₂ de la atmósfera, lo que causa un descenso de las temperaturas, una menor actividad fotosintética y un nuevo incremento de CO₂. Los análisis del CO₂ a partir de muestras de hielo que abarcan muchos milenios, corroboran esta teoría.

Pero desde que comenzó la era industrial, entorno al año 1750, el consumo de combustibles fósiles ha desequilibrado el ciclo del carbono, y actualmente de forma mucho más acusada. Por ello las emisiones son mayores que la fijación de carbono y como resultado tenemos el aumento de carbono en la atmósfera, el calentamiento global y su cambio climático asociado.

Para mitigar este desequilibrio en el ciclo del carbono hay dos vías principales, una es reducir las emisiones y otra aumentar la fijación por medio de la fotosíntesis de los vegetales. En este estudio se va a analizar el importante papel de los bosques en la tarea de fijadores de carbono atmosférico y como productores de materiales que evitan la quema de combustibles fósiles.

2.2. EL CARBONO EN LOS BOSQUES

El carbono es el componente fundamental de todos los organismos vivos, ya que el 50% del peso (materia seca) de los seres vivos, está formado por este elemento. La mayoría de este carbono se almacena en los ecosistemas forestales.

A pesar de que la superficie ocupada por los bosques supone sólo el 30% de la superficie terrestre, se estima que aproximadamente el 80% del carbono contenido en la biomasa aérea de toda la vegetación mundial se encuentra en los ecosistemas forestales, y por ello suponen el mayor reservorio de carbono de la biocenosis.

Una vez que el CO₂ atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de los árboles, mediante la fotosíntesis, éste pasa a formar parte de la composición de la madera y de los demás tejidos, aunque la respiración de los árboles devuelve a la atmósfera parte del carbono absorbido.

Los árboles en su crecimiento renuevan y retiran parte de sus órganos. La retirada de sus órganos (hojas, flores, frutos, ramas...) libera carbono del árbol, que pasa a formar parte de los despojos orgánicos del suelo. Paralelamente a este proceso, se produce anualmente un aumento de las dimensiones del árbol (crecimiento) que se realiza a partir de la acumulación de carbono. En el suelo, el carbono fijado en la materia orgánica y en el humus, es la resultante del balance entre los aportes de los restos vegetales que se incorporan anualmente y las emisiones hacia la atmósfera, originadas por la descomposición de la materia orgánica del suelo y del humus.

El balance entre el carbono acumulado en el árbol, como resultado de su crecimiento y el liberado por el desprendimiento de partes del mismo, determina la fijación neta de carbono por el árbol, que es positiva mientras se mantiene en crecimiento.

El mismo razonamiento puede hacerse cambiando el concepto árbol por el de masa forestal, incluyendo aquí el balance neto de todas las especies vegetales que lo componen: árboles, arbustos, matorrales y herbáceas.

Por lo tanto, un bosque tiene fijación neta de carbono si su biomasa está en crecimiento, mientras que supone un fuente neta de emisiones si la biomasa decrece por las circunstancias que sean (deforestación, incendio, perturbaciones naturales, cortas, etc.).

Por otra parte, al intervenir selvícolamente en un bosque, se extraen diferentes fracciones de biomasa acumuladas en él: madera, leña, corcho... Cada uno de los productos finales, tienen un tiempo de uso medio (vida media) después del cual se degradan aportando carbono al suelo y CO₂ a la atmósfera. El tiempo durante el cual el carbono se mantiene formando parte de productos del bosque, se considera que se encuentra almacenado (secuestrado) aunque ya no esté en el ecosistema forestal.

El uso de biomasa como combustible supone un balance neutro de carbono, porque el carbono liberado en la combustión ha sido previamente fijado. Pero al evitar la quema de combustibles fósiles que sí suponen una emisión neta a la atmósfera, suponen una vía importante a tener en cuenta para reducir las emisiones.

De todo ello, se desprende que el papel de los bosques frente al cambio climático es esencial. Las estrategias de reducción del CO₂ atmosférico, por vía forestal, pueden ser de varios tipos:

- Incremento de las existencias de biomasa en pie, bien por medio de la repoblación forestal o bien variando la silvicultura (p. e. alargando el turno)
- Incremento del carbono fijado en productos de la madera de larga duración, promoviendo el consumo de madera, en detrimento de otros productos como el hierro o el hormigón que causan mayores emisiones
- Utilización de la biomasa como combustible en sustitución de combustible fósiles.

De cara a la gestión forestal, estas estrategias pueden combinarse y resumirse en una sola que es aumentar la superficie boscosa y obtener de ella el máximo de productos, sin comprometer su conservación.

Los bosques no pueden fijar todo el carbono que se emite actualmente a la atmósfera, pero por su capacidad de fijación y almacenamiento son esenciales y permiten mitigar el problema durante un tiempo, es decir, los bosques ofrecen la oportunidad de “comprar el tiempo necesario” para poner en marcha nuevas estrategias que logren la reducción de emisiones (Jandl, 2001).

Se estima que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de repoblación en todo el mundo, los bosques podrían resultar un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, permitiendo secuestrar entre un 20 y un 50% de las emisiones netas de CO₂ a la atmósfera (IPCC, 1996).

En España los estudios recientes de Montero y Cols., realizados por el Instituto Nacional de Investigación Agraria, han estimado que los bosques españoles secuestran en la actualidad el 19% de las emisiones anuales de España (según datos del año 2006), y ello sin tener en cuenta el carbono fijado en los suelos, en los productos de la madera y el carbono que se evita emitir de combustibles fósiles por la utilización de biomasa.

Frente a esta capacidad real, las políticas de lucha contra el cambio climático no han dado el interés merecido al papel de los bosques. El Plan Nacional de Asignación sólo prevé compensar un 2% de las emisiones de CO₂ con la absorción por sumideros (incluyendo tanto a los sumideros forestales como a los sumideros agrícolas, éstos últimos de menor importancia comparada).

Este desequilibrio entre la potencialidad de absorción real y la calculada se debe, por una parte al establecimiento de formas de medición internacionales, que a falta de datos deben ser conservadoras y por otra parte a que de cara al Protocolo de Kyoto, no todo el carbono que se fija es contabilizable.

En cuanto se desarrollen métodos prácticos de medición y verificación del carbono absorbido por los bosques, es de esperar que se potencie el gran valor de uno de los pocos sumideros naturales de carbono de los que dispone la humanidad.

3. ABSORCIÓN DE CO₂ POR LOS BOSQUES RIOJANOS SEGÚN LAS NORMAS DEL IPCC

3.1. DIRECTRICES E INFORMES DEL IPCC EN MATERIA FORESTAL

La firma del Convenio Marco sobre el Cambio Climático en Río de Janeiro en 1992, instó a todas las Partes, a elaborar, actualizar periódicamente, publicar y poner a disposición de la Conferencia de las Partes, sus inventarios nacionales de emisiones antropogénicas, clasificadas por fuentes, y de las remociones (absorciones), clasificadas por sumideros, para los gases de efecto invernadero. Así mismo instó a emplear metodologías comparables para los inventarios de las emisiones y remociones, que se someterían a la aprobación de la Conferencia de las Partes.

Las diferentes Directrices del IPCC han surgido con el objetivo de prestar ayuda a las Partes (países) para poner en práctica metodologías comunes e internacionales para los inventarios.

En este contexto surgieron primero las *Directrices del IPCC de 1995* y después, reconociendo que las Directrices son un documento en constante revisión, se publicaron las *Directrices del IPCC para los inventarios de los gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (Directrices revisadas)*⁸.

En estas Directrices revisadas se dedica un capítulo, el Capítulo 5, al “cambio del uso de la tierra y la silvicultura”.

En 1998, la Conferencia de las Partes de la Convención, invitó al IPCC a preparar una *orientación sobre las buenas prácticas de las Directrices revisadas del IPCC de 1996*. Como las Partes habían acordado ya utilizar las Directrices del IPCC para estimar las emisiones y absorciones de GEI, la función de la orientación sobre las buenas prácticas no era sustituir a las Directrices de IPCC sino más bien proporcionar asesoramiento coherente con ellas.

El IPCC terminó a tiempo su labor, y en el año 2000, fue aprobada en la Conferencia de las Partes, la *Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (OBP2000)*⁹.

Pero la OBP2000 no abarca las actividades de cambio de uso de la tierra y silvicultura descritas en el Capítulo 5 de las Directrices Revisadas del IPCC, porque cuando se estaba elaborando la OBP2000 el IPCC estaba a la vez preparando el *Informe Especial sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IE-UTCUTS)* y la labor paralela hubiera entrañado un riesgo de incoherencia con el Informe Especial. Además se estaban realizando importantes negociaciones sobre UTCUTS en las Conferencias de las Partes y el IPCC reconoció que sería mejor preparar la orientación sobre las buenas prácticas para el UTCUTS teniendo en cuenta los resultados de esas negociaciones.

En la 7ª Conferencia de las Partes, que tuvo lugar en Marrakech, terminaron las negociaciones sobre UTCUTS, y en ella se instó al IPCC a elaborar un informe sobre las buenas prácticas y la gestión de incertidumbres en relación con la medición, estimación, y notificación de las emisiones y absorciones de GEI en el sector UTCUTS.

El IPCC respondió elaborando el informe *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (OBP-UTCUTS)*¹⁰. Este informe completa junto con el OBP2000 todos los sectores considerados en las Directrices revisadas del IPCC de 1996, para los

⁸ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>

⁹ http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html

¹⁰ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html>

inventarios nacionales de GEI. La OBP-UTCUTS es por tanto la herramienta fundamental para la elaboración de los Inventarios Nacionales dentro del sector UTCUTS.

Pero además de marcar las pautas para la elaboración de los inventarios nacionales, el informe también marca ciertas pautas para las actividades UTCUTS consideradas en el Protocolo de Kyoto, que son un subconjunto de las abarcadas en el Capítulo 5 de las Directrices del IPCC. Para estas actividades hay requisitos más precisos en cuanto a definiciones, información geográfica, depósitos de carbono y gases de efecto invernadero que han de tenerse en cuenta, en la OBP-UTCUTS se ofrecen medios para cumplirlos.

Por último, en el año 2006, como resultado de una nueva invitación de la Convención, el IPCC ha elaborado las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*¹¹. Estas Directrices actualizan las *Directrices, versión revisada en 1996 y la orientación de las buenas prácticas* asociada (OBP2000 y OBP-UTCUTS).

3.2. ABSORCIÓN DE CO₂, SEGÚN EL INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI DE ESPAÑA.

3.2.1. INTRODUCCIÓN AL INVENTARIO NACIONAL DE GEI. AÑOS 1990-2007

En 1995, la Conferencia de las Partes, órgano supremo de la Convención, establece que los países desarrollados (Partes del Anexo 1) presentarán un Inventario Nacional Anual de Gases de Efecto Invernadero, como base para demostrar el cumplimiento de sus compromisos.

El Inventario de Emisiones de GEI de España, Años 1990-2007¹², constituye la edición correspondiente al año 2009. La citada edición, revisa las estimaciones dadas para los años del periodo 1990-2006, y extiende al año 2007 las estimaciones.

En el capítulo 7 del Inventario se aborda el sector del Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y la Silvicultura (sector UTCUTS). La metodología aplicada para la realización de los inventarios de este capítulo sigue las pautas elaboradas por el IPCC en:

- Directrices del IPCC para los inventarios de los gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996 (Directrices revisadas)
- Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (OBP-UTCUTS)

El Capítulo 7 del Inventario se divide en varios usos del suelo: Bosques o Tierras Forestales¹³, Cultivos, Pastizales, Humedales, Asentamientos y Otras tierras. La división del territorio nacional en usos del suelo ha requerido adoptar definiciones internacionales para separar los diferentes usos.

¹¹ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

¹² http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4771.php

¹³ A efectos de los Inventarios de GEI, la definición de bosque es equivalente a la de tierra forestal. Esto no hay que confundirlo con lo que en España se considera superficie forestal, ya que esta última engloba superficies de bosques, matorrales y pastizales, mientras que la primera sólo considera los bosques.

En lo que respecta a los bosques, el Inventario Español, a los efectos de su presentación a la Convención Marco sobre Cambio Climático, considera bosques o tierras forestales¹⁴, las zonas arboladas con Fracción de Cobertura Cubierta mayor o igual del 10% ($FCC \geq 10\%$)¹⁵. También se consideran bosques las superficies que normalmente forman parte de la zona boscosa pero carecen temporalmente de población forestal a consecuencia de la intervención humana, por ejemplo de la explotación, o de causas naturales, por ejemplo incendios, pero que se espera vuelvan a convertirse en bosque.

3.2.2. ASIGNACIÓN DE SUPERFICIES A LOS DIFERENTES USOS DEL SUELO

Las normas de inventario de GEI del IPCC, obligan a usar diferentes metodologías para cada uso de la tierra, y dentro de cada uso a evaluar de forma diferente, los GEI de las tierras de un determinado uso que permanecen en ese uso, y los GEI de las tierras que procedentes de otro uso se han convertido a un determinado uso.

Por ejemplo, en el caso de los bosques, por una parte hay que hacer inventario de los GEI de los bosques que permanecen como bosques, y por otra parte hay que hacer inventario de los GEI de las tierras convertidas a Bosque.

No obstante lo anterior, en el caso de los bosques y de acuerdo a las normas de la OBP-UTCUTS, las conversiones a bosque se consideran que tienen un periodo de maduración de 20 años, hasta que se integran plenamente en el uso forestal al que se han convertido. Por ejemplo una tierra de cultivos repoblada en el año t , pertenece a la categoría de tierra convertida a bosque desde el año t hasta el año $t + 19$, y en el año $t + 20$ pasa a ser bosque que permanece como bosque.

¹⁴ La 7ª Conferencia de las Partes, celebrada en Marrakech en 2001, en el Anexo de su decisión 11 define "Bosque" como *superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros (m) a su madurez in situ. Un bosque puede consistir en formaciones forestales densas, donde los árboles de diversas alturas y el sotobosque cubren una proporción considerable del terreno, o bien en una masa boscosa clara. Se consideran bosques también las masas forestales naturales y todas las plantaciones jóvenes que aún no han alcanzado una densidad de copas de entre el 10 y el 30% o una altura de los árboles de entre 2 y 5 m, así como las superficies que normalmente forman parte de la zona boscosa pero carecen temporalmente de población forestal a consecuencia de la intervención humana, por ejemplo de la explotación, o de causas naturales, pero que se espera vuelvan a convertirse en bosque.*

Partiendo de las definiciones adoptadas en los acuerdos de Marrakech, son las Partes (autoridades nacionales) quienes deben elegir las definiciones entre los baremos allí establecidos, de forma que sean coherentes con sus datos y con los acuerdos internacionales y las bases de datos de referencia de FAO.

¹⁵ Sin embargo a efectos del Protocolo de Kyoto se ha adoptado la $FCC=20\%$ como umbral inferior para la definición de bosque.

Según consultas realizadas al personal del Servicio de Protección de los montes Contra Agentes Nocivos, para futuros inventarios se quiere unificar criterios y considerar la $FCC=20\%$ como umbral inferior para los bosques a efectos de la Comunicación a la Convención y a efectos del Protocolo de Kyoto

En este contexto, España para la realización del Inventario Nacional ha considerado:

- Para la categoría bosque que permanece como bosque, la superficie boscosa de 1990
- Para la categoría de tierras convertidas a bosque, la superficie forestada en el ámbito de la PAC¹⁶

La medición de superficie boscosa de 1990 a nivel nacional, se ha realizado en base a la cartografía CORINE LANDCOVER de 1990 (CLC90), superponiendo a la misma, la cobertura del Mapa Forestal de España a escala 1:50000 (MFE50) para separar las diferentes zonas según FCC. Se ha seleccionado esta base cartográfica por ser la única cartografía disponible desde 1990 que cubre el total de la superficie nacional.

La Rioja

Para que el cálculo de la absorción de CO₂ por los bosques de La Rioja sea coherente con el del Inventario Nacional, se van a tomar las mismas consideraciones para la superficie boscosa. Es decir:

- Para la categoría bosque que permanece como bosque, la superficie boscosa de 1990, en La Rioja
- Para la categoría de tierras convertidas a bosque, la superficie forestada en el ámbito de la PAC, en La Rioja

Ha sido imposible obtener del Servicio de Protección de los montes Contra Agentes Nocivos del MARM, las coberturas del CORINE LANDCOVER para La Rioja y por ello, el cálculo de la superficie boscosa en 1990 (superficie de bosque que se mantiene como bosque) se va a estimar utilizando los datos del Inventario Forestal Nacional nº 2 (IFN2).

En el IFN2, se define superficie forestal arbolada¹⁷, como aquel territorio o ecosistema poblado con especies forestales arbóreas como manifestación vegetal de estructura vertical dominante y con una fracción de cabida cubierta por ellas igual o superior al 10%.

La información es coherente puesto que el CLC90 abarca coberturas arbóreas de FCC mayor o igual al 10% y el IFN2 abarca también coberturas arbóreas de FCC mayor o igual al 10%. La posible discrepancia, que desconocemos, puesto que no disponemos de los datos de CLC90 podría estar en que el IFN2 utiliza el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos del año 1974, como cartografía base, mientras que las superficies forestales del CLC90 se han superpuesto con las del MFE50 para discernir entre las diferentes fracciones de cabida cubierta.

La superficie forestal arbolada de La Rioja según el IFN2 es de 118806 hectáreas. Este dato será el que utilizaremos para los cálculos de La Rioja, como bosque que sigue siendo bosque.

Respecto a la superficie convertida a bosque, ya se apuntó que en el Inventario Nacional, sólo se ha considerado las repoblaciones forestales en el ámbito de la PAC.

En la Tabla 2, se muestra la relación de hectáreas repobladas en la Rioja en el ámbito de la PAC y en la Figura 3 se muestra la evolución de las cifras.

¹⁶ No se entiende por qué no se ha considerado el resto de repoblaciones forestales. Tampoco se entiende por qué no se evalúa la superficie convertida a bosque por regeneración natural. Según el personal del Servicio de Protección de los montes Contra Agentes Nocivos del MARM (SPCAN) hay problemas de definición para las superficies de regeneración natural y las repobladas fuera de la PAC, y por ese motivo no se han incluido.

¹⁷ La superficie forestal arbolada rala según el IFN2, contabilizada a parte, es aquel territorio poblado con especies forestales arbóreas como manifestación dominante y con FCC entre el 5 y el 10%.

Figura 3. Evolución de las repoblaciones PAC en La Rioja

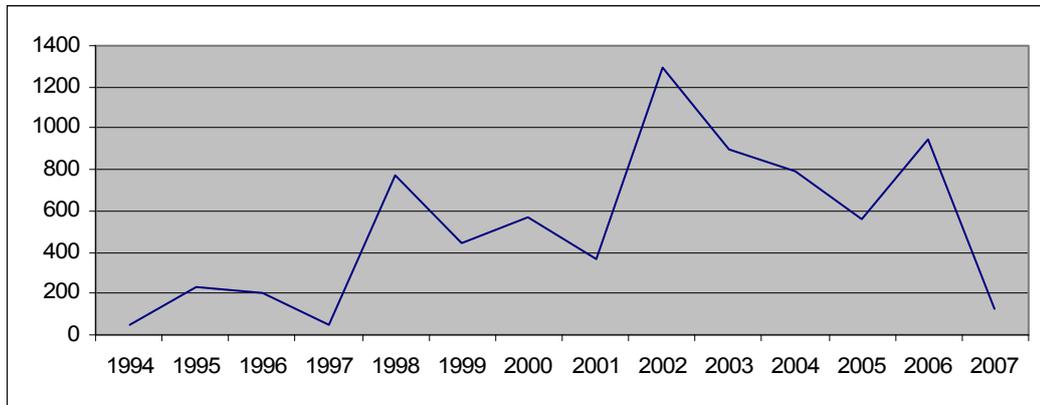


Tabla 2. Relación de hectáreas repobladas en La Rioja en el ámbito de la PAC ¹⁸

Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Hectáreas	48	227	206	48	768	446	568	370	1297	896	795	559	950	127

3.2.3. ABSORCIÓN DE CO₂ EN BOSQUES QUE PERMANECEN COMO BOSQUES

En la OBP-UTCUTS se describe la estimación de los cambios de existencias de carbono teniendo en cuenta cinco categorías de sumideros: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, residuos y materia orgánica del suelo.

El cambio anual de carbono en los bosques que se mantienen como bosques es la suma de los cambios anuales en cada uno de los sumideros.

En la OBP-UTCUTS, el cambio anual de carbono se presenta en la Ecuación 3.2.1, que es la siguiente:

$$\Delta C_{FF} = \Delta C_{FFLB} + \Delta C_{FFDOM} + \Delta C_{FFSoils}$$

Donde:

ΔC_{FF} = cambio anual de existencias de carbono en bosque que permanece como bosque

ΔC_{FFLB} = cambio anual de existencias de carbono en biomasa viva (incluida la biomasa aérea y subterránea) en bosque que permanece como bosque

ΔC_{FFDOM} = cambio anual de existencias de carbono en la materia orgánica muerta (incluida madera muerta y residuos) en bosque que permanece como bosque

$\Delta C_{FFSoils}$ = cambio anual de existencias de carbono en suelos, en bosque que permanece como bosque

¹⁸ Fuente: Anuario de Estadística 2008 del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Datos aportados por las Comunidades Autónomas al Ministerio.

a) Cambio anual de carbono en biomasa viva en bosque que permanece como bosque

Para calcular el primero de los sumandos de la ecuación anterior, la OBP-UTCUTS utiliza la Ecuación 3.2.3, que es la siguiente:

$$\Delta C_{\text{FFLB}} = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1) \quad \text{y} \quad C = [V \times D \times \text{BEF}] \times (1+R) \times \text{CF}$$

Donde:

C_{t_2} = Carbono total de la biomasa calculado en la fecha t_2

C_{t_1} = Carbono total de la biomasa calculado en la fecha t_1

V = Volumen específico de madera comercializable (m^3)

D = Densidad de la madera básica (t m. s.¹⁹ / m^3 de volumen comercializable)

BEF = Factor de expansión de biomasa para convertir el volumen comercializable en volumen total de la biomasa arbórea sobre el suelo, sin dimensiones.

R = Relación raíz-vástago²⁰, sin dimensiones

CF = Fracción de carbono de la materia seca

El Inventario Nacional de GEI siguiendo las pautas del IPCC, obtiene el dato del volumen maderable (V) de los Inventarios Forestales Nacionales de cada provincia. Concretamente se utilizan los datos contenidos en la Tabla 301 de los Inventarios Forestales. Esta tabla contiene, entre otros datos, el volumen maderable con corteza (V_{cc}) en metros cúbicos por hectárea de bosque para cada especie arbórea.

Respecto al factor de expansión de biomasa ($\text{BEF} \times D$) el Inventario Nacional utiliza los aportados por el CREAM (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales) que equivalen al producto D (densidad correspondiente a cada especie) por el correspondiente BEF (factor de expansión de biomasa calculado para cada especie). Se han utilizado estos factores por estar validados internacionalmente a través de la Acción Cost E21²¹, por referirse específicamente a especies forestales en territorio español, siendo así más ajustados a la realidad nacional que los factores por defecto del IPCC y por considerarse conservadores.

Al aplicar el factor de expansión a raíces (R), se obtiene el valor total de biomasa, tanto aérea como subterránea. En la Tabla 3.A.1.8 de la OBP-UTCUTS se proponen una serie de valores para R. Se han tomado los correspondientes a los tipos de vegetación de coníferas y frondosas, de los que se ha calculado la media de los valores:

- Bosque de coníferas: $R = 0,337$
- Bosque de frondosas: $R = 0,326$

¹⁹ Toneladas de materia seca

²⁰ Entendiendo vástago como el total de la biomasa aérea

²¹ <http://eprints.kfupm.edu.sa/117737>

Por último, se aplica el valor por defecto propuesto en la OBP-UTCUTS del coeficiente de fracción de carbono existente en la materia seca (CF), cuyo valor es 0,50 toneladas de carbono por cada tonelada de materia seca.

La Rioja

En las Tablas 3 y 4 expuestas a continuación, se muestra el cálculo del carbono en la biomasa viva, para la provincia de La Rioja. Se parte de los datos de Volumen con corteza de cada especie, por hectárea arbolada, según la Tabla 301 del IFN2 y del IFN3 de la provincia de La Rioja, y aplicando los factores BEF×D, R y CF se obtiene el carbono total en la biomasa viva, para los años 1987²² y 1999²³.

Los datos de partida de Volumen con corteza para cada especie, vienen dados en volumen por hectárea arbolada. Es decir para cada especie se contabilizan los datos de cada uno de los estratos del IFN, se suman y se dividen por el total de hectáreas arboladas (todas las hectáreas arboladas de la provincia). En estas hectáreas arboladas se suman incluso las hectáreas de monte arbolado ralo, porque en el IFN3 el monte arbolado ralo abarca desde FCC=5% hasta FCC=20%, y es imposible separar las hectáreas de FCC entre 5 y 10% de las de FCC entre 10 y 20%.

Tabla 3. Conversión del volumen con corteza del IFN2 a Carbono en la biomasa viva.

Especie	Vcc (m ³ /ha)	BEF×D (t/m ³)	R	CF	C ₁₉₈₇ (tC/ha)
<i>Pinus sylvestris</i> ²⁴	19,0665922	0,62	0,337	0,50	7,90
<i>Pinus nigra</i>	1,9158205	0,64	0,337	0,50	0,82
<i>Pinus halepensis</i>	1,0240277	0,74	0,337	0,50	0,51
<i>Pinus pinaster</i> ²⁵	0,2882935	0,55	0,337	0,50	0,11
<i>Pseudotsuga menziesii</i> ²⁶	0,5566763	0,44	0,337	0,50	0,16
<i>Fagus sylvatica</i>	24,5494400	0,81	0,326	0,50	13,18
<i>Quercus pyrenaica</i>	14,8315625	1,11	0,326	0,50	10,91
<i>Quercus ilex</i>	2,7643580	1,28	0,326	0,50	2,35
<i>Quercus faginea</i>	1,8022024	1,11	0,326	0,50	1,33
<i>Quercus petraea</i> ²⁷	0,3192411	0,84	0,326	0,50	0,18
<i>Populus nigra</i> y <i>P. x canadensis</i> ²⁸	5,5029986	0,62	0,326	0,50	2,26
<i>Fraxinus sp.</i> ²⁹	0,7926743	0,83	0,326	0,50	0,44
<i>Acer sp.</i>	0,2060540	0,90	0,326	0,50	0,12
<i>Ilex aquifolium</i>	0,1822915	0,80	0,326	0,50	0,10
Otras frondosas ³⁰	0,4309521	0,80	0,326	0,50	0,23
TOTALES	74,2331847				40,60

²² La toma de datos de campo para el IFN2 de La Rioja se llevó a cabo entre Enero y Julio de 1988. Como la mayoría de los datos se tomaron antes del crecimiento de 1988, se considera año de referencia el año 1987.

²³ La toma de datos de campo para el IFN3 de La Rioja se llevó a cabo en dos periodos, el primero entre Junio y octubre de 1999 y el segundo en Junio de 2000. Se toma el año 1999 como año de referencia. De esta forma se es coherente con el intervalo entre inventarios, fijado en 12 años.

²⁴ Incluye una pequeña cantidad de *Pinus uncinata*

²⁵ Incluye pequeñas cantidades de *Juniperus communis* y *J. oxycedrus*

²⁶ Incluye pequeñas cantidades de *Larix sp.* y *Picea abies*

²⁷ Incluye pequeña cantidad de *Quercus robur*

²⁸ Incluye cantidades de *Populus alba* y *P. tremula*

²⁹ Incluye *Salix sp.*

³⁰ Incluye de mayor a menor importancia: *Corylus avellana*, *Sorbus sp.*, *Tilia sp.*, *Prunus sp.*, *Ulmus sp.*, *Juglans regia*, *Betula pubescens*, *Sambucus nigra* y *Sambucus racemosa*

Tabla 4. Conversión del volumen con corteza del IFN3 a Carbono en la biomasa viva.

