

CAMBIO EN LAS EXISTENCIAS DE CARBONO DE LA MADERA MUERTA EN LAS TIERRAS FORESTALES QUE PERMANECEN COMO TALES

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
SNAP 97	-
CRT	4A1 DW
NFR	-

Descripción de los procesos generadores de emisiones/absorciones

Las tierras forestales (*Forest land*, FL, en inglés) experimentan, a lo largo del tiempo, cambios en las existencias de carbono (C) de los cinco depósitos de C (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

En esta ficha se recoge la metodología aplicada para la estimación de los cambios de existencia de C de la madera muerta, en las tierras forestales que permanecen como tales.

De acuerdo con la Guía IPCC (Anexo 4A.1, capítulo 4, volumen 4, Guía IPCC 2006), la madera muerta incluye toda la biomasa maderera no viviente que no está