Especie	Vcc (m ³ /ha)	BEFxD (t/m ³)	R	CF	C ₁₉₉₉ (tC/ha)
<i>Pinus sylvestris</i> ³¹	26,2715334	0,62	0,337	0,50	10,89
<i>Pinus uncinata</i>	0,331572	0,61	0,337	0,50	0,14
<i>Pinus nigra</i>	4,7256392	0,64	0,337	0,50	2,02
<i>Pinus halepensis</i>	1,4046736	0,74	0,337	0,50	0,69
<i>Pinus pinaster</i> ³²	0,7538025	0,55	0,337	0,50	0,28
<i>Pseudotsuga menziesii</i> ³³	2,0325761	0,44	0,337	0,50	0,60
<i>Fagus sylvatica</i>	26,4139237	0,81	0,326	0,50	14,19
<i>Quercus pyrenaica</i> ³⁴	14,9609799	1,11	0,326	0,50	11,01
<i>Quercus ilex</i>	4,3408315	1,28	0,326	0,50	3,68
<i>Quercus faginea</i>	2,1591642	1,11	0,326	0,50	1,59
<i>Quercus petraea</i> ³⁵	0,4795839	0,84	0,326	0,50	0,27
<i>Populus nigra</i> y <i>P. x canadensis</i>	4,7344346	0,62	0,326	0,50	1,95
<i>Fraxinus sp.</i> ³⁶	0,3963058	0,83	0,326	0,50	0,22
<i>Salix sp.</i> ³⁷	0,9017116	0,80	0,326	0,50	0,48
<i>Acer sp.</i>	0,3312440	0,90	0,326	0,50	0,20
<i>Ilex aquifolium</i>	0,2401091	0,80	0,326	0,50	0,13
<i>Crataegus sp.</i> ³⁸	0,6457224	0,80	0,326	0,50	0,34
Otras frondosas ³⁹	0,3938008	0,80	0,326	0,50	0,21
TOTALES	91,5176083				48,89

Las hectáreas arboladas cambian del IFN2 al IFN3, pero la metodología asume que en los bosques que siguen siendo bosques, el crecimiento anual de carbono por hectárea, es el mismo que en el total de las hectáreas arboladas de cada IFN.

En la tabla 5 se calcula, a partir de los datos de carbono por hectárea arbolada de los IFN2 y 3, el incremento anual de carbono por hectárea arbolada, para cada especie y en total. En la última columna se obtiene el incremento anual de carbono de toda la superficie de bosque que sigue siendo bosque multiplicando los datos de la columna anterior por la superficie de bosque que sigue siendo bosque (superficie arbolada del IFN2 con FFC >= 10%, 118806 hectáreas).

³¹ En la tabla 5 se agrupa con *Pinus uncinata* para que sea comparable con la tabla 3

³² Incluye una pequeña proporción de *Juniperus communis* y *J. oxycedrus* y una muestra testimonial de *P. pinea*

³³ Incluye pequeñas cantidades de *Larix sp.*, *Picea abies* y *Pinus radiata*

³⁴ Incluye una mínima representación testimonial de *Q. pubescens*

³⁵ Incluye pequeña cantidad de *Quercus robur*

³⁶ En la tabla 5 se agrupa con *Salix sp.* para que sea comparable en cierta medida con la tabla 3

³⁷ Incluye una cantidad importante de *Populus alba* y otras menores de *Populus tremula*, *Alnus glutinosa* y *Tamarix sp.*

³⁸ Incluye una pequeña cantidad de *Prunus sp.* y una mínima de *Rhamnus alaternus*, en la tabla 5 se engloba en otras frondosas para que sea comparable en cierta medida con la tabla 3.

³⁹ Incluye de mayor a menor importancia: *Sorbus sp.*, *Corylus avellana*, *Tilia sp.*, *Juglans regia*, *Ulmus sp.*, *Betula sp.* y *Malus sylvestris*, y una cantidad mínima de *Pyrus sp.*, *Cornus sanguinea*, *Olea europaea*, *Buxus sempervirens*, *Amelanchier ovalis*, *Arbutus unedo*, *Sambucus nigra*, *Euonymus europaeus* y *Phillyrea latifolia*

Tabla 5. Incremento anual de carbono en la biomasa viva según especies

Especie	$C_{1999} - C_{1987}$ (tC/ha)	ΔC_{FFLB} (tC/ha×año)	ΔC_{FFLB} (tC/año)
<i>Pinus sylvestris</i>	3,13	0,26	30989
<i>Pinus nigra</i>	1,20	0,10	11881
<i>Pinus halepensis</i>	0,18	0,02	1782
<i>Pinus pinaster</i>	0,17	0,01	1683
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,44	0,04	4356
<i>Fagus sylvatica</i>	1,01	0,08	10000
<i>Quercus pyrenaica</i>	0,10	0,01	990
<i>Quercus ilex</i>	1,33	0,11	13168
<i>Quercus faginea</i>	0,26	0,02	2574
<i>Quercus petraea</i>	0,09	0,01	891
<i>Populus nigra</i> y <i>P. x canadensis</i>	-0,31	-0,03	-3069
<i>Fraxinus sp.</i>	0,27	0,02	2673
<i>Acer sp.</i>	0,08	0,01	792
<i>Ilex aquifolium</i>	0,03	0,00	297
Otras frondosas	0,32	0,03	3168
TOTALES	8,30	0,69	82174

Los datos según especies principales, no son comparables en algunos casos, pues hay que tener en cuenta las especies accesorias incluidas en cada especie principal, las cuales se han apuntado en las notas al pie de página de cada una de las tablas 3 y 4.

El ejemplo más llamativo, es el de la fila *Populus nigra* y *Populus x canadensis*. Si observamos la fila, nos encontramos un decrecimiento del carbono acumulado en la biomasa viva, pero ello es más bien debido, a que en el IFN2 se ha englobado a las dos especies principales *Populus alba* y *Populus tremula*, mientras que en el IFN3 *Populus alba* y *Populus tremula* se han englobado en la fila *Salix sp.* y ésta, en la tabla 5, se engloba con *Fraxinus sp.* para compararla con la tabla 3.

Por lo tanto el crecimiento anual de carbono en los bosques de La Rioja que siguen siendo bosques, es de 82174 toneladas de Carbono. $\Delta C_{FFLB} = 82174$ tC. La cifra aportada por el Inventario Nacional para la totalidad de España asciende a 5857000 tC, por lo que la cifra de la comunidad de La Rioja supone el 1,4 % del total nacional.

Para pasar el dato a toneladas de CO₂ absorbido hay que multiplicar por la relación entre el peso de la molécula de CO₂ y el del átomo de carbono (44/12). El resultado es 301305 toneladas de CO₂ absorbido anualmente por los bosques de La Rioja (21475667 tCO₂ en España).

b) Cambio anual de existencias de carbono en la materia orgánica muerta de bosques que siguen siendo bosques

En la OBP-UTCUTS se consideran dos tipos de variación de carbono en materia orgánica muerta:

- Madera muerta
- Residuos/detritus

Debido a la falta de estudios específicos en España, se deben considerar los datos por defecto marcados en la OBP-UTCUTS.

Puesto que no existe un cambio significativo en el tipo de bosque o régimen de manejo, no es necesaria la estimación de estos valores. En la OBP-UTCUTS se asume que la tasa de transferencia al depósito de madera muerta y residuos/detritus es igual a la tasa de transferencia desde estos depósitos a otros, de manera que la variación neta es nula (se consideran que permanecen constantes a lo largo del tiempo)

Por tanto, el valor del cambio anual de existencias de carbono en la materia orgánica muerta, de bosques de La Rioja que siguen siendo bosques es nulo. $\Delta C_{FFDOM} = 0$

c) Cambio anual de existencias de carbono en los suelos de bosques que siguen siendo bosques

Bajo esta categoría se engloban dos subgrupos diferentes:

- La fracción orgánica de los suelos forestales minerales
- Los suelos orgánicos

Las emisiones o capturas de CO₂ por parte del suelo, se asocian a los cambios en las existencias de carbono orgánico en el suelo. Estos cambios son resultado del balance entre las ganancias de carbono fijado fotosintéticamente y las pérdidas por descomposición.

Bajo el nivel de precisión 1 (nivel de precisión tomado por defecto), que es el nivel elegido por España (debido a la falta de estudios específicos) se asume que cuando el bosque se mantiene como bosque, las existencias de carbono en suelos minerales permanecen constantes si no hay grandes cambios en el manejo forestal o tipo de bosque. Por eso se considera un balance nulo.

De la misma manera, los cambios en las existencias de carbono en suelos orgánicos (turberas y similares) se asocian al drenaje y a perturbaciones debidas a la gestión o manejo, y no han sido considerados ni en el inventario nacional ni en el presente estudio para La Rioja, al no ser este tipo de suelos relevante a nivel nacional ni a nivel provincial.

Por lo tanto, el valor del cambio anual de existencias de carbono, en suelos de bosques de La Rioja que siguen siendo bosques es nulo. $\Delta C_{FFSoils} = 0$

3.2.4. ABSORCIÓN DE CO₂ EN TIERRAS QUE PASAN A SER BOSQUE

Según la OBP-UTCUTS, las tierras gestionadas son convertidas a bosques tanto por regeneración natural como artificial (incluidas plantaciones). La estimación de los cambios de existencias de carbono también se hace teniendo en cuenta cinco categorías de sumideros: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, residuos y materia orgánica del suelo.

En la OBP-UTCUTS, el cambio anual de carbono en tierras convertidas a bosques se presenta en la Ecuación 3.2.2.1, que es la siguiente:

$$\Delta C_{LF} = \Delta C_{LFLB} + \Delta C_{LFDOM} + \Delta C_{LFSOils}$$

Donde:

ΔC_{LF} = cambio anual de existencias de carbono en tierras convertidas a bosque

ΔC_{LFLB} = cambio anual de existencias de carbono en biomasa viva (incluida la biomasa aérea y subterránea) en tierras convertidas a bosque

ΔC_{LFDOM} = cambio anual de existencias de carbono en la materia orgánica muerta (incluida madera muerta y residuos) en tierras convertidas a bosque

$\Delta C_{LFSOils}$ = cambio anual de existencias de carbono en suelos, en tierras convertidas a bosques

a) Cambio anual de carbono en biomasa viva en tierras convertidas a bosque

Los cambios anuales en existencias de carbono en la biomasa viva se estiman distinguiendo las tierras convertidas a bosques con manejo intensivo (regeneración artificial) de las convertidas a bosque con manejo extensivo (regeneración natural).

En el caso de manejo intensivo, las zonas consideradas han sido las correspondientes a las tierras agrarias reforestadas en el ámbito de la PAC, ya que estas áreas se han regenerado de forma artificial. Ya se apuntó en el apartado de las superficies, que no se entiende por qué no se consideran otras repoblaciones forestales fuera del ámbito de la PAC. Según el personal del Servicio de Protección de los montes Contra Agentes Nocivos del MARM (SPCAN), hay problemas de definición y cómputo, para otros tipos de superficies convertidas a bosques por regeneración artificial

En el caso de manejo extensivo, el resultado correspondería al área forestal que no cumplía las condiciones de bosque y que, por el aumento de la masa y de la Fracción de Cábida Cubierta (>10%), pasaría a serlo. Es decir, el regenerado forestal natural. Esta situación, sin embargo, tampoco se ha registrado en el Inventario Nacional de GEI. Según el personal del SPCAN también hay problemas de definición y cómputo para las superficies de regeneración natural, y por ese motivo no se han incluido, por ahora.

Por lo tanto, el cambio anual de existencias de carbono en la biomasa viva de tierras convertidas a bosque, queda reducido al de las repoblaciones forestales realizadas en el ámbito de la PAC.

Para estimar este valor la OBP-UTCUTS propone la siguiente ecuación

$$G_{total} = G \times (1+R) \quad y \quad G = I \times D \times BEF$$

Donde:

G_{total} = crecimiento anual de biomasa en toneladas de materia seca por hectárea y año

G = incremento medio anual de biomasa aérea en toneladas de materia seca por hectárea y año

R = coeficiente de expansión de biomasa a las raíces (sin dimensión)

I = media anual del incremento neto en el volumen comercial en metros cúbicos por hectárea y año

D = densidad básica de la madera en toneladas por metro cúbico

BEF = factor de expansión de la biomasa, para conversión del incremento neto anual de biomasa del volumen comercial con corteza al incremento de biomasa aérea del árbol (sin dimensión).

Para estimar el incremento medio anual del volumen comercial en plantaciones, el Inventario Nacional de GEI ha considerado el Mapa de Productividad Potencial de España (publicado por el antiguo Ministerio de Medio Ambiente). Este mapa divide la superficie nacional en 14 categorías y asigna por comunidades autónomas un porcentaje de superficie que corresponde a cada categoría.

El incremento anual de volumen aéreo comercial, para la Comunidad Autónoma de La Rioja, ha quedado fijado en $I = 4,09 \text{ m}^3/\text{ha} \times \text{año}$

No se contabilizan las pérdidas de biomasa por recolección, recogida de leñas o perturbaciones en las tierras que pasan a ser bosques, debido a que es una información ya incluida en los datos de partida.

Del mismo modo que en el apartado bosque que se mantiene como bosque, los factores de expansión de la biomasa aérea utilizados, son los aportados por el CREAM, denominados BEF×D, que equivalen al producto de BEF por D. El factor de expansión a raíces se ha obtenido de la Tabla 3.A.1.8 de la OBP-UTCUTS.

Al disponer sólo de información limitada, sobre el desglose por especies utilizadas para la repoblación forestal de tierras agrarias, se han considerado unos valores medios de los factores de expansión a biomasa aérea y a raíces:

$$- \quad (\text{BEF} \times \text{D})_{\text{med}} = 0,72$$

$$- \quad R_{\text{med}} = 0,331$$

Por lo tanto, el crecimiento anual de biomasa, en toneladas de materia seca por hectárea y año, para la Comunidad de La Rioja es:

$$G_{\text{total}} = 4,09 \times 0,72 \times (1 + 0,331) = 3,92 \text{ t m.s./ha} \times \text{año}$$

Para pasar a toneladas de carbono, aplicamos también el valor por defecto propuesto en la OBP-UTCUTS para el coeficiente de fracción de carbono existente en la materia seca (CF), que es $\text{CF} = 0,50$.

El cambio anual de existencias de carbono en biomasa viva, en tierras convertidas a bosque en toneladas de carbono por hectárea.

$$\Delta C_{\text{LFLB}} = 1,96 \text{ tC/ha}$$

En la tabla 2, se expuso la relación de hectáreas repobladas en La Rioja en el ámbito de la PAC, y también se explicó que de acuerdo a las normas de la OBP-UTCUTS, las conversiones a bosque se consideran que tienen un periodo de maduración de 20 años, hasta que se integran plenamente en el uso forestal al que se han convertido.

Por ello, ahora se presenta otra tabla, la tabla 6 en la que se exponen para cada año las tierras convertidas a bosques que permanecen en dicha categoría, y se calcula para cada año el incremento anual de toneladas de carbono en la biomasa viva en dichas hectáreas.

Puesto que el número de hectáreas que permanecen como tierras convertidas a bosques va aumentando, el máximo se alcanza en el último año inventariado que es el año 2007.

Para este año, el cambio anual de existencias de carbono, en la biomasa viva de tierras convertidas a bosque, en la comunidad de La Rioja, asciende a 14318 toneladas de carbono.

$$\Delta C_{\text{LFLB}} = 14318 \text{ tC}$$

Tabla 6. Incremento de carbono en biomasa viva, en las tierras convertidas a bosque

Año	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Hectáreas PAC ⁴⁰	48	227	206	48	768	446	568	370	1297	896	795	559	950	127
Hectáreas LF ⁴¹	48	275	481	529	1297	1743	2311	2681	3978	4874	5669	6228	7178	7305
ΔC_{LFBB} (tC)	94	539	943	1037	2542	3416	4530	5255	7797	9553	11111	12207	14069	14318

El total nacional según los datos aportados por el Inventario Nacional asciende a 1763000 tC en el año 2007, por lo que la aportación de la Comunidad de La Rioja supone el 0,8 % del total nacional.

En toneladas de CO₂ absorbido, la cifra regional en 2007, asciende a 52499 tCO₂ (6464433 tCO₂ en España)

b) Cambio anual de carbono, en la materia orgánica muerta, en tierras convertidas a bosque.

Igual que en el caso de bosque que se mantiene como bosque, en la OBP-UTCUTS se expone que, en caso de inexistencia de estudio específicos en el país, validados internacionalmente, se asuman los valores por defecto (Nivel 1). Los valores por defecto consideran que la tasa de transferencia al depósito de madera muerta y residuos/detritus es igual a la tasa de transferencia desde estos depósitos a otros, de manera que la variación neta es nula.

Por lo tanto, el cambio anual de existencias de carbono en la materia orgánica muerta (incluida madera muerta y residuos) en tierras convertidas a bosque es nulo. $\Delta C_{LFDOM} = 0$

En la actualidad, se están desarrollando estudios para contabilizar el carbono en la materia orgánica muerta, con el objetivo de que sean validados internacionalmente, ya que está claro que al pasar una tierra agrícola a forestal el contenido de materia orgánica muerta aumenta al menos en los primeros años, pero el problema ahora mismo es que no se sabe contabilizar.

c) Cambio anual de carbono en los suelos, en tierras convertidas a bosque.

También están en estudio las aportaciones de carbono al suelo, con el objetivo de que los datos sean validados internacionalmente, y así se puedan contabilizar. Mientras tanto aunque se sabe que el carbono en los suelos que pasan a ser bosque aumenta, hay que asumir que las transferencias son nulas. $\Delta C_{LFSoils} = 0$

⁴⁰ Relación anual de hectáreas repobladas en el ámbito de la PAC

⁴¹ Relación anual de hectáreas de tierras convertidas a bosque que permanecen como tal. La cifra de cada año es la suma de la del año anterior más las hectáreas repobladas en dicho año.

3.2.5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para que el sector forestal adquiriera un papel preponderante como sumidero de carbono, es deseable que la metodología del Inventario Nacional, utilizada y validada actualmente, mejore muchos aspectos.

En la biomasa viva

Solamente en lo que se refiere al incremento de carbono en la biomasa viva, los estudios desarrollados en el INIA por Montero y colaboradores y su aplicación a la comparación de inventarios, desarrollada en este estudio, aportan un dato de fijación neta anual por los bosques riojanos de 1275524 toneladas de CO₂, lo cual dista mucho de las 353804 t CO₂ absorbidas en 2007 por la suma de los bosques que siguen siendo bosques y de las tierras convertidas a bosques, según la metodología del Inventario Nacional de GEI.

Las diferencias entre los datos del Inventario Nacional de GEI y el estudio del INIA, se deben a las diferentes metodologías utilizadas, a los datos por defecto que se deben utilizar en el Inventario Nacional a falta de datos específicos y que son conservadores, y sobre todo a los problemas de definición que se presentan a la hora de computar superficies.

A nuestro juicio, el problema del cómputo de superficies, es el mayor de los problemas que infravalora en gran medida la absorción de CO₂ por los bosques, ya que:

- No se contabilizan repoblaciones forestales fuera del ámbito de la PAC
- No se contabilizan las nuevas superficies de bosque conseguidas por la regeneración natural

Pero además, la metodología del Inventario Nacional para el cálculo del incremento de carbono en la biomasa viva, de los bosques que siguen siendo bosques, infravalora en gran medida la capacidad real de fijación. La explicación es la siguiente:

- Los datos de incremento de carbono en la biomasa viva, proceden de los volúmenes con corteza medios por hectárea arbolada del IFN2 y del IFN3, aplicando después los factores de transformación.
- En el IFN3 los volúmenes con corteza medios por hectárea, de la tabla 301, se han obtenido dividiendo los volúmenes totales por el total de hectáreas arboladas (incluidas las nuevas hectáreas arboladas). Lógicamente, las nuevas hectáreas que entran en el cómputo, rebajan la media de volumen por hectárea, puesto que son hectáreas con poca biomasa ya que en el IFN2 no eran hectáreas arboladas. Este volumen medio, es menor que el que se obtendría considerando solamente las hectáreas que ya estaban arboladas en el IFN2.
- Para obtener el valor final, la diferencia de carbono por hectárea (que procede de la diferencia de volúmenes medios por hectárea) sólo se multiplica por las hectáreas arboladas en 1990.

En definitiva, además de que de las superficies de regeneración natural o de repoblaciones fuera de PAC no se contabilizan, se están teniendo en cuenta para rebajar el volumen medio por hectárea del IFN3 y ello redundará en una gran infravaloración de la realidad de la absorción de carbono de la biomasa viva.

En la materia orgánica muerta y los suelos

En cuanto al incremento de carbono en la materia orgánica muerta y en los suelos (humus), debido a la falta de metodologías específicas, también se está infravalorando la capacidad real como sumideros de carbono de estos depósitos.

Si bien es cierto que estos dos depósitos son bastante estables en los bosques maduros y por lo tanto la fijación neta es nula en ellos, también es cierto que en las primeras etapas del establecimiento de una masa forestal los valores aumentan claramente, sobre todo si partimos de suelos agrícolas. Por lo tanto a nuestro juicio se está infravalorando el incremento de carbono en estos depósitos, fundamentalmente en las tierras convertidas a bosques.

El Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE) de Zaragoza, basándose en metodologías de la OBP-UTCUTS de nivel de precisión superior, ha estudiado el carbono retenido por la superficie arbolada de la provincia de Teruel.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7. Carbono retenido en los diferentes depósitos, en la superficie arbolada de la provincia de Teruel

	tC/ha	%	toneladas
Carbono Biomasa viva	21,1	18	9660537
Carbono M.O. muerta	21,6	18	9911836
Carbono Suelo	76,1	64	34891324
Carbono total bosques	118,8	100	54463697

La conclusión fundamental y esperanzadora que obtenemos de la tabla, es que los depósitos de carbono de la materia orgánica y del suelo, lejos de ser poco importantes, suponen el 18 y el 64% respectivamente, del total del carbono retenido en los bosques. Y por lo tanto, las variaciones de contenido en estos depósitos, a pequeñas que sean, suponen una cantidad muy apreciable de carbono retenido o emitido.

Con ello, queremos recalcar, que las tierras con poca materia orgánica muerta y con poco porcentaje de humus en el suelo, que sean convertidas a bosque, suponen un sumidero importante de carbono al menos en los primeros años, no solo en la biomasa viva, sino también y en mayor medida gracias a estos depósitos.

Como detalle, sabemos por ejemplo, que las zonas templadas, cubiertas con vegetación natural, tienen porcentajes de humus en peso, en los horizontes edáficos superiores, que oscilan entre el 2,5 y el 10%, mientras que en las tierras agrícolas los porcentajes de humus en los horizontes superiores son inferiores al 2%. Es decir, se puede estimar que la cantidad de humus al pasar de tierra agrícola a forestal termina triplicándose.

La conclusión final es que se deberían desarrollar con urgencia, metodologías precisas y verificables, para que sean validadas internacionalmente y así poder dar la importancia merecida a estos dos sumideros tan importantes del sector forestal.

4. PROTOCOLO DE KYOTO. ABSORCIÓN DE CO₂ CONTABILIZABLE

En este capítulo, se van a exponer los aspectos que regulan el funcionamiento del Protocolo de Kyoto, con especial detalle en lo que se refiere a los sumideros de carbono biológicos.

Se va a explicar el estado actual de la normativa a nivel internacional y nacional, pero no se va a hacer valoración a nivel de la Comunidad de La Rioja, debido a que como las definiciones, directrices y normas de contabilidad no se han fijado todavía a nivel nacional, difícilmente podemos hacer una valoración a nivel de Comunidad de La Rioja que sea coherente.

Lo que se pretende es exponer la situación actual, para detectar y discutir las carencias de la normativa, y proponer mejoras para el futuro en lo que denominaremos escenario post-Kyoto

4.1. INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO. MECANISMOS DE FLEXIBILIDAD

El Protocolo de Kyoto (PK), es el instrumento que desarrolla y dota de contenido concreto, las prescripciones genéricas de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. La existencia de compromisos cuantificados de limitación de emisiones es la columna vertebral del Protocolo de Kyoto, y aquello que lo hace único frente a otras iniciativas internacionales de lucha contra el cambio climático.

Pero el PK presenta otros elementos singulares que merecen nuestra atención. El primero de estos elementos consiste en un conjunto de tres instrumentos de mercado concebidos para que las reducciones de emisiones se produzcan allí donde los costes de mitigación son menores. Son los llamados Mecanismos de Flexibilidad. El segundo elemento singular en el diseño del PK lo constituye la inclusión de las absorciones de carbono por los sumideros biológicos en la contabilidad del balance de emisiones nacionales.

Los Mecanismos de Flexibilidad del Protocolo de Kyoto son el Mecanismo de Desarrollo Limpio, el Mecanismo de Aplicación Conjunta y el Comercio de Emisiones. Los dos primeros son los denominados mecanismos basados en proyectos.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio, permite la inversión de un país desarrollado (País Anexo I) en un país no desarrollado (País no incluido en el Anexo I), para la ejecución de proyectos de reducción de emisiones o de fijación de carbono. De esta manera, el país desarrollado recibe los créditos de reducción conseguidos con el proyecto, que utiliza para alcanzar sus compromisos dimanantes del Protocolo. El Mecanismo de Desarrollo Limpio se ha revelado como un instrumento eficaz para incentivar la transferencia de tecnología limpia a los países en vías de desarrollo y propiciar que su crecimiento económico vaya ajustándose a una senda de moderación en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero.

El Mecanismo de Aplicación Conjunta, permite la inversión de un país desarrollado, en otro país desarrollado, para la ejecución de proyectos de reducción de emisiones o de fijación de carbono. El país receptor, se descuenta las unidades de reducción de emisiones del proyecto, que adquiere el país inversor.

El Comercio de Emisiones, permite a los países desarrollados, adquirir créditos de otros países desarrollados, para alcanzar, de forma eficiente desde el punto de vista económico, los compromisos adquiridos en Kyoto. De esta manera, los que reduzcan sus emisiones más de lo comprometido podrán vender los créditos de emisiones sobrantes a los países que consideren más difícil o más oneroso satisfacer sus objetivos.

En la Unión Europea el Comercio de emisiones lleva funcionando desde el año 2005. Como en otros tipos de mercados, el valor de la tonelada de CO₂ oscila dependiendo de la oferta y la demanda. En verano del 2008, antes de la recesión económica mundial, el valor del CO₂ en el mercado llegó a los 31 €/tCO₂, y sin embargo en Febrero de 2009 en plena recesión económica bajo hasta los 8,2 €/tCO₂. Tras esa fecha el valor se ha ido recuperando poco a poco y en Septiembre de 2009 alcanzó un valor de 15,45 €/tCO₂.

Los países, o aquellas personas jurídicas a las que éstos hayan autorizado, pueden intercambiar en el mercado, los distintos tipos de unidades contables reconocidos por el Protocolo de Kyoto, es decir: Reducciones Certificadas de Emisiones (RCEs), generadas por proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio, Unidades de Reducción de Emisiones (UREs), fruto de proyectos de Aplicación Conjunta, Unidades de Absorción (UDAs), procedentes de actividades en sumideros y Unidades de Cantidad Atribuida (UCAs), inicialmente asignadas a cada Parte.

4.2. PLAN NACIONAL DE ASIGNACIÓN DE DERECHOS DE EMISIÓN

Como consecuencia de la redistribución del objetivo comunitario de reducción de emisiones para hacer frente al PK, a España le corresponde limitar en un 15% el crecimiento de sus emisiones durante el periodo 2008-2012, como media anual, respecto al año base.

Las emisiones de España muestran una tendencia de crecimiento significativo desde el año 1990 y han aumentado un 52% en 2005 respecto a 1990.

Por este motivo, España, en los últimos años, ha realizado un considerable esfuerzo para poner en marcha el comercio de derechos de emisión, que cubre en nuestro país más de 1000 instalaciones y alrededor del 45% del total nacional de emisiones de GEI. Esto se ha materializado en un periodo de tiempo relativamente breve, en el que se ha desarrollado el marco jurídico necesario para dar cobertura legal a todos los elementos de este novedoso instrumento⁴².

El elemento central, del régimen de comercio de derechos de emisión, es el Plan Nacional de Asignación (PNA). El PNA 2005-2007, determinó para ese periodo los derechos a repartir por actividades, las reservas para nuevos entrantes, las expectativas de utilización de mecanismos flexibles y la senda de cumplimiento. Una vez aprobado el Plan Nacional de Asignación, se procede a la asignación individualizada de derechos de emisión a las instalaciones afectadas.

En Mayo de 2006 se cerró el primer ciclo de aplicación del comercio de derechos de emisión, con la publicación de los datos relativos a las emisiones y entrega de derechos, por parte de las instalaciones afectadas.

Como resumen numérico del balance de emisiones frente a asignaciones en 2005, hay que señalar que globalmente se ha producido un déficit de derechos del 5,6%. Tal y como se muestra en la tabla 8, el déficit se concentra en el sector de generación eléctrica, donde alcanzó el 17,1%.

En la Comunidad de La Rioja, el comercio de emisiones afecta a 12 instalaciones, 8 de ellas pertenecientes al sector cerámico y el restante a instalaciones de combustión para la generación de energía eléctrica. Entre estas instalaciones destaca la Central Térmica de Ciclo Combinado de Arrúbal (polígono de El Sequero). Estas instalaciones suponen el 41% de las emisiones de CO₂ (año 2006).

⁴² Ley 1/2005, de 9 de Marzo, por la que se regula el régimen de comercio de derechos de emisión de GEI

Tabla 8. Balance de emisión de CO₂ por sectores en el año 2005, en millones de toneladas de CO₂

SECTOR	ASIGNACIÓN	EMISIÓN	BALANCE
Generación: carbón	59,982	73,436	-13,454
Generación: ciclo combinado	16,615	13,285	3,330
Generación: extrapeninsular	10,963	11,441	-0,478
Generación: fuel	1,490	5,876	-4,386
Industria: azulejos y baldosas	0,908	0,801	0,107
Industria: cal	2,456	2,063	0,393
Industria: cemento	27,836	27,385	0,451
Industria: fritas	0,685	0,579	0,106
Industria: pasta y papel	5,313	4,752	0,561
Industria: refino de petróleo	15,250	15,464	-0,214
Industria: siderurgia	8,695	8,252	0,443
Industria: tejas y ladrillos	4,799	4,097	0,702
Industria: vidrio	2,253	1,993	0,260
Otra combustión	15,997	14,166	1,831
TOTAL GENERAL	173,242	183,590	-10,348

En Noviembre de 2006 el gobierno aprobó el PNA 2008-2012, y procedió a su notificación inmediata a la Comisión Europea para su aprobación. Este PNA fija la nueva senda de cumplimiento para el primer periodo de compromiso del PK (2008-2012).

Esta senda de cumplimiento tiene novedades respecto a la del anterior Plan Nacional de Asignación 2005-2007. En dicho Plan se establecía un objetivo de estabilización de las emisiones, en el trienio, alrededor de +40%. Pero dado el comportamiento de las emisiones, superando la citada cantidad, se ha hecho necesaria su revisión. Este segundo PNA supone una reducción del 19,3 por 100 respecto a la asignación anual contemplada en el Plan 2005-2007, sin tener en cuenta las reservas.

El objetivo marcado para el periodo 2008-2012 por el Gobierno, es conseguir que las emisiones totales en España no superen un incremento del 37% respecto al año base. Esto supone 22 puntos porcentuales de diferencia respecto a +15%, de los cuales el 2% debe obtenerse mediante sumideros y el resto (20%) mediante mecanismos de flexibilidad (adquisición de créditos de carbono).

Dado que muchas de las medidas a llevar a cabo, corresponden a ámbitos competenciales de las Comunidades Autónomas, ha sido preciso que los instrumentos de planificación nacionales se complementen con los correspondientes instrumentos de planificación de las Administraciones autonómicas, especialmente a través de las estrategias de cambio climático autonómicas que se han elaborado a lo largo de 2007.

En este contexto, la Comunidad Autónoma de La Rioja, al igual que el resto de Comunidades Autónomas, con la puesta en marcha de la Estrategia Regional Frente al Cambio Climático, persigue los mismos objetivos, es decir, limitar el incremento de CO₂ al 37%, previendo conseguir los otros 22 puntos porcentuales de la misma forma que a nivel nacional.

4.3. LOS ACUERDOS DE MARRAKECH

Otro de los elementos singulares en el diseño del PK lo constituye la inclusión de las absorciones de carbono por los sumideros biológicos en la contabilidad del balance de emisiones nacionales. Por cada tonelada absorbida por actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) se generará una “unidad de absorción” (UDA) en el registro nacional de derechos de emisión.

Según la normativa internacional vigente, los únicos actores que pueden emplear este tipo de unidades para cumplir su compromiso de Kyoto son los países desarrollados que han ratificado de PK. Las UDAs son unidades no permanentes (el carbono puede ser reemitido a la atmósfera) y, por ello, no son canjeables con otros países. Por lo tanto, el destino final de esas UDAs son las cuentas internas del propio país que las genera.

En el artículo 3 del PK se exponen los compromisos cuantificados de limitación o reducción de emisiones de las Partes. Dentro del artículo 3, son de especial relevancia para el sector forestal los párrafos 3 y 4 del artículo.

En el párrafo 3 del artículo 3 se expone que a los efectos de cumplir con el PK, se tendrán en cuenta las actividades de forestación, reforestación y deforestación realizadas desde 1990. Así mismo, se expone que solamente serán utilizadas las variaciones de carbono almacenado que procedan de estas actividades, si son actividades directamente inducidas por el hombre, que sean verificables y de cuantificación transparente.

En el párrafo 4 del artículo 3 se expone en primer lugar que cada una de las Partes presentará para su examen, datos que permitan establecer el carbono almacenado correspondiente a 1990. Así mismo, expone, que las Partes deben establecer lo antes posible las normas para contabilizar otras actividades adicionales relacionadas con la categoría de suelos agrícolas y de cambio de uso de la tierra y silvicultura.

En los primeros años tras la aprobación del Protocolo de Kyoto, a través de las reuniones de las Partes en calidad de reunión en el Protocolo de Kyoto, se fueron fijando las normas para la contabilización de las emisiones de las fuentes y la absorción por los sumideros de CO₂, en los diferentes sectores.

Para el sector forestal, fue de especial trascendencia, la Conferencia de las Partes celebrada en Marrakech en el año 2001, (COP7, 2001) donde se aprobaron los denominados Acuerdos de Marrakech.

En los Acuerdos de Marrakech, y concretamente en el Anexo de la Resolución FCCC/CP/2001/13/Add.1, se fijaron las definiciones, modalidades, normas y directrices relativas a las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura previstas en los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del Protocolo de Kyoto, y que desarrollamos a continuación.

A los efectos de las actividades contempladas en el párrafo 3 del artículo 3 se acordaron las definiciones de bosque, forestación, reforestación y deforestación, que son las siguientes:

- Bosque: Superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros (m) a su madurez *in situ*.⁴³

Partiendo de esta definición, son las Partes (autoridades nacionales) quienes deben elegir las definiciones entre los baremos allí establecidos, de forma que sean coherentes con sus datos y con los acuerdos internacionales y las bases de datos de referencia de FAO.

La definición adoptada por España, establece como parámetros básicos:

- Cubierta mínima de copas: 20%
- Unidad mínima de superficie: 1 hectárea
- Altura mínima de los árboles en su madurez: 3 metros
- Forestación: Conversión, por actividad humana directa, de tierras que carecieron de bosque durante un periodo mínimo de 50 años, en tierras forestales⁴⁴, mediante plantación, siembra o fomento antropógeno de semilleros naturales
- Reforestación: Conversión, por actividad humana directa de tierras no boscosas en tierras forestales mediante plantación, siembra o fomento antropógeno de semilleros naturales en terrenos donde antiguamente hubo bosques, pero que están actualmente deforestados.
- Deforestación: Conversión por actividad humana directa de tierras boscosas en tierras no forestales.

A los efectos del párrafo 4 del artículo 3, se establecieron y se definieron otras actividades humanas directas adicionales: Gestión de bosques; Gestión de tierras agrícolas; Gestión de pastizales y Restablecimiento de la vegetación.

Las diferentes autoridades nacionales deben elegir, cuáles de estas actividades adicionales optan por contabilizar. Las autoridades nacionales deberán demostrar que esas actividades han tenido lugar desde 1990 y son actividades humanas.

En este contexto España ha optado por contabilizar la gestión de bosques y la gestión de tierras agrícolas.

⁴³ La definición continúa como sigue: Un bosque puede consistir en formaciones forestales densas, donde los árboles de diversas alturas y el sotobosque cubren una proporción considerable del terreno, o bien en una masa boscosa clara. Se consideran bosques también las masas forestales naturales y todas las plantaciones jóvenes que aún no han alcanzado una densidad de copas de entre el 10 y el 30% o una altura de los árboles de entre 2 y 5 m, así como las superficies que normalmente forman parte de la zona boscosa pero carecen temporalmente de población forestal a consecuencia de la intervención humana, por ejemplo de la explotación, o de causas naturales, pero que se espera vuelvan a convertirse en bosque.

⁴⁴ La definición de bosque es equivalente a la de tierra forestal. Esto no hay que confundirlo con lo que en España se considera superficie forestal, ya que esta última engloba superficies de bosques, matorrales y pastizales, mientras que la primera sólo considera los bosques.

Las definiciones de estas dos actividades son las siguientes:

- Gestión de bosques: Sistema de prácticas para la administración y el uso de tierras forestales, con el objeto de permitir que el bosque cumpla funciones ecológicas (incluida la diversidad biológica), económicas y sociales, de manera sostenible.
- Gestión de tierras agrícolas: Sistema de prácticas en tierras dedicadas a cultivos agrícolas y en tierras mantenidas en reserva o no utilizadas temporalmente para la producción agrícola.

Así mismo, el Anexo de la Resolución, establece, que para el primer periodo de compromiso (2008-2012), las absorciones derivadas de la gestión de bosques, no pueden superar el valor establecido en el apéndice del Anexo, multiplicado por cinco.

En dicho apéndice se fija un valor máximo para cada país del Protocolo de Kyoto, en megatoneladas de carbono por año. Para España el valor máximo fijado de absorción de CO₂ por la gestión de bosques es de 0,67 Mt C/año.

4.4. LA ABSORCIÓN POR SUMIDEROS EN EL PLAN NACIONAL DE ASIGNACIÓN

Como parte del Plan Nacional de Asignación 2008-2012, España ha tenido que estimar el potencial de absorción de los sumideros de carbono.

En dicha estimación se ha tenido en cuenta la absorción producida por actividades de forestación y reforestación y la absorción debida a las actividades adicionales elegidas de gestión de bosques y gestión de tierras agrícolas.

Las normas de contabilización del Protocolo de Kyoto establecen que sólo aquellas absorciones producidas por actividades realizadas desde 1990, directamente inducidas por el hombre y, ante todo, verificables, pueden ser contabilizadas.

La imposición de este conjunto de condiciones, complica en gran medida, la estimación de la absorción, ya que se deben unificar criterios para discernir entre superficies y actividades que cumplen o dejan de cumplir dichas condiciones.

España, en referencia a las normativas del PK y de los Acuerdos de Marrakech, ha decidido rendir cuenta de las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, al final del periodo de compromiso.

Por eso, en estos momentos, España está tratando de definir y unificar criterios para discernir qué actividades se pueden contabilizar y cuáles no, y por ello el cálculo apuntado en el Plan Nacional de Asignación es una estimación grosera, ya que todavía no se han fijado los criterios.

El cálculo estimativo se ha hecho tomando la referencia del informe del IPCC de 2003 sobre *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (OBP-UTCUTS)*. Este informe, además de marcar las pautas para la elaboración de los inventarios nacionales, también marca ciertas pautas para las actividades UTCUTS consideradas en el Protocolo de Kyoto, que son un subconjunto de las consideradas para los inventarios nacionales. Para estas actividades hay requisitos más precisos en cuanto a definiciones, información geográfica, depósitos de carbono y gases de efecto invernadero que han de tenerse en cuenta, y por ello, en la OBP-UTCUTS se ofrecen medios para cumplirlos.

Los pasos a seguir son paralelos a los explicados en el propio Informe para los inventarios nacionales:

- Clasificar las tierras en función de las actividades de los párrafos 3 y 4 del artículo 3 del PK. Estas clases deben identificarse como subcategorías de las categorías establecidas para los inventarios (bosques, tierras agrícolas, praderas, humedales, asentamientos y otras tierras). Por ejemplo, los bosques podrían dividirse en:
 - Bosques según el párrafo 3 del artículo 3 (forestación y reforestación)
 - Bosques según el párrafo 4 del artículo 3 (Gestión de bosques)
 - Bosques no gestionados
- Estimar las absorciones o emisiones de carbono en los diferentes tipos de tierras, para los diferentes depósitos de carbono (biomasa viva aérea, biomasa viva subterránea, madera muerta, detritus y suelos), con las mismas pautas que las explicadas para los inventarios nacionales.

España ha estimado el potencial de absorción de los sumideros en un 2% de las emisiones del año base. Las emisiones del año base son 289,773 Mt CO₂ equivalente, por lo que el 2% correspondiente son 5,795 Mt de CO₂.

Para la actividad adicional de gestión de bosques, se ha considerado el tope de 2,457 Mt CO₂ al año, porque aunque ya sabemos que las tierras correspondientes a la actividad son un subconjunto de los bosques, la metodología de los inventarios nacionales aportaba una absorción de 21,475 Mt CO₂ al año para los bosques que siguen siendo bosques, una cifra diez veces superior al techo permitido.

Sin tener en cuenta la absorción debida a la otra actividad adicional de gestión de tierras agrícolas, para las actividades de forestación y reforestación se ha estimado una fijación correspondiente a 3,338 Mt de CO₂ al año (5,795 – 2,457). Solamente con la fijación anual de las tierras forestadas en el ámbito de la PAC, se calculó en el inventario nacional de GEI una absorción de 6,464 Mt de CO₂ en el año 2007, con una fijación que va aumentando año a año.

Para las actividades de forestación y reforestación, es de esperar, que en el informe definitivo a presentar al final del periodo de compromiso, se tengan en cuenta todas estas actividades realizadas desde 1990, en el ámbito de la PAC y fuera del ámbito de la PAC. Sin embargo, por el momento, la cantidad estimada en el Plan Nacional de Asignación, valora a la baja este potencial sumidero.

4.5. DISCUSIÓN

En el apartado de discusión de resultados de la absorción de CO₂ por los bosques según la metodología del Inventario Nacional de GEI, ya se abordó ampliamente las carencias detectadas y sus consecuencias.

La normativa de contabilización del Protocolo de Kyoto, no solamente mantiene las carencias entonces enumeradas, sino que las aumenta, al considerar como contabilizable, sólo una parte de aquellas:

- No se contabilizan las nuevas superficies de bosque conseguidas por la regeneración natural
- Debido a la falta de metodologías verificables, no se considera por el momento la fijación de CO₂, en la materia orgánica y en los suelos
- El techo de fijación para la gestión de bosques es muy limitado
- Sólo se consideran las actividades directamente inducidas por el hombre

Además, creemos que el Gobierno Estatal, está despreciando por el momento, parte del escaso margen que de por sí nos da la normativa del Protocolo de Kyoto, descuidando el sector forestal. No se entiende la asignación porcentual del 2% para los sumideros de carbono, cuando sin incluir la gestión de tierras agrícolas, ni la forestación fuera del ámbito de la PAC, el potencial de generación de unidades de absorción (UDAs) de cara al Protocolo de Kyoto, ya es, en el año 2007, del 3,08% (ver tabla 9), y va en aumento.

Tabla 9. Potencial de generación de UDAs por el sector forestal en España, sin incluir forestaciones fuera del ámbito de la PAC. Elaboración propia.

CONCEPTO	MtCO ₂ /año	%
Emisiones del año base	289,773	100,00
Forestación tierras agrícolas PAC (Artículo 3.3) (año 2007)	6,464	2,23
Actividades de gestión forestal (Artículo 3.4) (tope del PK)	2,457	0,85
TOTAL UDAs	8,921	3,08

Mientras no se valore el potencial real actual del sector forestal como sumidero de carbono, poniendo en marcha estudios y trabajos que verifiquen y contabilicen la realidad del sector forestal como sumidero, difícilmente se puede fomentar el mayor y casi único sumidero natural del que disponemos para hacer frente al cambio climático.

4.6. ESCENARIOS POST KYOTO EN EL SECTOR FORESTAL

El sector forestal es clave en la lucha contra el cambio climático y su función como sumidero de carbono puede potenciarse a través de la negociación política.

Con el objetivo de garantizar la continuidad de las masas forestales como sumidero de carbono e incrementar su potencial actual, el sector forestal requiere una participación activa en la negociación de las disposiciones que han de regular los periodos post-Kyoto.

Por una parte se deben incentivar objetivos generales tales como:

- Establecer incentivos económicos nacionales e internacionales que permitan reducir la deforestación en los países en desarrollo. Actualmente las emisiones causadas por la deforestación, sobre todo en bosques tropicales, son del orden del 20% de las emisiones antropogénicas globales del planeta.
- Establecer incentivos económicos adicionales a los ya existentes que fomenten la forestación de tierras o el aumento del almacenamiento de carbono en superficies boscosas.
- Promover la implantación de un sistema internacional de contabilización de productos de madera recolectada, ya que actualmente son considerados en el sistema de contabilización como emisión inmediata a la atmósfera tras el aprovechamiento, de manera que, aunque el carbono queda almacenado durante años o incluso décadas en estos productos el mero hecho de aprovechar un monte supone actualmente una emisión instantánea de todo el carbono extraído de la masa forestal.

- Potenciar la utilización de la biomasa con fines energéticos⁴⁵. Es preciso volver a destacar que la quema de biomasa no supone una emisión adicional de GEI porque el contenido de carbono emitido ha sido previamente absorbido por la vegetación y a la vez:
 - Sustituyen en la generación de energía a la quema de combustibles fósiles, que sí se traducen claramente en emisiones de GEI
 - Evitan la acumulación de biomasa y los problemas asociados como incendios forestales

La consideración de estos dos últimos aspectos es muy importante para incentivar el mantenimiento y aprovechamiento en las masas forestales adultas, ya que actualmente estos dos aspectos no tienen consideración en el Protocolo de Kyoto.

Explicemos la importancia de estos dos aspectos brevemente:

Imaginemos un bosque ordenado, que ha cumplido el ciclo de la ordenación. En él la masa forestal no produce una fijación neta de carbono porque en teoría el crecimiento bruto se extrae por medio de la explotación forestal o muere en el monte (parte no maderable de la biomasa). En la actualidad la fijación neta de carbono según el Protocolo de Kyoto es nula, y es más, ese monte está dispuesto a sufrir una perturbación intensa (incendio, vendaval...) que suponga una gran emisión de CO₂ a la atmósfera. En definitiva, visto así, da la impresión de que un bosque adulto ya ha cumplido su función como fijador de CO₂ y sólo supone un peligro de emisión.

Sin embargo, la realidad en el ciclo del carbono, es que la explotación ordenada del bosque:

- Supone un almacenamiento adicional de carbono en forma de productos de madera recolectada
- Evita la utilización de otros materiales (acero, hormigón) que se producen con grandes emisiones de CO₂ a la atmósfera
- Evita la acumulación de biomasa que supone un gran peligro de incendio forestal
- Con los productos extraídos de baja calidad (leñas, maderas de baja calidad..) utilizados como combustible, evita la quema de combustibles fósiles

En resumen, es importante favorecer la forestación de nuevas tierras y evitar su deforestación, pero es también importante valorar los productos obtenidos del bosque adulto, que aunque ha completado el ciclo de fijación neta de CO₂ *in situ*, sigue favoreciendo la absorción de CO₂ o la reducción de emisiones, por otras vías también muy importantes.

Por otra parte, el sector forestal español, en un contexto de alejamiento de España respecto al Protocolo de Kyoto, debe negociar aspectos relacionados con la mejora de la contabilización de los sumideros de carbono, tales como:

- Ampliar o retirar los actuales límites a la generación de UDAs por mejoras en la gestión forestal, que limitan a 0,67 millones de tC anuales, la contabilización en dicha actividad para España en el periodo 2008-2012.

⁴⁵ En realidad la biomasa forestal también se considera producto de madera recolectada.

- Negociar modelos de contabilización, de la fijación forestal neta, basados en la comparación de Inventarios Forestales, retirando el adjetivo de actividades directamente inducidas por el hombre, ya que en el sector forestal esto invita a la confusión, pues la gran mayoría de las superficies están influidas por el hombre pero con un escaso nivel de gestión y explotación.
- Considerar todo tipo de forestaciones y reforestaciones, fuera y dentro del ámbito de la PAC, así como la regeneración natural de superficies boscosas en pastizales u otros terrenos agrarios abandonados.
- Incluir otras superficies forestales no arboladas, como potenciales sumideros de carbono. Estudios específicos sobre fijación de CO₂ en superficies de matorral han revelado que si bien las fijaciones de CO₂ en su biomasa son muy inferiores a las de los bosques, estas no son despreciables, ya que pueden suponer del orden del 10% en comparación con una superficie de bosque.
- Incluir las UDAs generadas por actividades UTCUTS en el régimen de comercio de derechos de emisión.

La mejora de la contabilización de los sumideros de carbono, y la consideración de todos ellos, en un contexto de mayor déficit de derechos de emisión, que es esperable que se consiga en las negociaciones post-Kyoto, fomentaría el sector forestal hasta la posición que merece, como impulsor del gran sumidero natural de carbono del que dispone la humanidad.

5. ABSORCIÓN DE CO₂ POR LOS BOSQUES RIOJANOS SEGÚN DATOS DEL INIA

5.1. BASES DE LA METODOLOGÍA

La metodología que se explica a continuación está desarrollada ampliamente en el libro “Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles” publicado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) en el año 2005 y elaborado por Gregorio Montero, Ricardo Ruiz-Peinado, Marta Muñoz y otros colaboradores.

La metodología estima la cantidad de carbono fijado en la biomasa viva, aérea y subterránea. No estima el carbono de la materia orgánica muerta ni el carbono del humus de los suelos.

El método ha consistido en cortar, trocear y pesar por separado todas las fracciones de los diferentes árboles. La muestra para cada especie, incluyó árboles pertenecientes a una masa de densidad media y con una calidad de estación característica de esa especie. La muestra se formó con árboles con desarrollo normal para la especie, excluyéndose pies debilitados, mal conformados o que estén afectados por efecto borde. La muestra fue de al menos tres árboles por clase diamétrica y especie para calcular la biomasa aérea y de un pie por clase diamétrica para calcular la biomasa radical.

De los árboles elegidos se midió el diámetro normal en pie y la altura total tras el apeo. Una vez apeados se desramaron y se procedió a la separación en sus diferentes fracciones de biomasa aérea:

- Fuste
- Ramas de diámetro superior a 7cm
- Ramas de diámetro comprendido entre 2 y 7cm
- Ramillas de diámetro menor de 2cm
- Hojas y acículas (en el caso de que se haya realizado su separación)

Para la estimación de la biomasa radical se hizo una zanja alrededor de cada tocón y se extrajo el tocón junto con el raigón de cada pie con retroexcavadora. Se limpió la tierra pegada a la raíces y se incluyeron los trozos de raíz que se encontraban en el hoyo abierto. Aunque no se obtuvo toda la raíz, se asumió que en términos de porcentaje se extrajo la mayor parte de ella.

Raíces, hojas, ramas y fustes pequeños se pesaron en básculas municipales o con cabria y romana. Los fustes de grandes dimensiones se cubicaron para la determinación del volumen. Con estas pesadas o cubicaciones se obtuvo el peso en verde de las muestras.

Posteriormente, en laboratorio, se determinó el porcentaje de humedad de cada fracción de biomasa y se obtuvo el peso seco de las muestras.

Con el peso seco de las muestras se desarrollaron funciones de regresión para cada fracción de biomasa relacionando su peso seco con su diámetro normal. Después de probarse varios métodos fue elegida la ecuación alométrica, linealizada como modelo logarítmico, y tomando como variable independiente el diámetro normal. Las funciones de regresión obtenidas fueron bastante ajustadas en términos estadísticos.

En definitiva, el modelo obtenido relaciona la biomasa seca total o de alguna de las fracciones de la biomasa (kg) en función del diámetro normal (cm).

5.2. APLICACIÓN A LOS DATOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

Precisamente se eligió como variable independiente el diámetro normal, para aplicar las ecuaciones obtenidas mediante regresión, a los datos de los Inventarios Forestales Nacionales.

Las funciones desarrolladas se aplicaron a los valores medios de las clases diamétricas, que establece el Inventario Forestal Nacional. Estas clases diamétricas van desde la clase 10cm hasta la clase 70cm con una amplitud de 5cm. Se incluyen los pies menores (con diámetro menor de 7,5cm) en la clase diamétrica de 5cm y los pies mayores (con diámetro mayor de 72,5cm) en la clase 70cm.

Los valores modulares obtenidos a partir de las funciones desarrolladas para cada especie, y que cubren todas las clases diamétricas desde pies menores hasta pies mayores, se aplican a los datos del IFN. En el libro del INIA los valores modulares se aplicaron a los datos del IFN2, multiplicando el número de pies por clase diamétrica por el valor modular, para obtener los totales de biomasa por especie.

Obtenidos los valores de biomasa, y con el porcentaje de carbono contenido en la materia seca, se pasa fácilmente a carbono acumulado o también a cantidad de CO₂ fijado. Según Kollman (1959) la composición de la madera es similar en las distintas especies leñosas, así como también dentro de un mismo árbol, en sus diversas partes. Este autor indica que todas las maderas contienen, aproximadamente, un 50% de carbono. El IPCC recomienda, como ya vimos en el capítulo anterior, considerar este porcentaje en caso de falta de datos específicos. En el libro del INIA se utilizan los datos de porcentaje de carbono que ofrece el CREAM (Ibáñez et al., 2001), completados para las especies sin datos con el valor de Kollman. En la tabla 10 se muestran los citados porcentajes para las especies presentes en La Rioja.

Tabla 10. Porcentaje en peso de carbono contenido en la materia seca aplicado a cada especie

Especie	% de carbono
<i>Pinus sylvestris</i>	50,9
<i>Pinus nigra</i>	50,9
<i>Pinus pinaster</i>	51,1
<i>Pinus halepensis</i>	49,9
Otras coníferas	50,0
<i>Fagus sylvatica</i>	48,6
<i>Quercus petraea</i>	48,4
<i>Quercus pyrenaica</i>	47,5
<i>Quercus faginea</i>	48,0
<i>Quercus ilex</i>	47,5
<i>Populus x canadensis</i>	48,3
<i>Fraxinus sp.</i>	47,8
Otras frondosas	50,0

Pero el objetivo del estudio del INIA era, además de conocer el CO₂ fijado en las masas forestales españolas, determinar cuál es la fijación neta anual.

Los incrementos anuales brutos de biomasa (o de carbono, o de CO₂) se calcularon en el estudio del INIA a partir de los datos de incremento diametral anual tomados del IFN2. Pero para obtener la fijación neta se descontaron las extracciones anuales de biomasa por cortas de aprovechamiento⁴⁶ (datos publicados en el Anuario de Estadística del MAPA).

En el propio estudio del INIA se indicaba, que la realización del IFN3 y su comparación con el IFN2, permitiría estimar el crecimiento neto de biomasa con mayor precisión. Entonces, el IFN3 todavía no estaba terminado, y no se pudo aplicar, pero ahora con el IFN3 ya publicado calcularemos el crecimiento neto por comparación de inventarios. De esta forma no hace falta calcular las pérdidas de biomasa por causas humanas (extracciones de biomasa) o naturales (mortalidad natural, incendios, perturbaciones naturales), ya que son datos tenidos en cuenta en los propios inventarios.

5.3. FIJACIÓN NETA ANUAL DE CO₂ POR ESPECIES (COMPARACIÓN DE INVENTARIOS)

En este apartado se aplica la metodología y los datos del estudio del INIA a los bosques de La Rioja, obteniendo para cada especie, el incremento anual de biomasa, el incremento anual de carbono y el incremento anual de CO₂ fijado.

Los datos, para cada especie, se presentan en una tabla:

- En la columna 1 de cada tabla aparece la lista de clases diamétricas.
- En la columna 2 se plasman los valores modulares de biomasa total (aérea y subterránea) de cada clase diamétrica, en kilogramos de materia seca por pie, que son tomados directamente del libro del INIA. En el caso de que haya varias especies agrupadas, siempre se toman los datos del INIA de la especie representativa.
- En la columna 3 se apunta el número de pies por clase diamétrica según el IFN3. Los pies mayores (todas las clases diamétricas excepto la primera) se obtienen de la tabla 201 del IFN3. En la clase diamétrica primera (5cm) se apuntan los pies de regeneración de categoría 4 (pies menores) que son los pies con altura superior a 130cm y diámetro normal entre 2,5 y 7,5. Este dato se obtiene de la tabla 210 del IFN3, aunque también se apunta en letra pequeña en la tabla 201. Como la toma de datos de campo se realizó entre Junio y Octubre de 1999 y en Junio de 2000, se considera 1999 como el año de referencia de los datos.
- En la columna 4 se apunta el número de pies por clase diamétrica según el IFN2. Los pies mayores (todas las clases diamétricas excepto la primera) se obtienen de la tabla 201 del IFN2. En la clase diamétrica primera (5cm) se apuntan los pies menores que son los pies con diámetro normal entre 2,5 y 7,5. Este dato se obtiene de la tabla 210 del IFN2, aunque también se apunta en letra pequeña en la tabla 201. Como la toma de datos de campo se realizó entre Enero y Julio de 1988 (la mayoría de los datos antes del crecimiento de 1988) se considera 1987 como el año de referencia de los datos, en consonancia con el intervalo de 12 años entre inventarios.
- En la columna 5 se calcula para cada clase diamétrica el incremento del número de pies entre el IFN2 y el IFN3. Es decir n° pies IFN3 – n° pies IFN2.

⁴⁶ Se comete error al calcular las pérdidas de biomasa teniendo en cuenta solamente las extracciones de biomasa por cortas de aprovechamiento. A las cortas de aprovechamiento, habría que añadir otras extracciones antrópicas de biomasa (extracciones de madera sin clasificar, leñas..) y también habría que añadir las pérdidas de biomasa por mortalidad o perturbaciones (incendios, perturbaciones naturales). Este error se solventa con la comparación de inventarios.

- En la columna 6, se calcula el incremento de biomasa entre inventarios, multiplicando el valor modular de biomasa total (columna 2) por el número de incremento de pies entre inventarios (columna 5), para cada clase diamétrica. El resultado se divide por 1000 para presentar las unidades en toneladas de materia seca.
- En la columna 7 se divide el valor de la columna 6 por 12 (años transcurridos entre inventarios), para obtener el incremento anual de biomasa total en toneladas de materia seca.
- En la columna 8 se multiplica el valor de la columna 7 por el porcentaje de carbono contenido en la materia seca para la especie correspondiente, obteniendo el incremento anual de carbono en toneladas.
- En la columna 9 se multiplica el valor de la columna 8 por la relación 44/12 (peso de la molécula de CO₂/peso del átomo de Carbono), para obtener el incremento anual de CO₂ fijado en toneladas.

Tabla 11. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Pinus sylvestris* ⁴⁷

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	4,8	4539841	7714012	-3174171	-15236	-1270	-646	-2369
10	26,4	4917527	6940684	-2023157	-53411	-4451	-2266	-8309
15	71,4	5486317	4892966	593351	42365	3530	1797	6589
20	144,6	5351912	2879229	2472683	357550	29796	15166	55609
25	250,1	2966415	1489733	1476682	369318	30777	15665	57438
30	391,4	1669420	768602	900818	352580	29382	14955	54835
35	571,8	853601	390962	462639	264537	22045	11221	41144
40	794,0	424024	194449	229575	182283	15190	7732	28351
45	1061,0	195326	122261	73065	77522	6460	3288	12056
50	1375,1	90779	44763	46016	63277	5273	2684	9841
55	1738,9	46738	20697	26041	45283	3774	1921	7044
60	2154,5	23858	7310	16548	35653	2971	1512	5544
65	2624,2	6630	4859	1771	4647	387	197	722
70	3150,1	5549	0	5549	17480	1457	742	2721
TOTALES		26577937	25470527	1107410	1743848	145321	73968	271216

⁴⁷ Incluye los pies de *Pinus uncinata*. Ello se debe a que en el IFN2 los datos de los dos pinos se presentan agrupados y por lo tanto para que la comparación sea coherente, se han sumado los datos del IFN3 de ambos pinos.

Tabla 12. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Pinus nigra*

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	4,7	1672242	3123567	-1451325	-6821	-568	-289	-1060
10	26,3	2813979	2702174	111805	2940	245	125	458
15	72,3	3128532	1349416	1779116	128630	10719	5456	20005
20	147,9	1740390	411348	1329042	196565	16380	8337	30569
25	257,7	519436	144075	375361	96731	8061	4103	15044
30	405,8	158764	22827	135937	55163	4597	2340	8580
35	595,8	35562	1104	34458	20530	1711	871	3194
40	830,9	9699	0	9699	8059	672	342	1254
45	1114,3	1746	0	1746	1946	162	82	301
50	1448,8	582	0	582	843	70	36	132
TOTALES		10080932	7754511	2326421	504586	42049	21403	78478

Tabla 13. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Pinus pinaster*⁴⁸

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5 _{Pin} ⁴⁹	3,8	507818	612856	-105038	-399	-33	-17	-62
5 _{Jun} ⁵⁰	22,7	6746729	3060413	3686316	83679	6973	3563	13064
10	20,9	489380	590604	-101224	-2116	-176	-90	-330
15	56,9	306556	196046	110510	6288	524	268	983
20	115,7	408228	29330	378898	43838	3653	1867	6846
25	200,7	129649	0	129649	26021	2168	1108	4063
30	314,8	24310	0	24310	7653	638	326	1195
35	460,7	1734	0	1734	799	67	34	125
40	640,7	0	0	0	0	0	0	0
45	857,1	0	0	0	0	0	0	0
50	1112,0	0	0	0	0	0	0	0
55	1407,4	678	572	106	149	12	6	22
TOTALES		8615082	4489821	4125261	165912	13826	7065	25905

⁴⁸ Incluye una pequeña proporción de *Juniperus communis* y *Juniperus oxycedrus* y una mínima muestra de *Pinus pinea*.

⁴⁹ 5_{Pin} equivale a pies menores de *Pinus*. Debido a que en el IFN3 se apunta que el 93% de los pies menores corresponden a *Juniperus*, y que las tablas del INIA ofrecen un dato de biomasa total por pie de *Juniperus* muy diferente al de *Pinus pinaster*, se han separado los pies menores de *Juniperus* y de *Pinus*. Para separar los pies menores en el IFN2, se ha supuesto la misma proporción de pies entre las clases 5_{Pin} y 10 del IFN2 que la obtenida entre las clases 5_{Pin} y 10 del IFN3. $5_{Pin}/10_{IFN3} = 1,0376762$

⁵⁰ 5_{Jun} equivale a pies menores de *Juniperus*.

Tabla 14. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Pinus halepensis*

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	5,5	936662	2276232	-1339570	-7368	-614	-306	-1122
10	25,9	2226025	2185595	40430	1047	87	43	158
15	63,9	1407289	712464	694825	44399	3700	1846	6769
20	121,3	526294	155475	370819	44980	3748	1870	6857
25	199,5	90143	21046	69097	13785	1149	573	2101
30	299,6	17218	4857	12361	3703	309	154	565
35	422,6	3467	3238	229	97	8	4	15
TOTALES		5207098	5358907	-151809	100643	8387	4185	15345

Tabla 15. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Pseudotsuga menziesii*⁵¹

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	7,5	61469	467229	-405760	-3043	-254	-127	-466
10	36,6	142169	349790	-207621	-7599	-633	-317	-1162
15	92,3	241544	369662	-128118	-11825	-985	-493	-1808
20	178,1	331112	160118	170994	30454	2538	1269	4653
25	296,8	269724	30842	238882	70900	5908	2954	10831
30	450,8	187908	7343	180565	81399	6783	3392	12437
35	641,8	64937		64937	41677	3473	1737	6369
40	871,9	6835		6835	5959	497	249	913
45	1142,5	1230		1230	1405	117	59	216
TOTALES		1306928	1384984	-78056	209327	17444	8722	31981

⁵¹ Incluye una pequeña porción de *Larix sp.* y una muestra testimonial de *Pinus radiata* y *Picea abies*. Los datos de la columna 2, tomados del estudio del INIA corresponden al capítulo otras coníferas.

Tabla 16. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Fagus sylvatica*

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	54,4	20124654	19877369	247285	13452	1121	545	1998
10	150,2	8621030	5872693	2748337	412800	34400	16718	61299
15	285,8	4019833	3237932	781901	223467	18622	9050	33183
20	463,7	2701910	2110297	591613	274331	22861	11110	40737
25	686,6	1725510	1211013	514497	353254	29438	14307	52459
30	957,0	1108272	778469	329803	315621	26302	12783	46871
35	1277,3	838182	532256	305926	390759	32563	15826	58029
40	1649,8	510510	327462	183048	301993	25166	12231	44847
45	2076,7	236828	178600	58228	120922	10077	4897	17956
50	2559,9	145860	117146	28714	73505	6125	2977	10916
55	3101,4	116628	77233	39395	122180	10182	4948	18143
60	3702,9	53427	38995	14432	53440	4453	2164	7935
65	4366,2	34985	23896	11089	48417	4035	1961	7190
70	5092,9	74377	47254	27123	138135	11511	5594	20511
TOTALES		40312006	34430615	5881391	2842276	236856	115112	422077

Tabla 17. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Quercus petraea*⁵²

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	8,6	133729	99165	34564	297	25	12	44
10	45,2	103903	84101	19802	895	75	36	132
15	119,8	145642	71821	73821	8844	737	357	1309
20	239,8	91237	12630	78607	18850	1571	760	2787
25	411,4	32385	13244	19141	7875	656	318	1166
30	639,9	20281	8158	12123	7758	647	313	1148
35	930,1	9656	9633	23	21	2	1	4
40	1286,4	7374	3406	3968	5104	425	206	755
45	1713,0	1710	1226	484	829	69	33	121
50	2213,7	2320	613	1707	3779	315	152	557
55	2792,1	610		610	1703	142	69	253
60	3451,7		1226	-1226	-4232	-353	-171	-627
65	4195,8	1264	1130	134	562	47	23	84
70	5027,5	4431	4261	170	855	71	34	125
TOTALES		554542	310614	243928	53140	4428	2143	7858

⁵² Incluye una mínima representación testimonial de *Quercus robur*.

Tabla 18. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Quercus pyrenaica*⁵³

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	7,3	25640818	38772594	-13131776	-95862	-7989	-3795	-13915
10	38,3	17056356	17970137	-913781	-34998	-2917	-1386	-5082
15	102,1	8400896	5732601	2668295	272433	22703	10784	39541
20	205,2	3215558	1810238	1405320	288372	24031	11415	41855
25	353,2	1121368	762435	358933	126775	10565	5018	18399
30	551,2	505186	293458	211728	116704	9725	4619	16936
35	803,6	259534	153286	106248	85381	7115	3380	12393
40	1114,5	125210	68944	56266	62708	5226	2482	9101
45	1487,8	46889	42468	4421	6578	548	260	953
50	1927,1	36536	27236	9300	17922	1494	710	2603
55	2435,9	30105	27709	2396	5836	486	231	847
60	3017,4	22659	24094	-1435	-4330	-361	-171	-627
65	3674,8	11016	7568	3448	12671	1056	502	1841
70	4411,0	44640	35874	8766	38667	3222	1530	5610
TOTALES		56516771	65728642	-9211871	898857	74905	35580	130460

Tabla 19. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Quercus faginea*

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	5,4	6031739	5360889	670850	3623	302	145	532
10	29,4	3425325	2578669	846656	24892	2074	996	3652
15	79,7	1192022	628187	563835	44938	3745	1798	6593
20	161,8	332575	133120	199455	32272	2689	1291	4734
25	280,5	124604	72565	52039	14597	1216	584	2141
30	439,8	63729	41756	21973	9664	805	386	1415
35	643,4	37479	14901	22578	14527	1211	581	2130
40	894,6	19516	9670	9846	8808	734	352	1291
45	1196,7	4148	6382	-2234	-2673	-223	-107	-392
50	1552,5	10529	6049	4480	6955	580	278	1019
55	1964,7	12107	8735	3372	6625	552	265	972
60	2436,2	8669	6905	1764	4297	358	172	631
65	2969,2	5855	4030	1825	5419	452	217	796
70	3566,4	16874	10491	6383	22764	1897	911	3340
TOTALES		11285171	8882349	2402822	196708	16392	7868	28849

⁵³ Incluye una mínima representación testimonial de *Quercus pubescens*

Tabla 20. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Quercus ilex*

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	15,2	36393363	25093247	11300116	171762	14314	6799	24930
10	64,1	10569769	5514608	5055161	324036	27003	12826	47029
15	152,9	3244676	1579201	1665475	254651	21221	10080	36960
20	286,4	1052062	583876	468186	134088	11174	5308	19463
25	469,0	356979	211082	145897	68426	5702	2708	9929
30	704,8	156475	57282	99193	69911	5826	2767	10146
35	997,3	63525	38638	24887	24820	2068	982	3601
40	1349,7	35364	24977	10387	14019	1168	555	2035
45	1765,3	25901	16255	9646	17028	1419	674	2471
50	2246,8	12880	11579	1301	2923	244	116	425
55	2797,2	9691	5052	4639	12976	1081	513	1881
60	3419,0	5203	4550	653	2233	186	88	323
65	4114,8	4072	1160	2912	11982	999	475	1742
70	4887,0	5333	2272	3061	14959	1247	592	2171
TOTALES		51935293	33143779	18791514	1123814	93651	44484	163108

Tabla 21. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Populus x canadensis*⁵⁴

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	3,9	707561	794997	-87436	-341	-28	-14	-51
10	24,1	356961	303719	53242	1283	107	52	191
15	69,8	339274	472918	-133644	-9328	-777	-375	-1375
20	148,3	358411	509739	-151328	-22442	-1870	-903	-3311
25	266,3	330518	379428	-48910	-13025	-1085	-524	-1921
30	429,8	242231	203757	38474	16536	1378	666	2442
35	644,5	150311	77288	73023	47063	3922	1894	6945
40	915,6	82677	63738	18939	17341	1445	698	2559
45	1248,3	41714	18681	23033	28752	2396	1157	4242
50	1647,3	21073	11564	9509	15664	1305	630	2310
55	2117,4	9220	5059	4161	8811	734	355	1302
60	2662,9	3270	2168	1102	2935	245	118	433
65	3288,5	2295	0	2295	7547	629	304	1115
70	3998,2	6232	723	5509	22026	1836	887	3252
TOTALES		2651748	2843779	-192031	122822	10235	4944	18128

⁵⁴ Los datos del IFN3 incluyen los pies de *Populus nigra*, mientras que los datos del IFN2 incluyen los pies de *Populus nigra*, *Populus alba* y *Populus tremula*.

Tabla 22. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Fraxinus sp.* y *Salix sp.*⁵⁵

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	17,6	1111021	1278079	-167058	-2940	-245	-117	-429
10	75,8	609605	389602	220003	16676	1390	664	2435
15	178,2	265784	152620	113164	20166	1681	804	2948
20	327,4	160333	77779	82554	27028	2252	1076	3945
25	525,1	92032	64216	27816	14606	1217	582	2134
30	772,8	62944	18167	44777	34604	2884	1379	5056
35	1071,9	28210	24653	3557	3813	318	152	557
40	1423,4	20834	1437	19397	27610	2301	1100	4033
45	1828,4	7697	4071	3626	6630	553	264	968
50	2287,7	6258	2519	3739	8554	713	341	1250
55	2802,2	3666	3504	162	454	38	18	66
60	3372,6	632		632	2131	178	85	312
65	3999,7	1264		1264	5056	421	201	737
70	4684,2	4452	1336	3116	14596	1216	581	2130
TOTALES		2374732	2017983	356749	178984	14915	7129	26140

⁵⁵ El IFN2 presenta agrupados los datos de pies de *Fraxinus sp.* y *Salix sp.*. En el IFN3 se presentan por una parte los datos de *Fraxinus sp.* y por otra parte los datos de *Salix sp.* (además *Salix sp.* incluye una cantidad importante de *Populus alba* y otras menores de *Populus tremula*, *Tamarix sp.* y *Agnus glutinosa*), pero en este estudio los hemos agrupado para hacer una comparación más coherente con los datos del IFN2. Los datos de la columna 2 tomados del estudio del INIA, pertenecen a la especie *Fraxinus sp.*

Tabla 23. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por Otras frondosas⁵⁶

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	12,2	19559187	7941643	11617544	141734	11811	5906	21655
10	53,8	3847229	1616461	2230768	120015	10001	5001	18337
15	129,3	706508	294630	411878	53256	4438	2219	8136
20	241,3	205324	126174	79150	19099	1592	796	2919
25	392,2	71188	48127	23061	9045	754	377	1382
30	583,7	28423	22303	6120	3572	298	149	546
35	817,5	24368	7337	17031	13923	1160	580	2127
40	1095,0	12656	8361	4295	4703	392	196	719
45	1417,6	2449	2528	-79	-112	-9	-5	-18
50	1786,3	2303	1812	491	877	73	37	136
55	2202,4	2008	2343	-335	-738	-62	-31	-114
60	2666,8	610		610	1627	136	68	249
65	3180,6	468		468	1489	124	62	227
70	3744,5		556	-556	-2082	-174	-87	-319
TOTALES		24462721	10072275	14390446	366408	30534	15267	55979

⁵⁶ Debido a la falta de datos específicos en el libro del INIA, para las especies *Crataegus sp.*, *Ilex aquifolium* y *Acer sp.*, los datos de número de pies de los IFN de estas especies, se han agrupado con el grupo Otras frondosas. Los datos de la columna 2 pertenecientes al libro del INIA, pertenecen al capítulo Otras frondosas.

Así, los datos de la columna 3 de la tabla 23, son la suma de los datos de las siguientes especies: *Crataegus sp.*, *Prunus sp.*, *Acer sp.*, *Ilex aquifolium*, *Sorbus sp.*, *Corylus avellana*, *Tilia sp.*, *Juglans regia*, *Ulmus sp.*, *Betula sp.*, *Malus sylvestris* y una cantidad mímica de *Rhamnus alaternus*, *Pyrus sp.*, *Cornus sanguinea*, *Olea europaea*, *Buxus sempervirens*, *Amelanchier ovalis*, *Arbutus unedo*, *Sambus nigra*, *Euonymus europaeus*, *Phyllirea latifolia*...

Mientras que los datos de la columna 4 de la Tabla 23, son la suma de los datos de las siguientes especies: *Acer sp.*, *Ilex aquifolium*, *Corylus avellana*, *Sorbus sp.*, *Tilia sp.*, *Prunus sp.*, *Ulmus sp.*, *Juglans regia*, *Betula pubescens*, *Sambucus nigra*, *Sambucus racemosa*...

5.4. RESUMEN Y CONCLUSIONES (COMPARACIÓN DE INVENTARIOS)

5.4.1 RESUMEN DE LA FIJACIÓN DE CO₂ POR LAS ESPECIES FORESTALES DE LA RIOJA

En la tabla 24 se resumen los cálculos del apartado anterior, para cada especie principal.

Tabla 24. Incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado, por las diferentes especies forestales de La Rioja

Especie	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)	%
<i>Pinus sylvestris</i>	145321	73968	271216	21,3
<i>Pinus nigra</i>	42049	21403	78478	6,2
<i>Pinus pinaster</i>	13826	7065	25905	2,0
<i>Pinus halepensis</i>	8387	4185	15345	1,2
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	17444	8722	31981	2,5
<i>Fagus sylvatica</i>	236856	115112	422077	33,1
<i>Quercus petraea</i>	4422	2143	7858	0,6
<i>Quercus pyrenaica</i>	74905	35580	130460	10,2
<i>Quercus faginea</i>	16392	7868	28849	2,3
<i>Quercus ilex</i>	93651	44484	163108	12,8
<i>Populus x canadensis</i> *	10235	4944	18128	1,4
<i>Fraxinus sp. y Salix sp.</i> *	14915	7129	26140	2,0
Otras frondosas *	30534	15267	55979	4,4
TOTALES	708937	347870	1275524	100,0

En la valoración e interpretación de estas cifras según especies principales, hay que tener en cuenta las especies accesorias incluidas junto con las especies principales, las cuales se han apuntado en las notas al pie de página, de cada una de las tablas del apartado anterior. Por ejemplo, la primera fila (*Pinus sylvestris*) incluye *Pinus sylvestris* y *Pinus uncinata*.

Las filas marcadas en la tabla 24 con asterisco (*), tienen mayor problema de interpretación, debido a que hay especies accesorias que se han agrupado con diferentes especies principales según si se trata del IFN2 o del IFN3. Por ello, hay que tener en cuenta que se presentan errores a la baja o al alta dependiendo de los casos:

- La fila *Populus x canadensis* presenta error a la baja, (valores por debajo de la realidad) ya que en los datos del IFN2 están incluidas las especies accesorias *Populus nigra*, *Populus alba* y *Populus trémula* y en los del IFN3 sólo se incluyen los de *Populus nigra*.
- La fila *Fraxinus sp. y Salix sp.* presenta error al alta, ya que en el IFN3 están incluidas las especies accesorias *Populus alba*, *Populus tremula*, *Agnus glutinosa* y *Tamarix sp.* y en el IFN2 no están incluidas.
- La fila Otras frondosas presenta error al alta, ya que son más las especies incluidas en el IFN3 que en el IFN2.

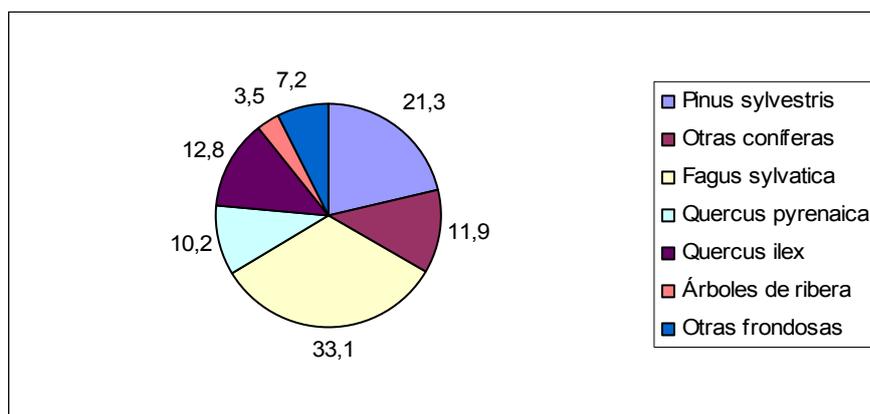
Pero a pesar de estos problemas para valorar los datos de las diferentes especies, **la suma total sí representa una estimación buena de la realidad**. Así pues, el crecimiento anual de biomasa de los bosques de La Rioja es de 708937 toneladas de materia seca, el crecimiento anual de carbono 347870 toneladas de carbono y **el CO₂ fijado anualmente por los bosques de La Rioja asciende a 1275524 toneladas de CO₂**.

Ello significa, que **los bosques de La Rioja están fijando actualmente un 31% de las emisiones de nuestra comunidad** (emisiones de 2006, ver Tabla 1-Página 11).

Esta última cifra de 1275524 toneladas de CO₂ dista muchísimo de la calculada para el Inventario Nacional de GEI (301305 toneladas de CO₂ en bosques que siguen como bosques y 52499 toneladas de CO₂ en tierras convertidas a bosques), que se calculó en el capítulo anterior. La comparación de estas cifras muestra claramente las deficiencias de la metodología utilizada en el Inventario Nacional de GEI.

En la última columna de la tabla se expone el porcentaje de fijación anual de CO₂ de cada especie principal respecto del total. En la figura 4 se expresan estos valores en un gráfico

Figura 4. Porcentaje de fijación anual de CO₂ de las diferentes especies forestales riojanas⁵⁷



5.4.2. FIJACIÓN DE CO₂ VERSUS CRECIMIENTO EN VOLÚMEN

Debido a que la economía forestal y la gestión selvícola han estado ligadas al volumen maderable de las especies, resulta de gran interés para el gestor forestal, la relación de los datos de fijación de CO₂ con el incremento de volumen maderable de las especies.

Con los datos de las tablas 201 de los IFN2 e IFN3, y los datos antes obtenidos de fijación de CO₂, se ha confeccionado la tabla 25:

- En la columna 1 se presentan las principales especies o grupos de especies forestales de La Rioja, agrupadas según se explica en la nota al pie de página de la figura anterior
- En la columna 2 se presentan los datos de volumen maderable con corteza (Vcc) en miles de metros cúbicos de las especies o grupos de especies según las tablas 201 del IFN3
- En la columna 3 se presentan los datos de volumen maderable con corteza (Vcc) en miles de metros cúbicos de las especies o grupos de especies según las tablas 201 del IFN2

⁵⁷ *Pinus sylvestris* agrupa los datos de *Pinus uncinata* como en las tablas anteriores.

Árboles de ribera, agrupa los datos de *Populus sp.*, *Salix sp.*, *Fraxinus sp.*, *Tamarix sp.*, y *Alnus glutinosa*, es decir los datos de las filas *Populus x canadensis* y *Fraxinus sp.* y *Salix sp.* de las tablas anteriores.

- La columna 4 es el incremento de volumen con corteza entre inventarios (columna 2 – columna 3).
- La columna 5 representa el porcentaje de volumen de cada especie o grupo de especies en el conjunto de La Rioja.
- En la columna 6 se presenta el CO₂ fijado por especies o grupos de especies, en miles de toneladas de CO₂ entre ambos inventarios. Los datos proceden de las tablas anteriores.
- Y por último, en la columna 7 se calculan las toneladas de CO₂ fijadas por cada especie en relación al incremento de volumen maderable en metros cúbicos (columna 6 / columna 4). Este valor no debe interpretarse como una constante de la especie, sino únicamente como un valor resultante para cada especie entre el periodo entre inventarios considerado.

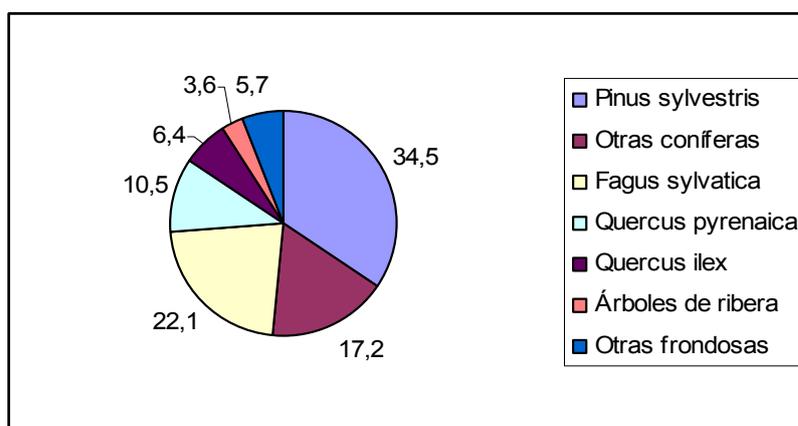
Tabla 25. Relación de la fijación de CO₂ por especies respecto al incremento de volumen maderable

Especies	Vcc (miles m3) IFN3	Vcc (miles m3) IFN2	Δ Vcc (miles m3) entre inventarios	%	CO ₂ fijado (miles t CO ₂) entre inventarios	t CO ₂ / m ³ Vcc maderable
<i>Pinus sylvestris</i>	4510	2458	2052	34,5	3255	1,59
Otras coníferas	1512	488	1024	17,2	1821	1,78
<i>Fagus sylvatica</i>	4479	3165	1314	22,1	5065	3,85
<i>Quercus pyrenaica</i>	2537	1912	625	10,5	1566	2,51
<i>Quercus ilex</i>	736	356	380	6,4	1957	5,15
Árboles de ribera	1023	811	212	3,6	531	2,50
Otras frondosas	719	379	340	5,7	1111	3,27
TOTALES	15516	9569	5947	100,0	15306	2,57

La tabla nos ofrece conclusiones importantes de diferenciación entre las especies o grupos de especies.

Vamos a destacar los diferentes valores porcentuales de la columna 5 de la tabla 25, los cuales se presentan en la figura 5, respecto a los valores porcentuales de la figura 4.

Figura 5. Porcentaje de incremento de volumen maderable con corteza entre inventarios, de las especies forestales de La Rioja



Observamos que las coníferas suponen el 51,7% del incremento de volumen maderable con corteza entre inventarios, mientras que en incremento de CO₂ fijado entre inventarios se quedan en el 33,2%. Ello se debe a que las coníferas tienen en conjunto, menor densidad específica de la madera (ver tabla 26) y una menor proporción de biomasa no maderable (ramas, raíces...) que las frondosas (ver tabla 27).

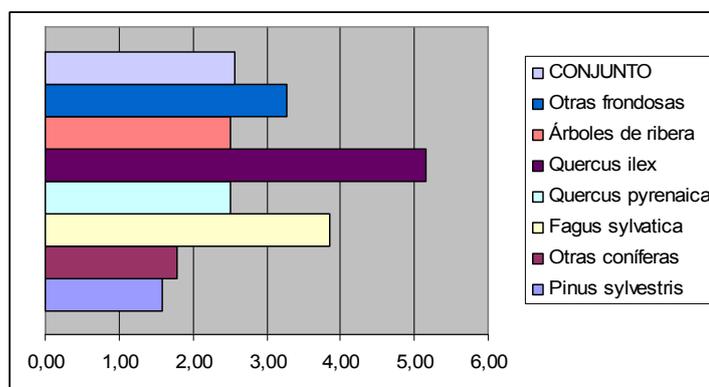
Concretamente observamos que *Pinus sylvestris* aventaja en más de 12 puntos porcentuales en incremento de volumen maderable a *Fagus sylvatica*, mientras que en CO₂ fijado entre inventarios *Fagus sylvatica* supera en casi 12 puntos porcentuales a *Pinus sylvestris*.

Como extremo opuesto a las coníferas tenemos a la encina (*Quercus ilex*) y en general a las frondosas de crecimiento lento. La encina, con tan solo un 6,4% de incremento de volumen maderable en el conjunto de especies riojanas, supone un 12,8 % en incremento de CO₂. La causa de este valor está relacionada con una gran densidad de la madera (tabla 26) y con una gran proporción de biomasa no maderable (raíces, cepas, ramas, ramillas...) respecto a la biomasa total (tabla 27).

Los datos de las especies de ribera, en conjunto, muestran valores intermedios entre ambos extremos.

Los valores de la columna 7 de la tabla 25 reflejan estas conclusiones, ya que muestran el valor de incremento de toneladas de CO₂ fijado, en relación al incremento de volumen maderable con corteza que se ha dado entre ambos inventarios. El citado valor se muestra gráficamente en la figura 6.

Figura 6. Relación entre el CO₂ fijado y el incremento de volumen maderable, entre ambos inventarios. La Rioja



La conclusión es que **a igualdad de incremento de volumen maderable con corteza, las especies tienen diferente capacidad de absorción de CO₂: capacidad baja en las coníferas, alta en las frondosas de crecimiento lento y media en las especies de ribera.**

Resulta curioso el dato de *Quercus pyrenaica*, muy diferente al de *Quercus ilex* y por debajo del de otras frondosas de crecimiento lento, a pesar de que la madera de *Quercus pyrenaica* tiene también gran densidad (tabla 26). Ello se debe a que *Quercus pyrenaica* tiene una menor proporción de biomasa no maderable (raíces, ramas...) quizás relacionada con su antiguo tratamiento a monte bajo, que a dado lugar a fustes esbeltos y con pocas ramas secundarias (tabla 27)

Se presentan a continuación otras dos tablas relacionadas con las anteriores y que ayudan a comprender las diferencias entre especies. En la primera se muestran las densidades básicas de las maderas de las especies y en la segunda se muestra la proporción en biomasa seca de las diferentes partes de los árboles, obtenida de los datos de La Rioja del estudio del INIA.

Tabla 26. Densidad normal y básica de la madera, de las principales especies forestales de La Rioja

Espece	Densidad normal (12% de humedad)	Densidad básica (0% de humedad)
<i>Pinus sylvestris</i>	0,55	0,45
<i>Pinus nigra</i>	0,62	0,50
<i>Pinus halepensis</i>	0,61	0,49
<i>Pinus pinaster</i>	0,52	0,43
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,55	0,45
<i>Fagus sylvatica</i>	0,69	0,55
<i>Quercus pyrenaica</i>	0,76	0,60
<i>Quercus ilex</i>	0,90	0,70
<i>Quercus faginea</i>	0,79	0,62
<i>Quercus petraea</i>	0,73	0,58
<i>P. x canadensis</i>	0,43	0,36
<i>Fraxinus sp.</i>	0,68	0,54
<i>Salix sp.</i>	0,49	0,40
<i>Acer spp.</i>	0,65	0,52
<i>Ilex aquifolium</i>	0,87	0,68

Tabla 27. Porcentaje en peso seco de las diferentes partes arbóreas de las especies forestales de La Rioja

Espece	% biomasa fuste	% biomasa aérea	% biomasa radical
<i>Pinus sylvestris</i>	55,5	79,6	20,4
<i>Pinus nigra</i>	51,7	79,0	21,0
<i>Pinus halepensis</i>	42,7	77,8	22,2
<i>Pinus pinaster</i>	59,0	75,5	24,5
<i>Pseudotsuga menziesii</i>		69,4	30,6
<i>Fagus sylvatica</i>	31,9	44,3	55,7
<i>Quercus pyrenaica</i>		72,9	27,1
<i>Quercus ilex</i>	18,4	51,6	48,4
<i>Quercus faginea</i>	27,6	67,1	32,9
<i>Quercus petraea</i>	50,8	79,1	20,9
<i>P. x canadensis</i>	56,3	76,5	23,5
<i>Fraxinus sp.</i>	25,7	55,5	44,5
Otras frondosas		57,7	42,3

La especie *Populus x canadensis*, es la especie de menor densidad seca de las especies de La Rioja y además presenta un porcentaje muy alto de biomasa en fuste (volumen maderable), o lo que es lo mismo un porcentaje muy bajo de biomasa no maderable, de lo cual, se deduce que es la especie con menor ratio de fijación de CO₂ en relación al crecimiento de volumen maderable.

A nivel de monte, para estudiar la mayor o menor capacidad de absorción de CO₂ de las diferentes especies, habrá que tener en cuenta además del crecimiento en volumen maderable de las especies, el ratio de valor de fijación de CO₂ por incremento de volumen maderable.

5.4.3. FIJACIÓN DE CO₂ VERSUS SUPERFICIES

Igualmente, resulta interesante comparar el incremento de fijación de CO₂ de las diferentes especies, en relación a las superficies ocupadas por dichas especies según los Inventarios Forestales Nacionales.

Si comparamos el incremento anual de fijación de CO₂, (tabla 24, figura 4) con las superficies forestales arboladas según especie forestal dominante y los porcentajes relativos de cada una de ellas, que se muestran en la siguiente tabla 28, se pueden sacar conclusiones como las siguientes:

Tabla 28. Superficie forestal arbolada según especie forestal dominante. IFN La Rioja

IFN3			IFN2		
Especies	Superficie (ha)	%	Especies	Superficie (ha)	%
<i>Quercus pyrenaica</i>	36664	21,62	<i>Quercus pyrenaica</i>	27228	21,12
<i>Fagus sylvatica</i>	27251	16,07	<i>Fagus sylvatica</i>	27211	21,11
<i>Pinus sylvestris</i>	26744	15,77	<i>Pinus sylvestris</i>	23607	18,31
<i>Quercus ilex</i>	19172	11,31	<i>Quercus ilex</i>	13536	10,50
<i>Pinus nigra</i>	10494	6,19	<i>Pinus nigra</i> y <i>Pinus halepensis</i>	11532	8,95
<i>Pinus halepensis</i>	6322	3,73	<i>Quercus faginea</i>	7177	5,57
<i>Pinus sp.</i>	3671	2,17	Especies de ribera	8514	6,60
<i>Quercus ilex</i> + <i>Quercus faginea</i>	11167	6,59	Arbolado ralo	10111	7,84
<i>Pinus sylvestris</i> + <i>Fagus sylvatica</i>	2167	1,28	TOTAL Superficie arbolada	128916	100,00
<i>Fagus sylvatica</i> + <i>Quercus sp.</i>	1200	0,71			
Especies de ribera	8815	5,20			
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1651	0,97			
Otras especies	14234	8,40			
TOTAL Superficie arbolada	169552	100,00			

- Destaca la gran fijación de CO₂ por los hayedos, pues fijan el 33% del CO₂, aunque la superficie arbolada no pasa del 21%. Esta gran fijación neta, se está produciendo gracias al crecimiento de las masas ya establecidas en el IFN2, con grandes aumentos del número de pies en todas las clases diamétricas, y en parte a la regeneración natural y expansión de los hayedos. También influye la cada vez más escasa extracción de madera de haya, como veremos en el capítulo correspondiente. Por su puesto, el gran valor de fijación está también relacionado con una alta capacidad de fijación de CO₂ respecto al crecimiento en volumen maderable (aspecto tratado en el apartado anterior)
- También destaca la fijación de CO₂ por los pinares de *Pinus sylvestris*, a pesar de ser una especie con menos capacidad de absorción, a igualdad de incremento de volumen maderable, y a pesar de ser la segunda especie en importancia de extracción de madera. La fijación neta superior a la de otras especies se debe a una mayor velocidad de crecimiento en volumen maderable de la especie y a la aportación de las nuevas repoblaciones forestales.
- El resto de coníferas, de crecimiento más lento (en las estaciones en las que se desarrollan en La Rioja, excepto *Pseudotsuga*), compensan el bajo crecimiento y la menor capacidad de absorción por unidad de volumen maderable, con nuevas repoblaciones forestales.
- En el lado opuesto destaca la escasa aportación de las masas de *Quercus pyrenaica* a pesar de su gran extensión y aumento de superficie. Ello se debe, por una parte, a una menor capacidad

de absorción por unidad de volumen maderable en relación a otras frondosas de crecimiento lento, como ya se expuso en el apartado anterior, y por otra parte, a la escasa velocidad de crecimiento, que equivale a escasos aumentos de número de pies en las clases diamétricas, incluso con descensos en algunas de las clases. El aumento de superficie mostrado en la tabla 28, en contraste con el descenso de pies menores, debe interpretarse como un aumento de superficie pero con escasa Fracción de Cabida Cubierta.

- Los encinares, sin embargo, a pesar de que son de lento crecimiento, presentan una mayor fijación comparada con los rebollares. Presentan aumentos de números de pies en todas las clases diamétricas, sobretodo en las menores, y ello seguramente se debe a un mayor avance de la regeneración natural. Por su puesto, influye mucho la gran capacidad de absorción de CO₂ de la encina por unidad de volumen maderable.
- Las especies de ribera suponen una escasa aportación al conjunto, a pesar de la mayor velocidad de crecimiento de las especies. Ello se debe a que las superficies no han crecido, a la menor fijación de CO₂ por unidad de incremento de volumen maderable, a la mortandad y **sobretodo a las extracciones de madera, puesto que las cortas de chopo suponen más de la mitad de las cortas de La Rioja, en volumen de madera.**
- Entre el resto de las especies destaca, aunque con poca importancia relativa, la fijación de *Pseudotsuga*, debida a la mayor velocidad de crecimiento y a la contribución de nuevas repoblaciones forestales.

5.4.4. COMPARACIÓN CON LA ESTIMACIÓN REGIONAL Y NACIONAL DEL INIA

A continuación, vamos a comparar los resultados obtenidos en este estudio, con los estimados por el INIA, a través de los datos de la tabla 29:

Tabla 29. Fijación anual de CO₂, a nivel regional y nacional

Especie	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂) INIA La Rioja	Δ CO ₂ anual (t CO ₂) INIA España	% La Rioja respecto España
<i>Pinus sylvestris</i>	271216	218537	8495585	2,6
<i>Pinus nigra</i>	78478	56371	4560455	1,2
<i>Pinus pinaster</i>	25905	15819	4212400	0,4
<i>Pinus halepensis</i>	15345	24104	3126610	0,8
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	31981	3838	47205	8,1
<i>Fagus sylvatica</i>	422077	407531	6375497	6,4
<i>Quercus petraea</i>	7858	3035	2656367	0,1
<i>Quercus pyrenaica</i>	130460	180876	2256070	8,0
<i>Quercus faginea</i>	28849	21554	1019419	2,1
<i>Quercus ilex</i>	163108	138788	13458547	1,0
<i>Populus x canadensis</i> *	18128	237642	2403319	9,9
<i>Fraxinus sp. y Salix sp.</i> *	26140	89294	1166923	7,7
Otras frondosas*	55979	13841	1229559	1,1
TOTALES	1275524	1411230	75143536	1,9

- En la columna 1 se presentan las especies principales, con sus correspondientes especies accesorias, ya comentadas en apartados anteriores.
- En la columna 2 se reproducen de nuevo los datos de incremento anual de CO₂ fijado de la tabla 24, es decir, los datos estimados en este estudio, basado en datos de biomasa por pie del INIA, pero con la metodología de comparación de inventarios
- En la columna 3 se presenta el incremento anual de CO₂ estimado según el estudio del INIA, para la comunidad de La Rioja, basado en datos exclusivos del IFN2.
- En la columna 4 se presenta el incremento anual de CO₂ estimado según el estudio del INIA, basado en datos del IFN2 pero para el conjunto de España
- En la columna 5 se presenta el porcentaje que supone la fijación regional con el total nacional según especies y en total, según los datos del estudio del INIA.

Observando la tabla, vemos diferencias más o menos importantes entre las estimaciones del INIA y las de este estudio, que reflejan los errores de estimación de la metodología del INIA al no disponer en su momento de los datos del IFN3.

En conjunto, la estimación del INIA aporta datos de fijación, un 10% mayores a los de este estudio, lo cual significa que en conjunto, los errores de estimación al alta son mayores que los errores de estimación a la baja.

El principal error de estimación al alta, es que para el cálculo de la fijación neta, sólo sustrae de la fijación bruta (calculada por el crecimiento diametral de las especies) las pérdidas de biomasa por cortas de aprovechamiento, mientras que no sustrae las extracciones de otro tipo, (extracciones de madera sin clasificar, leñas..) mortandad natural de las especies o la mortandad en masa por perturbaciones (incendios, perturbaciones naturales). El error de estimación a la baja se tiene debido a que la metodología del INIA no puede contabilizar la biomasa de las nuevas superficies arboladas, surgidas después de la realización del IFN2 por regeneración natural y por repoblación forestal.

Las diferencias dentro de cada especie entre los métodos, se deben a un mayor o menor peso de los dos factores de error comentados para la metodología del INIA. Por ejemplo en el caso del *Pinus sylvestris*, el aumento de la superficie arbolada tendrá mas peso que la pérdida de masa diferente a las cortas de aprovechamiento y por eso la estimación del INIA arroja datos inferiores a la de comparación de inventarios. Lo contrario sucede con el *Quercus pyrenaica*. En este caso, la pérdida de biomasa por causas diferentes a las cortas de aprovechamiento (las cortas que hay son de leñas o de madera sin clasificar) es mayor que el aumento de biomasa debido al aumento de superficie y por eso los datos del INIA arrojan datos superiores a los de la comparación de inventarios.

Con las últimas tres columnas (*) hay que tener en cuenta los errores de estimación de la comparación de inventarios que ya se han comentado, pero aun así nos llama poderosamente la atención la diferencia en *Populus x canadensis*. Esto se explica, por la coincidencia de error de estimación a la baja, en el método de comparación de inventarios, a la vez que un error al alta en el método del INIA:

- El error a la baja en la comparación de inventarios ya se ha explicado, y se debe a que en el IFN2 se incluyeron los datos de *Populus alba* y *Populus tremula*, y sin embargo no se incluyeron en el IFN3
- El error al alta en la estimación del INIA se debe a que la fijación bruta es alta por ser especies de crecimiento rápido, pero las pérdidas por causas diferentes a las cortas de aprovechamiento también son altas en las especies de crecimiento rápido (son especies que viven pocos años) y estas no se han tenido en cuenta para calcular la fijación neta.

La comparación de la fijación regional con la fijación nacional la tenemos que hacer a través de los datos aportados por el estudio del INIA, ya que no se dispone para este estudio de los datos de inventario del conjunto nacional.

Con las salvedades de los errores ya comentados, vemos que en conjunto, **la fijación regional supone un 1,9 % de la fijación nacional**⁵⁸. Por especies, destacan en aportación al conjunto nacional: *Populus x canadensis* (9,9%), *Pseudotsuga menziesii* (8,1%), *Quercus pyrenaica* (8,0%), *Fraxinus sp.* y *Salix sp.* (7,7%) y *Fagus sylvatica* (6,4%).

5.5. CO₂ ACUMULADO Y SU APORTACIÓN AL CONJUNTO NACIONAL

Como apéndice a este capítulo se presentan los datos regionales y nacionales de CO₂ acumulado en las superficies forestales, en la biomasa viva de los árboles (no se contabiliza el CO₂ retenido en la materia orgánica, en el humus de los suelos, ni el de las especies de matorral o herbáceas). Los datos se exponen en la tabla 30.

Tabla 30. CO₂ acumulado en la biomasa viva de los árboles forestales, a nivel regional y nacional

Especie	CO ₂ acumulado 1987 (t CO ₂)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)	CO ₂ acumulado 1990 (t CO ₂)	CO ₂ acumulado 1990 España (t CO ₂)	% La rioja en España	CO ₂ acumulado 1999 (t CO ₂)	%
<i>Pinus sylvestris</i>	4283835	271216	5097483	165099700	3,1	7538427	16,6
<i>Pinus nigra</i>	544064	78478	779498	91499444	0,9	1485800	3,3
<i>Pinus pinaster</i>	78008	25905	155723	159473479	0,1	388868	0,9
<i>Pinus halepensis</i>	257219	15345	303254	78962504	0,4	441359	1,0
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	167705	31981	263648	5801510	4,5	551477	1,2
<i>Fagus sylvatica</i>	14380957	422077	15647188	234292025	6,7	19445881	42,9
<i>Quercus petraea</i>	131712	7858	155286	89600968	0,2	226008	0,5
<i>Quercus pyrenaica</i>	5231029	130460	5622409	66656580	8,4	6796549	15,0
<i>Quercus faginea</i>	587307	28849	673854	31297046	2,2	933495	2,1
<i>Quercus ilex</i>	2537562	163108	3026886	322519037	0,9	4494858	9,9
<i>Populus x canadensis</i>	846591	18128	900975	8983765	10,0	1064127	2,3
<i>Fraxinus sp.</i> y <i>Salix sp.</i>	368821	26140	447241	5856458	7,6	682501	1,5
Otras frondosas	574925	55979	742862	64316088	1,2	1246673	2,8
TOTALES	29989735	1275524	33816307	1806258806	1,9	45296023	100,0

El CO₂ acumulado en los bosques de La Rioja según el IFN2 (1987), se ha obtenido con los datos de biomasa por pie y clase diamétrica del estudio del INIA y los datos de número de pies por clase diamétrica del IFN2 (estos datos vienen calculados en el propio estudio del INIA). Para este concepto, la columna de las especies principales, hay que interpretarla con las especies accesorias correspondientes al IFN2. Como vemos los bosques riojanos acumulaban 30 Megatoneladas de CO₂ en 1987.

⁵⁸ Observación. La suma de la fijación nacional de las especies de la tabla, es menor que el total nacional debido a la fijación de especies nacionales no presentes en La Rioja.

El CO₂ acumulado por los bosques de España en 1990 (año medio de la toma de datos del IFN2 para el conjunto nacional), se ha obtenido de la misma forma que el de los bosques de La Rioja y los datos también vienen expuestos en el estudio del INIA. Estos datos figuran en la columna 5 de la tabla 30.

Aplicando el incremento anual de CO₂ en los bosques de La Rioja, calculado en los apartados anteriores por comparación de inventarios y cuyos datos se presentan de nuevo en la columna 3, se puede estimar el CO₂ acumulado en los años entre ambos inventarios.

De esta forma se ha estimado el CO₂ acumulado en los bosques riojanos en el año 1990, para compararlo con el dato nacional. Dicha estimación se expone en la columna 4 de la tabla.

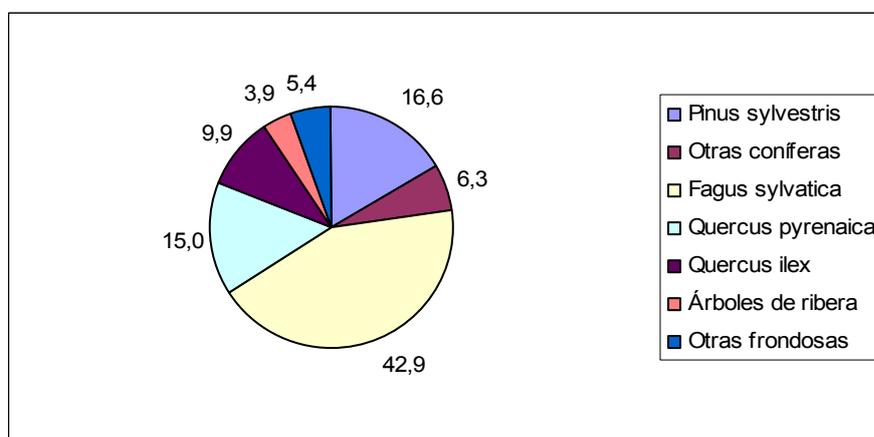
En la columna 6 de la tabla, se añade el porcentaje que supone el CO₂ acumulado en La Rioja sobre el conjunto nacional, en el año 1990, calculado como relación porcentual entre los datos de las columnas 4 y 5.

En conjunto, **el CO₂ acumulado a nivel regional en 1990, supone un 1,9 % del total nacional**⁵⁹. Por especies, y teniendo en cuenta las especies accesorias del IFN2, destacan en aportación al conjunto nacional: *Populus x canadensis* (10,0%), *Quercus pyrenaica* (8,4%), *Fraxinus sp.* y *Salix sp.* (7,6%) y *Fagus sylvatica* (6,7%).

De la misma forma se ha calculado, el CO₂ acumulado en el año 1999, año de toma de datos del IFN3 de La Rioja (columna 7). En ese año los bosques riojanos acumulaban 45 Megatoneladas de CO₂ lo cual supone un incremento del 50% respecto al año 1987.

En la última columna de la tabla, se expone el porcentaje de cada especie sobre el total acumulado en La Rioja en 1999. Para una mejor visualización se presentan dichos porcentajes en la siguiente figura.

Figura 7. Porcentaje de CO₂ acumulado en el año 1999 por las especies forestales riojanas



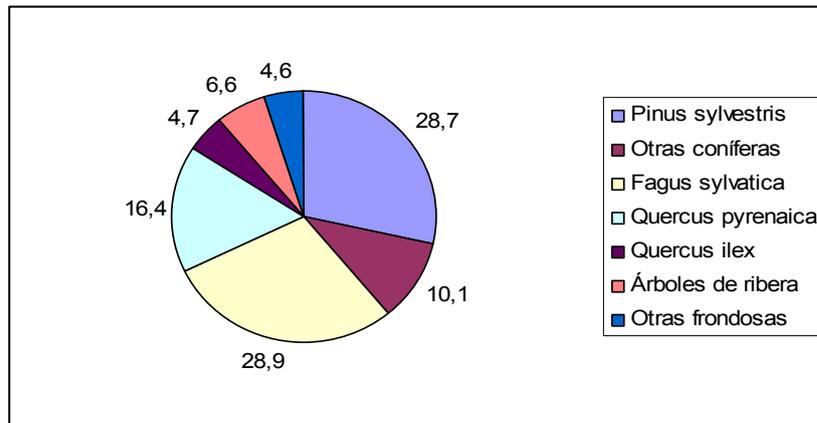
Destaca *Fagus sylvatica* con un 42,9% del CO₂ acumulado en los bosques riojanos, y la escasa aportación del conjunto de las coníferas.

Si comparamos estos datos, con la siguiente figura, en la que se muestra el porcentaje de volumen con corteza maderable en pie, en el año 1999 (IFN3), encontramos grandes diferencias.

Observamos que las coníferas suponen en esta tabla el 39% del volumen maderable con corteza, mientras que en CO₂ acumulado no llegan al 25%.

⁵⁹ Observación. La suma de la acumulación de CO₂ nacional de las especies de la tabla, es menor que el total nacional debido a la acumulación de CO₂ de especies nacionales no presentes en La Rioja.

Figura 8. Porcentaje de volumen con corteza maderable, en el año 1999, de las especies forestales riojanas



Concretamente observamos que *Pinus sylvestris* tiene prácticamente el mismo volumen maderable que *Fagus sylvatica*, mientras que en CO₂ acumulado *Fagus sylvatica* supera en más del 150% a *Pinus sylvestris*.

Las especies de ribera, sin embargo, tienen un comportamiento intermedio entre las coníferas y las frondosas de crecimiento lento, es decir, a igualdad de volumen maderable contienen menos CO₂ que el resto de frondosas y más que las coníferas.

La explicación de las diferencias entre los valores de las figuras 7 y 8, está relacionada con la relación de fijación de CO₂ respecto al incremento de volumen maderable que ya se comentó en apartados anteriores, y que a su vez está ligada a las diferencias de densidad de la madera (tabla 26) y a la proporción de biomasa entre las diferentes partes del árbol (tabla 27).

6. LOS PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA

6.1. CONCEPTO Y DIRECTRICES INTERNACIONALES RELACIONADAS

Los productos de madera recolectada (PMR) se definen como los materiales obtenidos a base de la madera cosechada de los bosques, que se utilizan para la elaboración de productos tales como muebles, madera estructural, papel.... Los PMR incluyen la madera recolectada para la producción de energía, sin embargo se excluyen, los residuos forestales abandonados en el lugar de recolección.

Los PMR forman parte integral del ciclo del carbono y tienen un efecto positivo en la mitigación del cambio climático, ya que almacenan carbono durante un plazo de tiempo más o menos duradero. El efecto de mitigación se puede potenciar aumentando la utilización de madera, fabricando productos de madera de mayor vida útil, o haciendo un mayor uso de biomasa forestal como combustible, debido a la sustitución de combustibles fósiles. Además, la fabricación y el transporte de los productos de la madera emiten menos CO₂ que otros materiales de construcción tales como el aluminio, el acero o el hormigón.

Las Directrices del IPCC, han dado importancia a los productos de madera recolectada, y en sus diferentes informes, han ido desarrollando los diferentes métodos que se podrían utilizar para la contabilización. El problema está en obtener un consenso internacional a la hora de elegir que método utilizar, para que los datos aportados por los diferentes países sean coherentes.

En 1997 las Directrices del IPCC para la elaboración de Inventarios Nacionales de GEI recomendaban la inclusión de los PMR sólo en aquellos casos en los que fuera posible documentar un aumento en la cantidad de PMR. En caso contrario, se consideraba que el único efecto producido era un aplazamiento de las emisiones de GEI, sin conllevar una variación real de los stocks de carbono presentes en los PMR, siendo su resultado neto igual que en el caso de no haberse tenido en cuenta, ya que los inventarios no miden carbono acumulado, sino las variaciones anuales producidas en los mismos.

En 1998, El IPCC celebró una reunión especial en Dakar, en donde los expertos repasaron y evaluaron tres métodos diferentes para la contabilización de los PMR:

- El método de variación de reservas
- El método de producción
- El método del flujo atmosférico

Más adelante, en 2003, el IPCC publicó la guía de buenas prácticas para el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y selvicultura (OBP-UTCUTS). Y en ella, los PMR fueron incluidos en un apéndice, en el que se desarrollaron los tres métodos de contabilización comentados en el párrafo anterior.

En la actualidad, las partes no tienen la obligación de contabilizar el carbono retenido en los PMR, y solo deben hacerlo de forma voluntaria. Hasta la fecha solo cuatro de los estados desarrollados, han contabilizado y divulgado emisiones y retenciones referentes a los PMR: Australia, Canadá, Reino Unido y los EEUU.

Actualmente, en España, los productos de la madera no están considerados en el sistema de contabilización de los inventarios nacionales y del Protocolo de Kyoto, de manera que, aunque el carbono queda almacenado durante años o incluso décadas en estos productos, el mero hecho de aprovechar un monte supone actualmente una emisión instantánea de todo el carbono extraído de la masa forestal.

La implantación de un método único, establecido por consenso internacional, ofrecería el impulso merecido al sector forestal y sería un elemento muy importante para incentivar el mantenimiento y aprovechamiento de las masas forestales.

6.2. MÉTODOS DE CONTABILIZACIÓN

Los métodos de contabilización desarrollados por el IPCC, deberían permitir a los gobiernos elegir uno de entre ellos, que sería de aplicación única para todos los países con el objetivo de evitar problemas de doble contabilidad. A continuación se exponen los diferentes métodos planteados, cada uno de los cuales, favorece a unos países y perjudica a otros, en función de su balance comercial, situación que ha dificultado las negociaciones en torno a este tema. No obstante, sea cual sea el método elegido, serviría para poner en valor el servicio ambiental de las plantaciones forestales más allá de la tala.

Los tres métodos definidos en la OBP-UTCUTS, estiman las variaciones anuales de carbono presentes en los PMR.

6.2.1. METODO DE VARIACIÓN DE LAS RESERVAS

Se trata de la estimación de la variación anual de las reservas de carbono en PMR de un país, con independencia del origen de la madera. Ello implicaría que:

- Las entradas de carbono de los PMR provienen de la producción del propio país notificante, y de los productos importados, procedentes de bosques de otros países, pero los productos aparecen finalmente en el país notificante.
- Hay que descontar las exportaciones de PMR a otros países, que salen del país notificante.
- Habría que calcular las emisiones de carbono a la atmósfera de los PMR del propio país notificante, que estarían basadas en datos sobre el tipo de uso de los PMR y la forma de evacuación a que se someten.

Las variaciones positivas de las reservas de carbono se interpretarían como absorciones, en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Este modelo de contabilización favorece a los países importadores de madera.

6.2.2. METODO DE PRODUCCIÓN

Se trata de la estimación de la variación anual de las reservas de carbono en los PMR, cuyo carbono procede de árboles recolectados en el país notificante. Ello implicaría que:

- Se contabilizan las entradas de carbono de los PMR, que provienen de los bosques del país notificante, con independencia de si los PMR aparecen en el país notificante o en otros países a los que se ha exportado
- No se contabilizan los PMR procedentes de importación de otros países
- Para calcular las emisiones de carbono de dichos PMR, habría que tener en cuenta datos sobre uso de los PMR y la forma de evacuación, de los países donde se ha exportado, además de los

datos propios de uso y evacuación del país notificante. Por consiguiente, los límites de notificación no coincidirían con las fronteras nacionales

Igualmente las variaciones positivas de las reservas de carbono, se interpretarían como absorciones, en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Este modelo de contabilización favorece a los países exportadores de madera.

6.2.3. METODO DEL FLUJO ATMOSFÉRICO

El punto de vista en que se basa este método, es diferente a los anteriores. En lugar de centrarse en la variación de las reservas, lo hace directamente en los flujos de carbono que proceden de la atmósfera y van hacia ella. Es decir, en vez de notificarse la variación anual de reservas, se notifican las emisiones anuales, positivas o negativas.

Otra gran diferencia con los otros métodos, es que considera el conjunto bosques/PMR como el depósito de entrada o salida de flujo. Ello implica:

- El flujo de salida de la atmósfera es la absorción anual de carbono por los bosques del país
- El flujo de entrada a la atmósfera es la emisión de los PMR en uso y la emisión de los PMR en los lugares de eliminación de desechos sólidos (LEDS)
- Hay que tener en cuenta la entrada de PMR por importación y la salida de PMR por exportación. Por consiguiente los límites de notificación en este caso sí coinciden con las fronteras nacionales.

Para poner en práctica esta modalidad sería necesario modificar las normas de notificación en relación con los bosques. En lugar de notificar sólo la variación neta anual (materia vegetal actual menos materia recolectada) habría que notificar el flujo neto anual de carbono hacia los ecosistemas forestales junto con las estimaciones de las emisiones procedentes de los PMR.

6.2.4. OTRAS CUESTIONES A TENER EN CUENTA

A la hora de elegir uno u otro método se presentan diferentes cuestiones a tener en cuenta: Cómo contabilizar el carbono en los desechos derivados de la madera; Cómo contabilizar el uso de la madera recolectada para la producción de energía.

Respecto a la contabilidad de los desechos derivados de la madera, hay que tener en cuenta al decidir uno u otro método si se incluye o no la variación de las reservas de PMR en los lugares de eliminación de desechos sólidos (LEDS). Y si se incluyera hay cuestiones que se deben examinar:

- La coherencia entre los datos del sector forestal y los datos del sector de desechos. Es decir, si el sector forestal decide contabilizar ese depósito el sector de desechos lo debería descontar.
- En la actualidad el sector de desechos contabiliza y estima las emisiones de metano procedentes de los LEDS (incluidas las emisiones procedentes de madera y papel), pero no contabiliza las correspondientes variaciones de las reservas de carbono en los LEDS

Respecto a cómo contabilizar el uso de la madera recolectada, en la actualidad las emisiones procedentes de la madera se anotan pero no se incluyen en los inventarios, puesto que ya se han tenido en cuenta al descontar la madera recolectada para calcular la fijación neta de los bosques.

Los métodos de variación de reservas y de flujo atmosférico dan cuenta, en ambos casos, de la totalidad de las emisiones procedentes de madera quemada para la obtención de energía, pero la modalidad de producción podría no dar cuenta de toda la madera quemada para obtener energía si una parte de la madera se importara y posteriormente se quemara. Tales emisiones no se contabilizan, dado que la madera importada no se incluye en la modalidad de producción. Ahora bien, sí se contabilizarían en el país de producción.

6.2.5. DISCUSIÓN

La contabilización obligatoria de los PMR, es una cuestión irresuelta, ya que los métodos de contabilización propuestos hasta la fecha obedecen a las posiciones antagónicas de los estados productores y consumidores de madera. Los primeros ven en el método de producción de madera una manera de retardar las emisiones de los productos que salen de sus bosques. Los segundos, sin embargo, desean añadir el reservorio importado a su inventario de absorciones.

A nuestro juicio, el más ventajoso de los tres métodos para el conjunto de los países, sería el método de producción, puesto que favorece más claramente la producción de madera, pero se debería certificar que los PMR proceden de bosques ordenados, o por lo menos certificar que no proceden de superficies en las que se está produciendo deforestación intencionada de bosques.

Los países importadores de madera no se favorecerían como sumideros de carbono, pero tampoco se les desfavorece puesto que las emisiones de dichos productos entran en la contabilidad del país productor. Y en cambio, sí se benefician al evitar consumo adicional de combustibles fósiles.

Aun así, si los países importadores quisieran que se les tuviera en cuenta como sumideros de carbono, se podría llegar a puntos de encuentro, como por ejemplo que el carbono de los PMR exportados se contabilizaría mitad por mitad en el país productor y en el país importador.

Además se puede fomentar el incremento del efecto sumidero de los PMR, prolongando la vida útil de los productos de la madera, por ejemplo, utilizando especies más apropiadas para cada uso, aplicando mejores productos de protección de madera contra hongos o ataques de insectos.

Lo que está claro es, que las políticas deberían favorecer claramente el consumo de madera, bien sea para biomasa o para otros usos, porque como ya se ha comentado en repetidas ocasiones, además de que los PMR suponen un sumidero de carbono, se evita consumo adicional de combustibles fósiles.

6.3. VIDA MEDIA DE LOS PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA

Los Productos de Madera Recolectada (PMR) actúan como reservorio de carbono durante el tiempo que permanecen en uso, antes de envejecer y descomponerse. Por lo tanto, el valor de los PMR como sumideros de carbono, está relacionado con la vida de los productos. Cuanto mayor sea la vida en uso de los productos, más valor tendrán como sumidero temporal de carbono.

Ya sabemos que con el paso de más o menos tiempo, los PMR se acaban descomponiendo y devuelven el CO₂ a la atmósfera, pero al igual que los bosques y como complemento de los mismos, por su capacidad de almacenamiento son esenciales y permiten mitigar el problema durante un tiempo, es decir, los bosques y los PMR, ofrecen la oportunidad de “comprar el tiempo necesario” para poner en marcha nuevas estrategias que logren la reducción de emisiones (Jandl, 2001).

Los estudios de diferentes autores sobre la cuantificación de la variación de carbono en los PMR, reflejan que la cantidad de carbono que permanece en los PMR con el paso del tiempo, se ajusta bastante a la función exponencial negativa siguiente:

$$C(t) = e^{-tk} \times C_0$$

Donde:

$C(t)$ = carbono que queda en el PMR tras el paso de t años
 K = tasa de pérdida, constante para cada PMR
 t = número de años transcurridos
 C_0 = carbono inicial del PMR

Debido a que la ecuación es una exponencial negativa, en teoría, la cantidad de carbono remanente nunca llega a ser cero.

Por eso, para referirnos a la durabilidad de los productos de la madera, se trabaja con lo que se denomina “vida media en años”.

La vida media en años de un PMR, se define como la cantidad de años que tarda en perder la mitad de su contenido en carbono.

Es decir, la vida media en años (VM), es el número de años (t) que hace que:

$$C(t) = C_0 / 2$$

Si tomamos logaritmos neperianos en ambos lados de la ecuación anterior y despejamos t :

$$\text{Ln}(e^{-tk} \times C_0) = \text{Ln}(C_0 / 2)$$

Obtenemos que:

$$t = VM = \text{Ln}(2) / k \quad \text{ó} \quad k = \text{Ln}(2) / VM$$

A efectos prácticos, y simplificando, podemos suponer que un determinado PMR mantiene secuestrado todo su carbono inicial durante los años correspondientes a su vida media, y a partir de dicha edad el carbono vuelve a la atmósfera por deterioro y descomposición.

Son varios los autores que han estudiado la durabilidad de los productos de la madera, y han obtenido diferentes valores de la constante K , en función de los productos de madera estudiados.

A continuación se presenta una tabla en la que se exponen los valores de la constante K y de la vida media en años (VM), para los diferentes PMR, clasificados según los principales productos de la industria de primera transformación de la madera.

Tabla 31. Vida media y constante K de las diferentes categorías de PMR

Categoría de PMR	K	Vida Media (VM)
Madera de aserrar	0,0198	35
Chapa y tablero contrachapado	0,0231	30
Tablero aglomerado o tablero de fibras	0,0347	20
Madera de embalaje	0,2310	3
Papel	0,3466	2

Los datos proceden de la tabla expuesta en el apéndice sobre PMR de la OBP-UTCUTS del IPCC.

Los valores expuestos en la tabla son los valores que el IPCC aconseja tomar por defecto, excepto los correspondientes a madera para embalaje, que se han tomado de la misma tabla según el valor obtenido por Nabuurs en los Países Bajos, ya que no hay valor por defecto de este material y es un material de bastante importancia relativa en La Rioja, como veremos más adelante.

A la vista de la tabla destacan las diferencias de durabilidad de los productos. El efecto como sumidero de los diferentes productos es proporcional y por lo tanto, el valor como sumidero de productos de las tres primeras categorías es mucho mayor, y no tiene nada que ver, con el escaso valor como sumidero de los productos de menor vida media (papel y madera de embalaje).

6.4. EMISIONES DE CO₂ EN LA ELABORACIÓN DE LOS PMR

Como cualquier proceso productivo, la elaboración de los productos de la madera desde su aprovechamiento en el monte hasta la puesta en servicio como producto final, requiere consumo de energía y emite CO₂ a la atmósfera.

Los métodos de contabilización de los sumideros de CO₂ en los PMR, no tienen en cuenta estas emisiones, puesto que son emisiones externas al sistema, que se consideran pertenecientes a otros sectores.

Un enfoque más estricto de la valoración de los PMR como sumideros de CO₂, debería tener en cuenta la estimación de esta incertidumbre (emisiones del transporte, de la transformación del producto, de los tratamientos a los que se someten, de la reutilización de los residuos...), y considerar el balance neto de absorción de CO₂ en los PMR, equivalente a la diferencia entre el CO₂ fijado en la madera menos el CO₂ emitido en el proceso de elaboración.

Además, la actividad forestal que se está valorando como sumidero de CO₂ puede producir una variación de las emisiones o eliminaciones de GEI externas al sistema de contabilización, que es lo que en la bibliografía especializada se entiende como “fuga de carbono” o “fuga de emisiones de GEI”. Si hay fugas, el sistema de contabilización no arrojará una evaluación exacta de los cambios totalizados inducidos por la actividad. Para algunas actividades las fugas pueden abordarse aumentando la escala espacial y temporal de las fronteras de contabilización, sin embargo el problema se complica cuando estas fronteras rebasan los límites nacionales.

La cantidad de CO₂ emitido a la atmósfera en el proceso productivo de la madera, depende del destino final de ésta. El estudio detallado de las emisiones de cada tipo de proceso, se escapa del alcance de este estudio, pero sin embargo, a continuación, apuntaremos ciertos datos de otro estudio que nos darán una idea de la dimensión de estas emisiones.

Según el estudio “Análisis del ciclo de vida de la madera como material alternativo⁶⁰”, realizado para valorar las emisiones de CO₂ en la elaboración de madera con destino a la construcción, por cada metro cúbico de madera elaborada y puesta en obra⁶¹, se emiten unos 225kg CO₂.

Considerando una densidad media de madera, cada metro cúbico de madera fija 900kg CO₂, por lo que aproximadamente las emisiones del proceso de elaboración suponen la cuarta parte respecto a la fijación de CO₂. De estas emisiones, el 73% se producen en la primera transformación.

En el mismo estudio se hace una comparativa de las emisiones de CO₂ de diferentes tipos productos (cubiertas de edificios, ventanas, mesas, estanterías, suelos...), si se elaboran con madera, respecto a si se utilizan otras materias primas (hormigón, vidrio, acero galvanizado, aluminio, pvc...). Las soluciones de madera reducen las emisiones de CO₂ respecto a las otras materias primas entre un 25% y un 79%.

La principal conclusión del estudio es, que como media, por cada m³ de madera utilizada para la construcción, se fijan 0,9 tCO₂ en la propia madera, y además, se evitan emitir a la atmósfera 1,1 tCO₂ (diferencia media entre las emisiones de otros productos respecto a las soluciones de madera).

Por lo tanto, las emisiones del proceso de elaboración de los PMR, se deben tener en cuenta, y ello, lejos de restar importancia al papel de la madera frente al cambio climático, lo realza, puesto que en comparación con los procesos de elaboración de otras materias primas, las emisiones de CO₂ son más bajas en los PMR.

La consecuencia importantísima que se obtiene es que el consumo de madera evita la emisión suplementaria de CO₂ a la atmósfera.

6.5. CORTAS DE MADERA EN LA RIOJA

En la siguiente tabla podemos consultar las cortas de madera en La Rioja, entre los años 1999 y 2007. Los datos proceden de la Dirección General de Medio Natural del Gobierno de La Rioja.

Tabla 32. Cortas de madera en La Rioja por especies, en m³ con corteza. Años 1999-2007

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Media	%
Pino silvestre	24031	26460	34526	19132	14018	29663	19453	29858	11944	23232	37,2
Pseudotsuga	0	0	5000	963	6	8	2633	0	940	1061	1,7
Otras coníferas	675	550	458	9	629	321	5639	668	8531	1942	3,1
Coníferas	24706	27010	39984	20104	14653	29992	27725	30526	21415	26235	42,0
Chopo	41432	46191	58763	31555	26869	30073	32344	23462	21132	34647	55,5
Haya	1255	0	1128	742	6002	951	0	1100	373	1283	2,1
Nogal	102	144	69	39	80	58	0	35	59	65	0,1
Otras frondosas	72	41	119	163	20	1253	100	24	44	204	0,3
Frondosas	42861	46376	60079	32499	32971	32335	32444	24621	21608	36199	58,0
TOTAL	67567	73386	100063	52603	47624	62327	60169	55147	43023	62434	100,0

⁶⁰ Realizado por Iñaki Santiago del grupo Mesa de la Madera e Iker Larrea del grupo Factor CO₂

⁶¹ El cálculo de emisiones se hace para el ejemplo de madera estructural para cubiertas de edificios

En la penúltima fila se presenta la media anual para el periodo, mientras que en la última fila se presenta el porcentaje que supone cada especie sobre el conjunto.

Se observa que destacan dos especies muy por encima de las demás, el pino silvestre entre las coníferas y el chopo entre las frondosas. En conjunto abarcan más del 90% del volumen de cortas de La Rioja.

En el conjunto de España, el volumen de cortas asciende a 15105120 m³ con corteza. Media años 1990-2006, con lo que las cortas en La Rioja suponen el 0,4% del total nacional.

Si comparamos la tabla de las cortas, con la siguiente tabla, en la que se presentan los datos de superficies de bosques, según especie dominante, se observa que en el 20% de la superficie boscosa (pino silvestre y árboles de ribera) se produce más del 90% del volumen de cortas (pino silvestre y chopo).

A nivel de especie, en relación a la superficie, destaca muy por encima de las demás, la producción de chopo, puesto que del 5,2% de la superficie (árboles de ribera) se obtiene más del 55% del volumen de cortas de La Rioja. Además, como veremos en el capítulo correspondiente, la superficie de chopo realmente productiva es mucho menor de la considerada en esta tabla.

Tabla 33. Superficie por especie dominante según el IFN3 de La Rioja

Especies	Superficie (ha)	%
<i>Pinus sylvestris</i>	26744	15,77
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	1651	0,97
Otras coníferas	20487	12,08
Especies de ribera	8815	5,20
<i>Fagus sylvatica</i>	27251	16,07
Otras especies	84604	49,90

Aunque la media de las cortas de otras coníferas es baja, se aprecia un incremento con el transcurso de los años, relacionado con la entrada en producción de repoblaciones forestales realizadas desde mediados del siglo XX.

Sin embargo destaca la escasa cantidad de madera extraída de haya y de otras frondosas. Especialmente destaca la escasez de cortas en quercíneas, a pesar de la gran superficie ocupada por las mismas en La Rioja.

Casi la totalidad de las cortas que se hacen de quercíneas, y gran parte de las cortas en otras frondosas, se hacen en concepto de leñas de hogar, y por eso, no están incluidas en la tabla. No obstante, basándonos en la estadística del censo agrario, la extracción de leñas es muy escasa en La Rioja. Se estima que en La Rioja se extraen unos 4800 estereos de leña, lo que equivale en término medio a unos 3000 m³ de madera con corteza.

Esta escasez de extracción de leña comparada con otras comunidades (400.000 m3 en Castilla y León), posiblemente esté relacionada con cuestiones como:

- Escasez de población en las zonas forestales serranas
- Dificultad de acceso y acopio de leñas en dichas zonas forestales
- Abundancia de leñas de origen agrícola, por la abundancia de cultivos leñosos (olivo, almendro, frutales, vid...), de acceso menos dificultoso, que proporcionan suministro abundante y suficiente a la zona rural más poblada del Valle del Ebro.

La escasez actual de cortas en las frondosas de crecimiento lento, está provocando un aumento importante de biomasa en dichas superficies. Ello se traduce, en el presente, a que los bosques de frondosas tienen una gran fijación neta de CO₂.

Ahora bien, esto no debe confundirnos, con la política actual de falta de extracción de madera en estas superficies, llegará un momento en que las masas envejezcan y entonces la fijación neta se aminore o incluso sea nula o negativa (ya se empezó a apreciar esa tendencia en el *Quercus pyrenaica*, ver apartado) A partir de ese momento la función de fijación de CO₂ en esas superficies habrá terminado e incluso estarán expuestas por perturbaciones (incendios forestales...) a ser emisoras de CO₂.

Por lo tanto para fomentar la mitigación del cambio climático, en el presente y en el futuro, y también con el objetivo de eliminar combustible de los bosques, es necesario promover una política de extracción de biomasa en todos los bosques, sobre todo de los bosques de frondosas de crecimiento lento. La gran densidad de la madera de quercíneas y por lo tanto su gran capacidad calorífica, deberían despertar su gran interés como madera para producción de energía que tan importante fue antaño.

6.6. DESTINO DE LA MADERA CORTADA EN LA RIOJA

Debido a la escasez de información sobre los diferentes destinos de la madera cortada en La Rioja, este apartado se va a desarrollar en base a la información disponible sobre el destino de la madera cortada en la comunidad vecina de Castilla y León, y en parte, en base a la información más detallada que disponemos sobre el destino de la madera de chopo.

La elección de esta comunidad, se debe a la proximidad geográfica y a la similitud climática del territorio forestal de La Rioja con el de Castilla y León. Si observamos la siguiente tabla de producción por especies, vemos que la producción de madera sigue patrones parecidos a los de La Rioja. Las coníferas de crecimiento lento y las frondosas de rápido crecimiento (chopo) son las producciones principales, con un mayor peso de las coníferas que en La Rioja.

Tabla 34. Cortas de madera por especies en Castilla y León en el año 2005

	m3 con corteza	%
Pino silvestre	525000	29
Pino negral (<i>pinaster</i>)	562000	31
Otras coníferas	249000	14
Chopo	442000	25
Otras frondosas	18000	1
TOTAL	1796000	100

Esta madera recolectada tiene los siguientes destinos en la industria de primera transformación de la madera, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 35. Distribución de entrada de madera recolectada en Castilla y León, a las diferentes industrias de la madera de 1ª transformación. Año 2005

	m3 con corteza	%
Madera para desenrollo	363493	20
Madera para aserrío	666715	37
Madera para trituración	696413	39
Madera en rollizos	53282	3
Otros usos	16097	1
TOTAL	1796000	100

Las cantidades expuestas en la tabla anterior son volúmenes de **entrada de madera con corteza**, en los diferentes tipos de industria de primera transformación, que nada tienen que ver con los volúmenes obtenidos como producto final:

- De entrada, la corteza de la madera es aprovechada como biomasa para la obtención de energía
- De la madera sin corteza que entra para desenrollo, el 53% termina como chapa y el 47% corresponde a subproductos que son aprovechados generalmente por la industria de trituración (tableros de partículas, tableros de fibras, pasta de papel) y actualmente también algo para la floreciente industria de la biomasa
- De la madera sin corteza que entra para aserrío, el 47% termina como madera de sierra y el 53% corresponde a subproductos que son aprovechados por la industria de trituración y biomasa

En la siguiente tabla, se expone el volumen de madera (incluida la corteza) producido en Castilla y León, que acaba convertido en cada producto final de la industria de primera transformación. Los volúmenes se han calculado utilizando los datos de elaboración de Castilla y León. Se supone, por lo tanto, que de las maderas exportadas de cada clase, para su elaboración fuera de Castilla y León, se obtiene la misma proporción de productos elaborados.

Tabla 36. Distribución de la madera recolectada en Castilla y León, en los diferentes tipos de productos de 1ª transformación. Año 2005

	Producto de 1ª transformación	m3 con corteza ⁶²	%
Desenrollo	Chapa y tablero contrachapado	154389	8,6
Sierra	Madera de Sierra	251121	14,0
Rollizos	Postes y apeas	35014	1,9
Trituración	Tablero de fibras o partículas	833017	46,4
	Pasta de papel	152859	8,5
Otros usos	Biomasa y otros usos	369600	20,6
TOTAL		1796000	100

⁶² La corteza es aprovechada como biomasa, y dicho volumen está recogido en la última fila. Por eso el volumen total es el correspondiente al volumen con corteza cortado en Castilla y León.

Estas cifras de volumen de madera (incluida la corteza) se corresponden con el volumen de madera utilizada que acaba consumiendo cada producto, lo cual no se debe confundir con el volumen final de los productos. Por ejemplo para producir un m3 de tablero de fibras hace falta casi 1,5m3 de madera.

La Rioja

Para estimar los productos elaborados obtenidos con las cortas de madera de La Rioja, nos vamos a basar en los datos de la Comunidad Autónoma de Castilla y León y a la vez en la información detallada que disponemos sobre el destino de la madera de Chopo.

El destino de la madera, exceptuando el chopo, se ha estimado conforme a los porcentajes de la tabla de productos finales de Castilla y León (tabla 36).

El resultado final de la estimación del volumen de madera que acaba en los diferentes productos de la industria de primera transformación de la madera se expone en la tabla 37.

Tabla 37. Estimación de los volúmenes de madera convertidos en los diferentes productos finales, obtenidos de la madera cortada en La Rioja. Media años 1999-2007

	Producto final	m3 con corteza	%
Desenrollo	Tablero contrachapado	9554	15,3
	Tablero de envase	7165	11,5
Sierra	Madera de Sierra	5155	8,3
Rollizos	postes, apeas y otros	842	1,3
Trituración	Cama para animales	2702	4,3
	Tableros de fibras o partículas	22232	35,6
	Pasta de papel	4458	7,1
Biomasa	Biomasa	10326	16,5
TOTAL		62434	100,0

Respecto a la durabilidad de la madera y a su efecto como sumidero, deducimos que el 60,5% de la madera cortada en La Rioja, se destina a la fabricación de productos de larga vida útil, mientras que el 39,5% de la madera cortada en La Rioja, se transforma en productos de escasa vida útil (madera de embalaje, pasta de papel, biomasa).

6.7. FOMENTO DEL USO DE LOS PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA

Promover que un mayor porcentaje de madera, sea transformada en productos de larga duración, contribuirá a fomentar el efecto de la madera como sumidero de carbono, sin olvidar el papel del consumo de productos de madera, incluida la biomasa, en las emisiones de CO₂ evitadas por la no utilización de otros productos (acero, hormigón, aluminio, combustibles fósiles...).

Además, el fomento de la utilización de los productos de la madera, tiene otros aspectos indirectos positivos, relacionados con el aumento del aprovechamiento forestal, tales como:

- Evitar la acumulación de biomasa en el monte y disminuir por lo tanto el riesgo de incendios forestales.
- Dar mayor vigor a las masas forestales saturadas de biomasa y como consecuencia aumentar el crecimiento bruto.

- Adaptar las masas al cambio climático, al poner los escasos recursos hídricos a disposición de una menor biomasa.
- Fomentar la repoblación forestal

6.7.1. AYUDAS AL SECTOR FORESTAL

Actualmente, la escasa rentabilidad de los productos forestales unida a la topografía complicada de España en general y de La Rioja en particular, impide un mayor aprovechamiento forestal en nuestros montes. Por otra parte, la entrada en vigor de la nueva ley de subvenciones, no permite la concesión de ayudas a propietarios para la realización de trabajos forestales (trabajos selvícolas, forestación, etc.), sin que tengan coste económico para ellos.

Es necesaria y urgente la puesta en marcha de ayudas al sector forestal, que tengan en cuenta los beneficios indirectos del mantenimiento y mejora de las superficies forestales y su aprovechamiento ordenado.

Las ayudas al sector forestal podrían ser de este tipo:

- Aprobación de una ley de subvenciones específica para el sector forestal, que fomente la realización de trabajos forestales, y que en determinadas masas o superficies, sea sin coste económico alguno para los propietarios. Los elevados costes de los trabajos forestales y la actual ley de subvenciones que obliga a los propietarios a gastar parte del dinero de su bolsillo, para la concesión de la citada subvención, está frenando los realización de trabajos forestales de todo tipo (forestación, tratamientos selvícolas, etc.).
- Valorización de los beneficios indirectos del fomento y mantenimiento de las masas forestales, o bien a través de la fiscalidad (reduciendo impuestos a los propietarios de masas forestales) o bien a través de subvenciones basadas en unidades de superficies, apoyadas en sistemas de información geográfica al estilo del SIGPAC, que subvencionen las superficies arboladas. Actualmente, hay subvenciones para superficies agrícolas y con aprovechamiento ganadero y sin embargo no las hay para las superficies arboladas. Ello hace que actualmente un propietario forestal, bien sea persona física o jurídica pueda obtener subvenciones de superficies desarboladas y sin embargo ninguna ayuda por el mantenimiento o fomento de las superficies arboladas.
- Subvención directa a todo tipo de productos de madera recolectada y no sólo a algunos, que fomente al sector forestal en general frente a otros sectores de mayor emisión de CO₂ y que evite las disputas internas entre los diferentes sectores forestales. La subvención directa a un subsector forestal, por ejemplo a la biomasa, pondría en contra, como ya ha sucedido, a la industria de trituración de la madera o del papel, porque se verían forzados a pagar más por el producto en el monte, repercutiendo negativamente en sus intereses, y lo que se trata es de apoyar al sector forestal en conjunto.

6.7.2. LA CERTIFICACIÓN FORESTAL

Una parte importante y esencial para lograr el fomento del aprovechamiento forestal, es el consumidor. En un mundo con grandes problemas ambientales y sociales, los consumidores se cuestionan la sostenibilidad de los productos que adquieren.

En el sector forestal la sostenibilidad del aprovechamiento, está directamente ligada a su contribución a la mitigación del cambio climático, puesto que solo contribuyen a la mitigación del cambio climático aquellos productos obtenidos a través de un aprovechamiento ordenado.

Es esencial que el consumidor pueda diferenciar los productos de madera obtenidos con un aprovechamiento ordenado y que por lo tanto ayudan a mitigar el cambio climático, de aquellos que fomentan la deforestación de los bosques.

La Certificación Forestal Paneuropea (PEFC) es un sistema de promoción y certificación voluntaria de la gestión forestal sostenible. Sus objetivos son:

- Promover la Gestión Forestal Sostenible de las masas forestales
- Fortalecer la imagen positiva del bosque y de la madera como materia prima renovable
- Garantizar a los consumidores la procedencia de los productos de masas gestionadas de forma sostenible.

Se trata no sólo de realizar una gestión sostenible, sino de poder comunicar este hecho a los consumidores, de forma que estos puedan diferenciar y premiar con su elección de compra aquellos productos sostenibles.

La Certificación de la Cadena de Custodia, es el mecanismo que verifica que la madera utilizada por la industria de la transformación de la madera, procede de bosques gestionados de forma sostenible, creando un enlace informativo entre la materia prima forestal incluida en el producto y el origen de dicha materia, para ofrecer al consumidor productos acabados que promueven la gestión sostenible.

7. ANÁLISIS DE DETALLE DE LAS CHOPERAS PRODUCTIVAS

7.1. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de chopo de la especie híbrida *Populus x canadensis*, tienen gran importancia forestal en la Comunidad Autónoma de La Rioja, ya que más de la mitad del volumen anual de cortas en La Rioja, corresponde a dicha especie.

En este capítulo se analizará con detalle, que importancia tienen y qué papel juegan estas plantaciones tan productivas en la mitigación del cambio climático. El estudio se abordará bajo la perspectiva de la fijación neta de CO₂ en las choperas, bajo la perspectiva del CO₂ neto fijado en los productos de la madera de chopo y bajo la perspectiva del CO₂ que se evita emitir al utilizar dichos productos, aunque en realidad, esta última perspectiva sólo se apunta, ya que su cuantificación es difícil.

La especie *Populus x canadensis* abarca un grupo polimorfo de múltiples híbridos, entre las diferentes estirpes de *Populus nigra* y *Populus deltoides*. A causa de su rápido crecimiento, su elevada producción de madera y su facilidad de multiplicación vegetativa, su cultivo se extendió por toda Europa desde el siglo XVIII.

Muchos de los clones presentan crecimientos extraordinariamente rápidos, contándose dentro de este grupo de híbridos, los árboles que dan mayores producciones volumétricas en Europa. Los clones interesantes tienen maderas muy blandas y ligeras, blancas y sin corazón diferenciado, lo que los hace muy aptos para desenrollo, chapa plana, aserrío y fabricación de pasta.

7.2. SUPERFICIES

Las plantaciones de choperas productivas, requieren agua freática alta, abundante y renovada, o si esto no se cumple, tiene que haber posibilidad de dar frecuentes riegos a manta. Debido a esta necesidad de agua en el suelo, las plantaciones de choperas productivas se encuentran asociadas íntimamente con el bosque de ribera.

Las principales manifestaciones del bosque de ribera en La Rioja, se encuentran en las vegas de inundación del río Ebro y de los principales ríos riojanos. En estas zonas, las especies más características son además del chopo de producción o híbrido (*Populus x canadensis*), el chopo negro (*Populus nigra*) y el sauce blanco (*Salix alba*). En la mitad occidental de La Rioja, hasta Logroño, es también característica la presencia del aliso (*Alnus glutinosa*), mientras que en la mitad oriental el aliso desaparece para dar paso al álamo blanco (*Populus alba*) como especie característica. En la mitad oriental de la comunidad riojana, tanto en las riberas del Ebro y de sus afluentes, como en pequeños enclaves de barrancos y yagas también es característica la presencia del tamariz (*Tamarix sp.*).

Dentro de estas vegas de inundación, las principales superficies de choperas productivas las encontramos:

- A lo largo de todo el curso del río Ebro desde Haro hasta Alfaro.
- En el curso bajo del río Tirón
- En el curso medio y bajo del río Oja
- En el curso medio y bajo del río Najerilla y de sus afluentes río Cárdenas y río Tobía
- En el curso medio del río Iregua

En las zonas de montaña, sin embargo, los bosques de ribera tienen un desarrollo más reducido con formaciones de tipo lineal, en donde coexisten especies propias de las riberas montañas, como los sauces arbustivos (*Salix atrocinerea*), con otras especies más propias de los bosques caducifolios higrófilos, tales como fresnos, tilos u olmos de montaña. En este tipo de bosques no se desarrolla el cultivo de choperas productivas.

El estudio de las superficies ocupadas por el chopo híbrido va a ser estimativo, ya que en los Inventarios Forestales Nacionales, estas superficies se han agrupado con las de otros bosques de ribera. Así los datos de superficies de los IFN de La Rioja son:

- Según el IFN2 la superficie ocupada por las especies de ribera es 8514 hectáreas (Superficie ocupada según especies dominantes, tabla del Mapa 4).
- Según el IFN3 la superficie ocupada por las especies de ribera es 8815 hectáreas (Superficie ocupada según especies dominantes, tabla del Mapa 1).

Para estimar qué porcentaje de estas superficies es el ocupado por el chopo híbrido, se ha realizado un estudio a nivel de recintos⁶³ de los estratos del IFN3 que contienen árboles de ribera:

- Estrato 17: Formación forestal dominante “*Populus nigra*, *Populus x canadensis*”. 340 recintos.
- Estrato 19: Formación forestal dominante “Árboles de ribera”. 169 recintos.

La estimación de dicho porcentaje se basa en analizar la especie dominante en cada recinto, y suponer que en dicho recinto sólo existe esa especie dominante. El sesgo obtenido no será abultado ya que la existencia de cada especie como especie secundaria en otros recintos en los que no es dominante, lo suponemos compensado con la ocupación de otras especies secundarias en los recintos en que la especie principal es dominante.

Del citado análisis se obtiene la tabla de superficies siguiente:

Tabla 37. Superficie ocupada por las especies de ribera, según análisis de recintos. IFN3 La Rioja

	Estrato 17	Estrato 19	Total	%
<i>Populus x canadensis</i>	3483	412	3895	45,3
<i>Populus nigra</i>	1588	1279	2867	33,3
<i>Populus alba</i>		60	60	0,7
<i>Salix sp.</i>		397	397	4,6
<i>Fraxinus angustifolia</i>		571	571	6,6
<i>Fraxinus excelsior</i>		373	373	4,3
<i>Tamarix sp.</i>		372	372	4,3
<i>Alnus glutinosa</i>		69	69	0,8
Subtotal			8604	100,0
Otras especies	19	563		
TOTALES	5090	4096	9186	

⁶³ Esta información se ha obtenido del cederom adjunto al IFN3 de La Rioja

La superficie total de los estratos 17 y 19 es 9186 hectáreas, sin embargo para calcular porcentajes, la superficie de otras especies no se ha tenido en cuenta, y se ha utilizado el valor 8604 hectáreas. El motivo es que el valor reflejado en la tabla del Mapa 1 del IFN3 excluye “otras especies”. Sin embargo, dicha tabla sí incluye otros pequeños recintos de árboles de ribera en otros estratos y por eso la superficie es ligeramente mayor a 8604 hectáreas (8815).

El porcentaje de superficie ocupada por *Populus x canadensis*, en los bosques de ribera es el 45,3%, y este dato sí es coherente con el valor de la tabla del Mapa 1 del IFN3. Como no disponemos de esta información en el IFN2 suponemos este porcentaje constante entre inventarios. Así pues la superficie estimada de choperas productivas⁶⁴ es:

- $8514 \times 0,453 = 3856$ hectáreas en el IFN2
- $8815 \times 0,453 = 3993$ hectáreas en el IFN3

7.3. FIJACIÓN NETA DE CO₂ DE LAS CHOPERA PRODUCTIVAS

En este apartado se va a calcular la fijación neta de CO₂ de las choperas productivas, entendiendo como tal, el balance entre el carbono acumulado en los chopos como resultado de su crecimiento (crecimiento bruto) y el liberado por diferentes motivos como: desprendimiento de partes del mismo, mortandad natural, perturbaciones y extracciones de madera.

Una chopera tiene fijación neta de carbono si su biomasa está en crecimiento, mientras que supone un fuente neta de emisiones si la biomasa decrece por las circunstancias que sean (tala, mortandad natural...).

Se va a calcular la fijación neta de CO₂ en las choperas, según las diferentes metodologías explicadas en este estudio para el conjunto de las especies.

7.3.1. METODOLOGÍA DEL IPCC APLICADA SEGÚN EL INVENTARIO NACIONAL DE GEI

Bosques que siguen siendo bosques

Para calcular el incremento de carbono en los bosques que siguen siendo bosques, ya vimos que por ahora el Inventario Nacional sólo considera el carbono en la biomasa viva.

Los datos de las tablas 3 y 4 de las filas correspondientes a los árboles de ribera, se presentan en la siguiente tabla

⁶⁴ En este capítulo vamos a considerar las superficies de choperas productivas en sentido amplio, entendiendo por choperas productivas las superficies de los diferentes recintos en los que la especie *Populus x canadensis* es dominante. De esta superficie se calcula, según datos de crecimientos y cortas de madera que la superficie de choperas realmente productivas (que reciben tratamientos culturales intensos) ronda las 1600 hectáreas (Garnica Plywood, 2009)

Tabla 38. Conversión del volumen con corteza a Carbono en la biomasa viva, de las especies del bosque de ribera

IFN2					
Especie	Vcc (m ³ /ha)	BEF×D (t/m ³)	R	CF	C ₁₉₈₇ (tC/ha)
<i>Populus nigra</i> y <i>P. x canadensis</i>	5,5029986	0,62	0,326	0,50	2,26
<i>Fraxinus sp.</i>	0,7926743	0,83	0,326	0,50	0,44
TOTALES	6,2956729				2,70
IFN3					
Especie	Vcc (m ³ /ha)	BEF×D (t/m ³)	R	CF	C ₁₉₉₉ (tC/ha)
<i>Populus nigra</i> y <i>P. x canadensis</i>	4,7344346	0,62	0,326	0,50	1,95
<i>Fraxinus sp.</i>	0,3963058	0,83	0,326	0,50	0,22
<i>Salix sp.</i>	0,9017116	0,80	0,326	0,50	0,48
TOTALES	6,0324520				2,65

Si interpretamos los datos de esta tabla, siguiendo estrictamente las normas del Inventario Nacional de GEI, tal como hicimos para el conjunto de las especies, la aportación de los bosques de ribera al conjunto es negativa, puesto que el carbono por hectárea según el IFN3 es menor que el carbono por hectárea según el IFN2.

Pero ya se explicó en su momento, el error de estimación que se comete al aplicar esta metodología, ya que las nuevas superficies arboladas en el IFN3, rebajan el volumen medio por hectárea y sin embargo no se contabilizan en la metodología. Además el volumen medio por hectárea es el resultado de dividir el volumen de las especies por la superficie total arbolada y no por la superficie de la especie correspondiente.

Sin embargo, en este estudio, partiendo de los datos de carbono total por hectárea de la tabla anterior, vamos a estimar el incremento de carbono en las superficies de choperas productivas que se mantienen como tal.

Para ello vamos a asumir el error de considerar que todo el volumen de las especies de ribera procede de las superficies en las que las especies de ribera son las especies dominantes. Este error de estimación, no será abultado, puesto que si bien hay árboles de especies de ribera fuera de los bosques de ribera, también hay especies de no ribera en las superficies en las que las especies de ribera son dominantes.

Una vez tenidas en cuenta estas consideraciones, la aplicación de la metodología queda resumida en los datos que se exponen en la tabla y que se explican a continuación:

- La fila 1 recoge los valores de la última columna de la tabla 38, (total de los valores del conjunto de especies de ribera)
- En la fila 2 se expone la superficie total arbolada
- En la fila 3 se calcula el carbono total en los bosques de ribera multiplicando el dato de la fila 1 por el de la fila 2.
- En la fila 4 se expone la superficie de bosques de ribera (superficie en la que las especies de los bosques de ribera son las especies dominantes)
- La fila 5, es el resultado de dividir los valores de la fila 3 por los de la fila 4
- La fila 6 expresa el valor de incremento de carbono por hectárea de bosque de ribera entre inventarios

- La fila 7 expresa este mismo valor por año, dividiendo el valor de la fila 7 por doce.
- En la fila 8, se expone la superficie de choperas productivas que se conserva como tal, que es la superficie de choperas estimada en el IFN2.
- En la fila 10 se calcula el incremento anual de carbono en dichas superficies multiplicando el valor de la fila 7 por la superficie de la fila 8.

Tabla 39. Cálculo estimativo del incremento de carbono en las superficies de choperas productivas que se mantienen como choperas productivas

Fila		IFN2	IFN3
1	Carbono (tC/ha)	2,70	2,65
2	Superficie arbolada total (ha)	128917	169552
3	Carbono total en los bosques de ribera (tC)	348076	449313
4	Superficie de bosques de ribera (ha)	8514	8815
5	Carbono por hectárea de bosques de ribera (tC/ha)	40,88	50,97
6	$C_{IFN3} - C_{IFN2}$ (tC/ha)	10,09	
7	ΔC_{BRBR} (tC/ha×año)	0,84	
8	Superficie de choperas que siguen como tal (ha)	3856	
9	ΔC_{CPCP} (tC/año)	3239	

En la operación desarrollada en la última fila, se comete otro error, que es considerar que el incremento de carbono por hectárea y año en las choperas productivas es el mismo que el obtenido en conjunto para las especies de ribera. Pero debido a que el valor real se estima mayor que el de la media de las especies de ribera, este error lo asumimos por ser conservador.

Así pues, aplicando la metodología desarrollada en el Inventario Nacional de GEI, que recordamos utiliza las normas y valores por defecto de las Directrices del IPCC, de modo particular para las especies de ribera, y con los valores de superficie de choperas productivas estimadas en este estudio, estimamos que el incremento anual de carbono en las choperas productivas que siguen como tal, es de 3239 toneladas de carbono, lo que equivale a 11876 toneladas de CO₂.

Si este resultado lo comparamos con las 301305 toneladas de CO₂ absorbido anualmente por los bosques de La Rioja que siguen siendo bosques, deducimos que la fijación de las choperas productivas supone tan solo el 3,94 % de la fijación en La Rioja.

Tierras convertidas a bosques

La metodología del Inventario Nacional, también reduce la estimación del incremento de carbono en las tierras convertidas a bosques, al obtenido en la biomasa viva.

Dicha metodología sólo considera como superficies convertidas a bosques, las superficies agrícolas repobladas en el ámbito de la PAC.

La aportación de las choperas productivas de La Rioja a los datos de superficies repobladas en el ámbito de la PAC, para aplicar de manera estricta la metodología del Inventario Nacional, no tiene coherencia y carece de sentido por varios motivos:

- Las repoblaciones de choperas han estado consideradas unos años dentro de la PAC, mientras que otros años han sido subvencionadas con otras líneas de ayuda.
- Gran parte de las plantaciones de choperas que han recibido subvención, se invierten en superficies que han sido taladas y se vuelven a plantar. La escasa variación entre las superficies del bosque de ribera entre inventarios, confirman esta suposición.
- La metodología del Inventario Nacional considera un crecimiento de biomasa por hectárea uniforme para todas las repoblaciones PAC, sin distinguir entre especies de crecimiento lento y rápido.

Olvidándonos de la aplicación estricta de la metodología del Inventario Nacional, podemos interpretar los datos de la tabla anterior para estimar cuánto puede suponer la fijación de las nuevas choperas de producción. Esta estimación no seguiría la metodología del Inventario Nacional, pero utilizaría los valores por defecto de las normas del IPCC, puesto que parte de datos de la tabla anterior.

Se trata de estimar la fijación neta de las tierras convertidas en choperas productivas, a través de la comparación de inventarios.

Conociendo el incremento anual de carbono de las choperas productivas que siguen como tal, se puede calcular la cantidad de carbono de dichas superficies a fecha del IFN3 (1999), y entonces podemos interpretar que el resto del carbono acumulado a fecha del IFN3 se debe al crecimiento de las nuevas choperas.

El proceso de cálculo se expone en la siguiente tabla:

- En la fila 1 se expone la superficie de choperas productivas que hemos estimado en el apartado 7.2 de este estudio.
- En la fila 2 se expone el valor de carbono por hectárea de bosques de ribera obtenido en la tabla anterior y asumimos que este valor es el mismo para las choperas productivas.
- La fila 3 muestra el carbono total estimado en las superficies de choperas productivas, obtenido como producto de la fila 1 por la fila 2.
- En la fila 4 se expone el incremento anual de carbono de las choperas productivas que siguen como tal, obtenido en la tabla anterior.
- En la fila 5 se expone el incremento total de carbono entre inventarios dentro de las choperas productivas que siguen como tal, obtenido multiplicando por doce el valor de la fila 4.
- En la fila 6 se calcula el carbono total a fecha del IFN3 (1999) de las choperas productivas que siguen como tal, sumando el valor de la fila 5 al valor de la fila 3 para el IFN2.
- En la fila 7 se calcula la diferencia de toneladas de carbono resultante entre el valor de la fila 3 para el IFN3 y el valor de la fila 6 y este valor es la cantidad de toneladas fijadas por las nuevas superficies de choperas.
- En la fila 8 se exponen las hectáreas convertidas a choperas, como diferencia entre los dos valores de la fila 1.
- En la fila 9 se expone el valor del sumatorio de hectáreas de choperas convertidas acumuladas, que figuran cada año desde 1987 hasta 1999. Este dato se obtiene de la tercera fila-última columna de la tabla 41. En ella, como vemos, hemos supuesto un incremento medio de 11 o 12 hectáreas anuales, de tal forma que contando desde el año 1987 (IFN2) llegamos a 1999 (IFN3) con un total de 137 hectáreas convertidas, que es el dato de que disponemos.
- La fila 10 recoge el valor de incremento anual de carbono por hectárea convertida de bosque. Con el dato de la fila 9, podemos calcularlo dividiendo el valor de la fila 7 por el de la fila 9.
- En la fila 11, figura el valor de hectáreas convertidas a choperas desde 1990 hasta 2007. Este dato se ha obtenido de la tabla 41, prolongando la estimación de hectáreas convertidas hasta el año 2007, y sustrayendo del dato de hectáreas convertidas acumuladas desde 1987 las convertidas acumuladas hasta 1990.

- Por último, en la fila 12 obtenemos el valor estimativo de las toneladas de carbono fijadas en 2007 por las tierras convertidas a choperas, como producto de los valores de las filas 10 y 11.

Tabla 40. Calculo estimativo del incremento de carbono en las superficies convertidas a choperas productivas

Fila		IFN2	IFN3
1	Superficie de choperas productivas (ha)	3856	3993
2	Carbono por hectárea en las choperas productivas (tC/ha)	40,88	50,97
3	Carbono total en las choperas productivas (tC)	157633	203523
4	ΔC_{CPCP} (tC/año)	3239	
5	$C_{CPCP1999} - C_{CPCP1987}$ (tC)	38868	
6	$C_{CPCP1999}$ (tC/año)	196501	
7	C_{TCCP} (tC)	7022	
8	Tierras convertidas en choperas productivas (ha)	137	
9	Sumatorio de tierras convertidas de cada año	873	
10	$\Delta C_{CPCP} / ha$ (tC/año×ha)	8,04	
11	Estimacion de tierras convertidas de 1990 a 2007	200	
12	$\Delta C_{CPCP2007}$ (tC)	1608	

Tabla 41. Estimación de hectáreas de tierras convertidas a choperas

Año	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	SUMA
Ha convertidas	0	11	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	137
Ha acumuladas desde 1987	0	11	22	33	44	55	66	77	89	101	113	125	137	873
Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007						
Ha convertidas	12	12	12	12	12	12	12	12						
Ha acumuladas desde 1987	149	161	173	185	197	209	221	233						

Se ha estimado por lo tanto, que el carbono fijado por las tierras que estimamos han sido convertidas a choperas productivas desde 1990 hasta 2007 asciende a 1608 tC (5896 t CO₂).

El carbono fijado por el conjunto de repoblaciones PAC de La Rioja, calculado en este estudio asciende a 14318 tC (52499 tCO₂).

Aunque ya hemos dicho que estos datos no son del todo comparables, por los motivos que ya apuntamos en este mismo apartado y por los diferentes métodos de cálculo, asumiendo este error, **estimamos que la fijación de las nuevas choperas supone un 11,2% de la fijación total por las superficies convertidas a bosques.**

Es de esperar que en la realidad este valor porcentual sea menor, puesto que para el conjunto de las especies no se han contabilizado ni las repoblaciones fuera de PAC, ni la regeneración natural.

7.3.2. METODOLOGÍA DEL INIA APLICADA POR COMPARACIÓN DE INVENTARIOS

En este apartado estimaremos la fijación neta de las choperas productivas de La Rioja, aplicando la metodología del INIA por comparación de inventarios.

El estudio del INIA recoge datos de biomasa para cada clase diamétrica de la especie *Populus x canadensis* (= *Populus x euramericana*). El problema al aplicar la comparación de inventarios como ya se explicó en su momento, es que los datos publicados de los IFN recogen agrupados los datos de *Populus x canadensis* junto a los de *Populus nigra*, y en el IFN2 también están agrupados los de *Populus alba* y *Populus tremula*.

Debido a la imposibilidad de separar los datos de cada especie, no nos queda otro remedio que trabajar con estimaciones. Vamos a suponer que los datos de pies por cada clase diamétrica se reparten porcentualmente según la proporción de superficies ocupadas por cada especie. La estimación es algo grosera, pero no nos queda otro remedio.

En la siguiente tabla, se exponen las superficies de las especies del género *Populus* según la información de los estratos 17 y 19 del IFN3. Las superficies agrupan aquellos recintos en los que la especie correspondiente es la especie dominante.

Tabla 42. Superficie de las especies del genero *Populus*, según los estratos 17 y 19 del INF3 La Rioja

	Hectáreas	% sin <i>P. alba</i>	% con <i>P. alba</i>
<i>Populus x canadensis</i>	3895	57,6	57,1
<i>Populus nigra</i>	2867	42,4	42,0
<i>Populus alba</i>	60		0,9
TOTALES	6822	100,0	100,0

A continuación se presenta la tabla 42 de aplicación de la metodología del INIA, obteniendo para la especie *Populus x canadensis*, el incremento anual de biomasa, el incremento anual de carbono y el incremento anual de CO₂ fijado.

La tabla 42 es similar a la tabla 21 del apartado 5.3, pero corregida para estimar los pies de *Populus x canadensis*, de la siguiente manera:

- Los datos de nº de pies por clase diamétrica de las especies *Populus x canadensis* y *Populus nigra* del IFN3 La Rioja, se han reducido al 57,6%
- Los datos de nº de pies por clase diamétrica de las especies *Populus x canadensis* y *Populus nigra*, agrupados con los de *Populus alba* y *Populus tremula*, del IFN2 La Rioja, se han reducido al 57,1%

La explicación del contenido de la tabla es similar al expuesto en la introducción del apartado 5.3

Tabla 42. Estimación del incremento anual de biomasa, carbono y CO₂ fijado en La Rioja por *Populus x canadensis*

CD (cm)	Biomasa total por pie (kg m.s.)	Nº pies IFN3 1999	Nº pies IFN2 1987	Δ nº pies entre inventarios	Δ biomasa entre inventarios (t m.s.)	Δ biomasa anual (t m.s.)	Δ carbono anual (t C)	Δ CO ₂ anual (t CO ₂)
5	3,9	407555	453943	-46388	-181	-15	-7	-26
10	24,1	205610	173424	32186	776	65	31	114
15	69,8	195422	270036	-74614	-5208	-434	-210	-770
20	148,3	206445	291061	-84616	-12549	-1046	-505	-1852
25	266,3	190378	216653	-26275	-6997	-583	-282	-1034
30	429,8	139525	116345	23180	9963	830	401	1470
35	644,5	86579	44131	42448	27358	2280	1101	4037
40	915,6	47622	36394	11228	10280	857	414	1518
45	1248,3	24027	10667	13360	16678	1390	671	2460
50	1647,3	12138	6603	5535	9118	760	367	1346
55	2117,4	5311	2889	2422	5128	427	206	755
60	2662,9	1884	1238	646	1719	143	69	253
65	3288,5	1322	0	1322	4347	362	175	642
70	3998,2	3590	413	3177	12701	1058	511	1874
TOTALES		1527407	1623798	-96391	73133	6094	2943	10791

La fijación neta anual de carbono de las choperas productivas, según la metodología del INIA aplicada por comparación de inventarios, se estima en 2943 toneladas de carbono (10791 toneladas de CO₂).

Si comparamos estos valores, con la fijación neta anual de todas las especies de La Rioja, calculada con esta misma metodología, y que asciende a 347870 tC (1275524 tCO₂), vemos que la fijación neta de las choperas productivas sólo supone el 0,8%.

El dato de fijación neta anual de carbono es incluso inferior, al obtenido según la metodología del Inventario Nacional de GEI. En dicha metodología los datos que se han tomado para pasar de metros cúbicos de fuste maderable a toneladas de materia seca, $BEF \times D \times (1+R)$, son mayores a los que ha obtenido el INIA para *Populus x canadensis* en sus muestreos.

No obstante, la fijación **net**a es pequeña con ambas metodologías y ello tiene una explicación sencilla:

- La superficie de choperas apenas se ha incrementado
- La mayoría del crecimiento bruto se extrae con el aprovechamiento de la madera
- La densidad básica de la madera de *Populus x canadensis* es la más baja de las especies forestales riojanas (0,36 t/m³, ver tabla 26)
- La proporción de la biomasa del fuste respecto a la biomasa total es la más alta de las especies forestales riojanas (56,3%, ver tabla 27) y por lo tanto la proporción de biomasa de volumen no maderable es pequeña.

7.3.3 FIJACIÓN NETA VERSUS FIJACIÓN BRUTA

No son pocos los artículos o estudios que veremos publicados, en los que se apunta la gran fijación de CO₂ de las choperas debido a su gran productividad de madera. La afirmación no es incorrecta pero hay que tomarla con cautela.

La mayoría de los estudios o artículos que afirman la gran fijación de las choperas, o de otros árboles forestales, se refieren a la fijación bruta de CO₂, ya que calculan la fijación partiendo de la productividad de las choperas en volumen de madera por hectárea y por año y la transforman directamente a toneladas de CO₂ capturadas por esos volúmenes en crecimiento.

Partiendo de una superficie cualquiera de choperas productiva, una vez que la madera es recolectada, el CO₂ capturado por la biomasa viva que se aprovecha pasa a los productos de madera recolectada y el resto de la biomasa viva se descompone y revierte el CO₂ capturado a la atmósfera. Haciendo un balance cerrado en la biomasa viva el carbono capturado desaparece y por lo tanto la fijación neta en la biomasa es nula al terminar el aprovechamiento.

El mismo razonamiento podemos hacer a nivel de una gran superficie de choperas productivas o de todas las choperas productivas de la comunidad de La Rioja. Si la superficie de choperas permanece constante en el tiempo, el crecimiento bruto anual de madera de todas las choperas, se recolectará en ciertas superficies, y por lo tanto la fijación neta en el balance de la biomasa viva será nula.

Sin embargo si se produce un incremento de la superficie de choperas, la fijación neta aumentará de forma muy importante durante los años de crecimiento de las nuevas superficies debido al fuerte crecimiento en volumen de las choperas, aunque también es verdad que el crecimiento neto durará pocos años debido a que los turnos son cortos.

El hecho de que la fijación neta a nivel de biomasa viva, de una superficie forestal como la de las choperas, sea pequeña o nula, quiere decir que esa superficie no es importante a efectos de contabilidad como sumidero de absorción (para el Inventario Nacional de GEI, para el Protocolo de Kyoto), pero eso no quiere decir que esa superficie no sea importante para mitigar el cambio climático, como veremos en el siguiente apartado.

7.4. PRODUCTOS DE MADERA RECOLECTADA DE CHOPERAS PRODUCTIVAS

7.4.1 CORTAS DE CHOPO EN LA RIOJA

Los Productos de la Madera Recolectada (PMR) mantienen el carbono más o menos tiempo secuestrado según su vida útil, y además, lo verdaderamente importante es que su consumo evita la emisión suplementaria de CO₂ de otras fuentes, ya que la industria de la madera es baja en consumo de CO₂ comparándola con la industria de otras materias.

Más de la mitad del volumen de madera recolectada en La Rioja proviene de las cortas de choperas productivas, y por lo tanto estas superficies son esenciales en la mitigación del cambio climático.

En la siguiente tabla se recoge el volumen de cortas de madera en La Rioja, según las diferentes especies y se añaden los datos de densidad básica y porcentaje de carbono para calcular las toneladas de carbono secuestrado en ese volumen de madera.

Tabla 43. Toneladas de carbono fijadas en las cortas de madera de La Rioja. Media años 1999-2007

	m3 con corteza	% en volumen	densidad básica (t/m3)	% carbono	toneladas de carbono	% en carbono
Pino silvestre	23232	37,2	0,45	50,9	5321	42,7
Pseudotsuga	1061	1,7	0,45	50,0	239	1,9
Otras coníferas	1942	3,1	0,47	50,0	456	3,7
Chopo	34647	55,5	0,36	48,3	6024	48,4
Haya	1283	2,1	0,55	48,6	343	2,8
Nogal	65	0,1	0,55	50,0	18	0,1
Otras frondosas	204	0,3	0,55	50,0	56	0,5
TOTAL	62434	100,0			12458	100,0

La tabla 43 refleja la importancia de las cortas de chopo en la comunidad riojana. En tan sólo 3993 hectáreas de superficie de choperas productivas (IFN3) lo que supone tan solo el 2,4% de la superficie forestal arbolada (169552 ha, IFN3) se produce el 55,5% del volumen de madera de La Rioja.

Pero además ya apuntamos en este estudio, que de las choperas productivas consideradas en sentido amplio (superficies en las que el chopo híbrido es dominante) las superficies de choperas realmente productivas en sentido estricto (que reciben tratamientos culturales intensos) se reducen a unas 1600 hectáreas (Garnica Plywood, 2009).

En toneladas de carbono, a pesar de que el chopo tiene la menor densidad entre las especies forestales e incluso un menor contenido relativo de carbono, la madera de chopo supone el 48,4% del carbono recolectado en la madera.

7.4.2 DESTINO DE LA MADERA DE CHOPO

En este apartado se va a analizar el destino final de la madera de chopo, y en consecuencia la proporción de productos finales de madera recolectada. Este análisis nos sirve para valorar la vida media de los productos de la madera de chopo y determinar la importancia de este depósito de carbono.

La media de m3 de madera con corteza de chopo, recolectados en La Rioja entre los años 1999 y 2007 es de 34647 m3 con corteza.

Tabla 44. Destino de entrada de la madera de chopo en La Rioja. Media años 1999-2007

	Producto final	m3 con corteza	%
Desenrollo	Tablero contrachapado	15591	45,0
	Tablero de envase	15591	45,0
Sierra	Madera de Sierra	3119	9,0
Trituración	Cama para animales	346	1,0
TOTAL		34647	100,0

Un 90% de la madera de chopo, se destina a la industria del desenrollo. De este 90%, el 50% se dedica a la fabricación de tablero contrachapado industrial con una variada gama de productos: Fabricación de caravanas; Mobiliario interior de barcos debido a su bajo peso y resistencia a la humedad; Parquet; Paneles y tabiquería de construcción. El otro 50% se dedica a la fabricación de tablero de envase, fundamentalmente para la fabricación de cajas para frutas y hortalizas. El tablero de envase de chopo por su bajo peso y blancura es ideal para este tipo de producto. Dicho tablero de envase, en el fondo es también tablero contrachapado, pero sólo formado por tres chapas, por lo cual su vida media es mucho menor.

De la madera que no se desenrolla (10% del volumen con corteza). El 90% se destina a sierra para la obtención de tablas y el 10% para la fabricación de cama para animales.

Las cantidades expuestas en la tabla anterior son volúmenes de **entrada de madera con corteza**, en los diferentes tipos de industria de primera transformación, que nada tienen que ver con los volúmenes obtenidos como producto final:

- En primer lugar, la corteza de la madera es aprovechada como biomasa para la obtención de energía. En la Rioja el volumen de la corteza de chopo se estima en un 13,3 % (según datos del IFN3), un valor considerablemente inferior al de otras especies forestales.
- De la madera sin corteza que entra para desenrollo, el 53% termina como tablero contrachapado y el 47% corresponde a subproductos. De los subproductos el cilindro final que no se puede aprovechar para desenrollar (chislora) se aprovecha como rollizo para el propio transporte de los tableros. El resto de los subproductos son aprovechados por la industria de trituración (tableros de partículas, tableros de fibras, pasta de papel)
- De la madera sin corteza que entra para aserrío, el 47% termina como madera de sierra y el 53% corresponde a subproductos que son aprovechados por la industria de trituración y biomasa

En la siguiente tabla, se expone el volumen de madera de chopo (incluida la corteza) producido en La Rioja, que acaba convertido en cada producto final de la industria de primera transformación. El volumen de la corteza se ha estimado según datos del IFN3 de La Rioja, mientras que el porcentaje de subproductos se ha obtenido de datos a nivel nacional.

Estas cifras de volumen de madera (incluida la corteza) se corresponden con el volumen de madera utilizada que acaba en el producto, lo cual no se debe confundir con el volumen final de los productos. Por ejemplo para producir un m³ de tablero de fibras hace falta casi 1,5m³ de madera.

Tabla 45. Distribución de la madera de chopo recolectada en La Rioja, en los diferentes tipos de productos de 1ª transformación. Media años 1999-2007

	Producto final	m3 con corteza ⁶⁵	%	Toneladas C	Vida media
Desenrollo	Tablero contrachapado	7165	20,7	1246	30
	Tablero de envase	7165	20,7	1246	3
Sierra	Madera de Sierra	1270	3,7	221	35
Rollizos	Rollizos para transporte	300	0,9	52	35
Trituración	Cama para animales	2702	7,8	470	2
	Tableros de fibras o partículas	9344	27,0	1625	20
	Pasta de papel	2093	6,0	364	2
Biomasa	Biomasa	4608	13,3	801	
TOTAL		34647	100,0	6024	

Observando la columna de la vida media de los productos, sacamos la conclusión de que más de la mitad de la madera de chopo (52,3%) acaba como producto de larga duración (tablero contrachapado industrial, madera de sierra, rollizos, tableros de fibras o de partículas). Este porcentaje es ligeramente menor que el obtenido para el conjunto de las maderas de La Rioja, pero sin embargo es mayor que el que se obtendría de la madera de chopo de otras comunidades de España, ya que en La Rioja, comparando con el resto de comunidades se dedica un mayor porcentaje de madera de chopo a desenrollo para tablero industrial.

Los productos de madera recolectada de chopo en La Rioja, suponen el mayor sumidero temporal de carbono de entre todos los productos recolectados de las especies forestales riojanas. Este depósito de carbono es previsible que en un futuro temprano sea contabilizable como sumidero de carbono, cuando se fije la metodología de contabilización a nivel internacional. No obstante para que el depósito sea un sumidero de carbono neto, los stocks de productos de madera de chopo deben ir en aumento, lo cual parece previsible.

No obstante, plasmamos de nuevo, que lo importante frente al cambio climático es que el consumo de madera de chopo o de cualquier otra especie, evita la emisión suplementaria de grandes cantidades de CO₂ provenientes de otras fuentes, aunque ello es difícil de contabilizar.

En este aspecto, el papel de la biomasa es fundamental, y actualmente se están desarrollando diferentes alternativas para el aprovechamiento de la biomasa de todas las partes del chopo.

El aprovechamiento de la biomasa no maderable de chopo, se presenta como una alternativa viable debido a la accesibilidad y topografía llana de las parcelas que permiten la mecanización del proceso.

Actualmente ya existe la posibilidad de astillar la madera delgada no apta para desenrollo e incluso también hay pretrituradoras para aprovechar la biomasa de los tocones.

Se presenta por último el porcentaje de materia seca de las diferentes partes del chopo que nos da una idea de la importancia de poder aprovechar como biomasa las partes no maderables.

⁶⁵ La corteza es aprovechada como biomasa, y dicho volumen está recogido en la última fila. Por eso el volumen total es el correspondiente al volumen con corteza.

Tabla 46. Porcentaje de materia seca de las diferentes partes del chopo. INIA

	% materia seca en peso
Fuste	53,0
Ramas > 7cm	6,9
Ramas 2-7cm	6,9
Ramas < 2cm	6,6
Hojas	2,6
Tocón y raíces	24,0

7.5. INFLUENCIA DE LA CAPTURA DE CO₂ EN LA SELVICULTURA DE LAS CHOPERAS.

En este apartado, se va a analizar la influencia de la captura de CO₂ en la selvicultura de las choperas, suponiendo un escenario futuro, en el que se valore económicamente dicha captura. Para ello, en primer lugar, vamos a exponer brevemente, la situación actual del aprovechamiento selvícola de las choperas.

En la actualidad, en las choperas productivas riojanas, el crecimiento medio ronda los 22 m³ por hectárea y año y el turno de corta que se utiliza es de 14 años⁶⁶.

El turno que se aplica es el turno tecnológico, que es el turno de mayor renta dineraria, ya que al industrial no le interesan maderas de menos de 30cm de diámetro y el propietario quiere vender al mayor valor posible. A esa edad una choperas normal, tiene buen diámetro para la industria del desarrollo, con lo que se paga un buen precio al propietario, ya que el mayor valor de la madera es para desarrollo.

Este turno, es ligeramente mayor, que el turno de máxima renta en especie, (mayor crecimiento medio en volumen) que ronda los 12 años, mientras que coincide con el turno financiero tipo VAN aplicando una tasa de descuento del 3 o 4%⁶⁷.

La captura de CO₂ en las choperas está directamente relacionada con el volumen de la madera, con lo cual la prima a la captura de CO₂ sería equivalente a un mayor precio por unidad de volumen de madera.

No obstante, la valorización de la captura de CO₂, puede hacerse desde varios puntos de enfoque, los cuales determinarían la influencia final en la selvicultura y los turnos de las choperas.

Prima constante a la captura de CO₂ en la madera recolectada, con independencia del destino final de la madera

Este enfoque trataría de primar la captura de CO₂ en la madera que se recolecta, sin tener en cuenta la vida media de los productos de la madera, y como premio al hecho del CO₂ que se evita emitir de fuentes suplementarias (quema de combustibles fósiles, industria del acero, del aluminio, del hormigón...). La influencia de la prima sería equivalente al aumento de precio en la madera de chopo. Este aumento de precio sería constante con independencia de la categoría de la madera, teniendo un mayor peso específico para las partes del chopo de inferior categoría.

⁶⁶ Datos facilitados por la empresa Garnica Plywood. Pedro Romero, 2009.

⁶⁷ Obtenido del estudio de "Caracterización productiva de las choperas de gestión pública del Gobierno de La Rioja". Antonio Padro Simarro, 2003.

Excepto en el caso de una prima muy alta, que fuera mayor que la diferencia del valor de la madera de desarrollo con la madera para otros usos (lo cual no es previsible), el turno de corta no cambiaría puesto que en el precio final de la madera seguiría preponderando la madera de calidad para desarrollo. Sin embargo la rentabilidad de las choperas lógicamente sería mayor, y ello animaría a los propietarios a una mayor plantación de choperas y al aprovechamiento para biomasa de las partes no maderables del chopo.

Prima variable a la captura de CO₂ en la madera recolectada, dependiente de la vida media de los productos de la madera.

Se trataría de primar en mayor medida al CO₂ capturado en productos de larga vida media, para premiar el tiempo que el CO₂ queda capturado antes de liberarse a la atmósfera.

En este caso, la influencia de la prima sería equivalente también a un aumento del precio de la madera, pero un aumento desigual, con mayor peso en los productos de larga vida media. El turno de aprovechamiento no cambiaría, pero sí lo haría el destino de cada parte del chopo.

Dentro de la madera destinada a desarrollo, la mayor vida media del tablero contrachapado industrial respecto al tablero de envase, haría que el destino preferente fuera el tablero industrial, ya que estaría más primado.

Respecto a la madera no desarrollada, ganaría en preferencia el destino de la madera de sierra, frente a otros usos como biomasa o pasta de papel, mientras que de los subproductos de la madera de desarrollo y sierra, ganarían preferencia los destinados a tableros de fibras o partículas.

Prima por superficie de choperas productivas

Este tipo de incentivo, buscaría aumentar la superficie de choperas productivas, y con ello conseguir una fijación neta, aunque sea temporal, en la biomasa viva y a la vez un aumento de la producción de madera.

La repercusión de una subvención por superficie en la rentabilidad de la plantación, sería mayor en los terrenos menos productivos, e incluso permitiría el cultivo en zonas poco productivas. El turno a utilizar seguiría siendo el turno tecnológico, ahora bien en las zonas menos productivas que posiblemente entrarían en cultivo, habría que alargar el turno para poder llegar a las dimensiones de árboles que permiten el desarrollo.

8. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Bases

Hay consenso científico, casi generalizado, de que las emisiones antropogénicas de Gases de Efecto Invernadero (GEI), están generando un calentamiento del planeta sin precedentes y una alteración climática global, con serios impactos sobre el planeta.

España en general, y La Rioja en particular, por su situación geográfica, su fisiografía y su climatología, son muy vulnerables al cambio climático.

El más importante de los GEI antropogénicos es el dióxido de carbono (CO₂), y para mitigar el desequilibrio de su alta concentración en la atmósfera, hay dos vías principales, una es reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera y otra aumentar la absorción de CO₂ por medio de la fotosíntesis de los vegetales.

El cambio climático constituye un fenómeno global, tanto por sus causas como por sus efectos y, en consecuencia, requiere de una respuesta multilateral basada en la colaboración de todos los países.

El papel de los bosques frente al cambio climático es esencial, ya que acumulan el 80% del carbono de la biomasa aérea vegetal mundial y son el sumidero natural de CO₂ más importante del que dispone la humanidad.

Inventario Nacional de GEI

España, como miembro de la Unión Europea, firmó el Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, cuyo objetivo último es lograr la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera. La firma de dicho convenio internacional, obliga a cada país a elaborar y actualizar periódicamente un Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, siguiendo las pautas de las Directrices del IPCC, como base para demostrar el cumplimiento de sus compromisos.

El Inventario Nacional de Emisiones de GEI de España, Años 1990-2007, que constituye la edición correspondiente al año 2009, dedica uno de sus capítulos al sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y la Silvicultura (sector UTCUTS), dentro del cual se valora el papel de los bosques como sumideros de CO₂.

La masa forestal de La Rioja, como parte de la masa forestal del conjunto nacional, constituye un sumidero de absorción de CO₂, que valorado independientemente y siguiendo las pautas del Inventario Nacional, aporta unas cifras de absorción anual de 353804 tCO₂, lo que supone el 1,25% del conjunto nacional. Teniendo en cuenta que la superficie de La Rioja es un 1% sobre el total nacional, se deduce que la aportación de La Rioja es ligeramente superior a la que le correspondería por superficie.

En la aplicación de la metodología del Inventario Nacional, se detectan carencias muy importantes que infravaloran la capacidad de absorción de CO₂ de los bosques: Las superficies de regeneración natural o de repoblaciones fuera de PAC no se contabilizan, y sin embargo, se están teniendo en cuenta para rebajar el volumen medio por hectárea del IFN3. Ello redundará en una gran infravaloración de la realidad de la absorción de CO₂.

El Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto, a diferencia del Convenio Marco, establece por primera vez objetivos cuantificados de reducción de emisiones.

España, como miembro de la Unión Europea, ratificó el Protocolo de Kyoto y le corresponde limitar en un 15% el crecimiento de sus emisiones durante el periodo 2008-2012, como media anual, respecto al año 1990. Objetivo difícil, teniendo en cuenta que a fecha de 2005 las emisiones han aumentado un 52% respecto a 1990.

La normativa del Protocolo de Kyoto, exige requisitos más precisos de contabilización, y por ello las absorciones que se pueden contabilizar son un subconjunto de las consideradas en los Inventarios Nacionales de GEI. Así, las normas del Protocolo de Kyoto establecen que sólo aquellas absorciones producidas por ciertas actividades realizadas desde 1990, directamente inducidas por el hombre y, ante todo, verificables, pueden ser contabilizadas.

En estos momentos, España está tratando de definir y unificar criterios para discernir qué actividades se pueden contabilizar y cuáles no, ya que el adjetivo de actividades directamente inducidas por el hombre, en el sector forestal invita a la confusión, pues la gran mayoría de las superficies están influidas por el hombre pero con un escaso nivel de gestión y explotación.

Las carencias mencionadas en el Inventario Nacional para las absorciones por los sumideros, no sólo se mantienen en el PK sino que aumentan, al considerar como contabilizable, sólo una parte de aquellas y al establecer límites de contabilización en algunas actividades (por ejemplo en la gestión forestal).

El sector forestal español, debe negociar aspectos relacionados con la mejora de la contabilización de los sumideros de carbono, tales como: Retirar el actual límite de absorción para la gestión forestal; Establecer modelos de contabilización de la fijación neta de CO₂ basados en comparación de Inventarios; Considerar todo tipo de superficies forestales (bosques, matorrales, pastizales) como posibles sumideros de CO₂.

La mejora de la contabilización, en un contexto de mayor déficit de derechos de emisión, que es esperable que se consiga en las negociaciones post-Kyoto, fomentaría el sector forestal hasta la posición que merece, como impulsor del gran sumidero natural de carbono del que dispone la humanidad.

Fijación de CO₂ por los bosques riojanos según la metodología del INIA

En el estudio desarrollado en el INIA por Montero y colaboradores (2005) sobre fijación de CO₂ por los bosques españoles, se presenta una metodología estadísticamente ajustada y preparada para evaluar la producción de biomasa y la fijación de CO₂ de cada especie forestal a partir de datos de los Inventarios Forestales Nacionales.

El propio estudio aconseja, para calcular la fijación neta, utilizar la comparación de inventarios, más ajustada a la realidad. Pero en dicho estudio, a falta de los datos del IFN3, se evalúa la fijación neta anual de CO₂, con los datos del IFN2, y ésta resulta ser de 75143536 tCO₂ para los bosques de España, frente a 1411230 tCO₂ para los bosques de La Rioja (1,9% respecto al total nacional).

Sin embargo en nuestro estudio, gracias a la disponibilidad de los datos del IFN2 y IFN3 de La Rioja, y con los datos básicos del INIA, se ha aplicado la metodología, por comparación de inventarios, a cada una de las especies forestales de La Rioja, y se ha obtenido un resultado final de fijación neta anual de 1274524 tCO₂.

Ello significa, que **los bosques de La Rioja están fijando actualmente un 31% de las emisiones de la Comunidad Autónoma** (emisiones año 2006). Esta cifra dista mucho de las 353804 tCO₂ absorbidas en 2007 según la metodología del Inventario Nacional de GEI, y nos da una idea de la gran infravaloración de esta última metodología.

Los resultados por especies, han resultado muy interesantes, y han destacado el importante papel relativo de las frondosas de crecimiento lento, frente al escaso interés selvícola que tienen actualmente.

La fijación neta anual del conjunto de las frondosas de crecimiento lento despunta al 63,3% del conjunto regional, aunque en incremento en volumen maderable suponen el 44,1%. Ello se debe a una mayor densidad específica de la madera y una proporción mayor de biomasa no maderable. En este conjunto destaca el haya, que fija actualmente el 33,1% del CO₂ de los bosques de La Rioja, gracias a la expansión de sus dominios superficiales y al mayor crecimiento respecto a las quercíneas.

Las coníferas sin embargo, fijan el 33,2% del CO₂ de los bosques de La Rioja, aunque en incremento de volumen maderable suponen el 51,7% del conjunto regional, debido a una menor densidad específica de la madera y una menor proporción de biomasa no maderable. En este grupo destaca el pino silvestre, que fija el 21,3% del CO₂ de los bosques de La Rioja, gracias a su mayor velocidad de crecimiento en comparación con el resto de coníferas y a la expansión de sus dominios superficiales.

Las especies de ribera no destacan en absoluto por su fijación neta, sino más bien todo lo contrario, el estancamiento de la superficie y el gran aprovechamiento en las choperas productivas redundan en una escasa fijación neta.

Productos de Madera Recolectada

Los Productos de Madera Recolectada (PMR), en los que se incluye la biomasa, forman parte del ciclo del carbono y tienen un efecto positivo en la mitigación del cambio climático, por dos diferentes vías: Almacenan carbono durante un plazo de tiempo mas o menos duradero; Y su consumo evita la emisión suplementaria de CO₂ de otras fuentes (quema de combustibles fósiles, industria del hormigón, acero, aluminio...).

La contabilización de las emisiones o absorciones de CO₂ de los PMR en los Inventarios Nacionales de Emisiones, es una cuestión irresuelta, no por la falta de métodos, sino por falta de decisión de la comunidad internacional para determinar cuál de ellos utilizar.

A nuestro juicio el método de producción es el que más favorece al conjunto, puesto que incentiva la producción, siempre que la producción de PMR sea sostenible. Este método beneficia directamente al Inventario del país productor, y aunque directamente no beneficia al Inventario del país consumidor, si lo hace indirectamente, por la emisión suplementaria de CO₂ que evita al consumirlos.

El valor de los PMR como sumidero de carbono está relacionado con la durabilidad del producto. Para expresar esta durabilidad en años, se utiliza el concepto de Vida Media, que equivale al tiempo en el que un PMR pierde la mitad de su carbono. A efectos prácticos se puede suponer que el PMR mantiene todo su carbono durante la Vida Media del producto y después lo pierde de repente.

El volumen de cortas de madera en La Rioja, respecto al conjunto nacional, es pequeño en relación a su superficie, ya que éstas suponen sólo el 0,4% del total nacional.

El análisis de las cortas de madera en La Rioja, refleja la importancia relativa del chopo híbrido y el pino silvestre. En conjunto, las dos especies suponen más del 90% del volumen de cortas de madera en La Rioja.

En el lado opuesto, destacan por su escasísima aportación, las cortas de frondosas de crecimiento lento y las cada vez más escasas cortas en concepto de leñas de hogar. Parte de la importancia relativa de la fijación neta actual de las frondosas de crecimiento lento, se debe a la falta de aprovechamiento, pero esto no debe confundirnos: Llegará un momento en que los bosques de este tipo dejarán de crecer y si

no se incentiva su aprovechamiento ordenado, su papel en la mitigación del cambio climático habrá terminado.

La estimación del destino final de la madera cortada en La Rioja, nos da una idea del valor de dicha madera como sumidero de CO₂. La estimación refleja que el 60,5% de la madera cortada en La Rioja, se destina a la fabricación de productos de larga Vida Media, (tablero contrachapado industrial, madera de sierra, tablero de fibras o partículas) mientras que el 39,5% de la madera cortada en La Rioja, se transforma en productos de corta Vida Media (madera de embalaje, pasta de papel, biomasa).

Es necesaria y urgente la puesta en marcha de ayudas al sector forestal, que tengan en cuenta los beneficios indirectos del mantenimiento y mejora de las superficies forestales y que incentiven su aprovechamiento ordenado.

En este contexto, el consumidor de PMR juega un papel importante como impulsor del aprovechamiento ordenado. La Certificación Forestal garantizando la procedencia de los productos de masas gestionadas de forma sostenible y la Certificación de la Cadena Custodia estableciendo un enlace informativo entre la materia prima y el producto acabado, son elementos claves para que el consumidor pueda diferenciar y premiar con su compra, productos sostenibles.

Análisis de detalle de las choperas productivas

Las plantaciones de chopo de la especie híbrida *Populus x canadensis*, tienen gran importancia forestal en la comunidad de La Rioja, ya que más de la mitad del volumen anual de cortas en La Rioja, corresponde a dicha especie.

Sin embargo, la fijación neta de CO₂ de las choperas productivas, no es en absoluto importante en el conjunto de los bosques de La Rioja, lo cual no debe confundirse con que dichas superficies no son importantes para la mitigación del cambio climático.

La fijación neta de las choperas según la metodología del Inventario Nacional de Emisiones, haciendo previamente estimación de algunos datos (superficies, repoblaciones), en el año 2007, resulta ser de 13484 tCO₂, lo que supone un 3,81% del total de los bosques de La Rioja.

La fijación neta anual de las choperas productivas según la metodología de comparación de inventarios, basada en datos base del INIA, más fiable y contrastada que la anterior, es aun menor y se estima en 10791 tCO₂, lo que supone un 0,8% de la fijación neta total de los bosques de La Rioja.

Esta pequeña fijación neta de las choperas, en comparación con su importancia como productoras de madera tiene una explicación sencilla: La superficie de choperas apenas se ha incrementado; El crecimiento bruto se extrae con el aprovechamiento de la madera; La densidad de la madera de chopo es muy baja; Y la proporción de biomasa no maderable es pequeña.

Por ello, el papel importante de las choperas en la mitigación del cambio climático, no está en su fijación neta, sino en el papel de los Productos de Madera de chopo Recolectada.

Más del 55% del volumen de cortas de madera de La Rioja, se produce en una pequeña superficie de choperas productivas, que ronda las 1600 hectáreas. Los datos son concluyentes, en el 1% de la superficie forestal de La Rioja, se produce más de la mitad del volumen de madera. En toneladas de carbono o de CO₂ fijado, a pesar de que el chopo tiene la menor densidad entre las especies forestales, la madera de chopo supone el 48,4% del carbono recolectado en la madera.

Además, según el análisis del destino de la madera de chopo, más de la mitad de la madera de chopo (52,3%) acaba como producto de larga duración (tablero contrachapado industrial, madera de sierra, rollizos, tableros de fibras o de partículas). Y por lo tanto, los productos de madera recolectada de

chopo en La Rioja, suponen el mayor sumidero de carbono de entre todos los productos recolectados de las especies forestales riojanas.

A parte del valor como sumidero de carbono, la importancia de la gran producción de madera de chopo frente al cambio climático es que la producción y consumo de madera de chopo o de cualquier otra especie, evita la emisión suplementaria de grandes cantidades de CO₂ provenientes de otras fuentes.

En este aspecto, el papel futuro de la biomasa es fundamental, y actualmente se están desarrollando diferentes alternativas para el aprovechamiento de la biomasa de todas las partes del chopo, incluso de los tocones. El aprovechamiento de la biomasa, se presenta como una alternativa viable debido a la accesibilidad y topografía llana de las parcelas que permiten la mecanización del proceso.

Resumen

Las estrategias de reducción del CO₂ atmosférico, por vía forestal, pueden ser de varios tipos:

- Incremento de la biomasa vegetal en las superficies forestales.
- Incremento del carbono fijado en productos de la madera.
- Aumento del consumo de productos de madera, incluida la biomasa, para evitar la emisión suplementaria de CO₂ de otras fuentes.

De cara a la gestión forestal, estas estrategias pueden combinarse y resumirse en una sola que es aumentar la biomasa vegetal y obtener de ella el máximo de productos, sin comprometer su conservación.

En la actualidad, el papel de los bosques de La Rioja en este contexto es desigual y puede mejorar:

Respecto al incremento de la biomasa vegetal (fijación neta), gracias a la buena política de conservación y fomento de las masas forestales de La Rioja, la fijación neta de CO₂ en los bosques de La Rioja es importante, y supera a la media nacional teniendo en cuenta la superficie de La Rioja. En la fijación neta, destacan las frondosas de crecimiento lento, debido a su expansión y crecimiento. Ahora bien, teniendo en cuenta la gran superficie forestal desarbolada de La Rioja, la fijación neta se puede impulsar con políticas de forestación más ambiciosas.

Respecto al aprovechamiento forestal, aunque destaca la importancia del chopo como productor de madera, el conjunto de aprovechamientos forestales en La Rioja, es inferior a la media nacional, en relación a la superficie de La Rioja. Es necesario fomentar un mayor aprovechamiento de las masas de La Rioja, en especial de las frondosas de crecimiento lento, y en este contexto no se debe olvidar el importante papel de la biomasa forestal para la producción de energía.

Aldeanueva de Ebro, 10 de Diciembre de 2009

Luis Felipe Bergasa Zapata
Ingeniero de Montes (Colegiado 3288)
Universidad Politécnica de Madrid

BIBLIOGRAFÍA

- Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles. Gregorio Montero y colaboradores. INIA, 2005.
- Segundo Inventario Forestal Nacional. 1986-1995. La Rioja.
- Tercer Inventario Forestal Nacional. 1997-2006. La Rioja.
- Cambio Climático 2001. Informe de Síntesis. Resumen para Responsables de políticas. IPCC, 2001.
- Cambio Climático 2007. Informe de Síntesis. Resumen para Responsables de políticas. IPCC, 2007.
- Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. IPCC, 1996.
- Informe Especial del IPCC sobre silvicultura. IPCC, 2000.
- Orientación sobre las buenas prácticas para Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura. IPCC, 2003.
- Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. IPCC, 2006.
- Informe de la Conferencia de Las Partes (CMNUCC) sobre su 7º periodo de sesiones, celebrado en Marrakech. Acuerdos de Marrakech. 2001.
- Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España. Años 1990-2007. Comunicación a la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, 2009.
- Nota sobre emisiones GEI por Comunidades Autónomas a partir del Inventario Español. 2007.
- El cambio climático y la contabilización de los bosques como sumidero de carbono. Gerardo Sanchez Peña.
- Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Estrategia Regional Frente al Cambio Climático 2008-2012.
- Documento Resumen del Informe elaborado por expertos en cambio climático para el Presidente del Gobierno. 2009.
- Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión. 2008-2012.
- Anuario Estadístico de la Comunidad Autónoma de La Rioja.
- Anuario de Estadística 2008. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Anuario de Estadística Forestal 2006. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Posibilidades del sector forestal nacional en la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. José Azpitarte y Jorge Ascasibar.
- Carbono retenido en la superficie arbolada de la provincia de Teruel. Jesús Pascual Puigdevall y Luis M. Romeo Jiménez. Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE). Universidad de Zaragoza.
- Programa de forestación de tierras agrarias. Resultados tras cuatro años de repoblaciones en la provincia de Ávila. Ángel Iglesias Sanz. Sección de Restauración de la Naturaleza. Junta de Castilla y León. Ávila, 1998.
- Castilla y León y Los Sumideros de Carbono. El Secuestro de Carbono en los Bosques de Castilla y León: Una aproximación a su cálculo. CESCYL.
- El matorral como sumidero de Carbono. Alías Gallego y otros. Universidad de Extremadura.
- La producción de madera en Castilla y León. CESEFOR, 2005.
- Boletín comercial de productos forestales de Castilla y León. Junta de Castilla y León. 2008.
- Análisis del ciclo de vida de la madera como material alternativo. Iñaki Santiago e Iker Larrea, 2008.
- Caracterización productiva de las choperas de gestión pública del Gobierno de La Rioja. Antonio Padro Simarro, 2003.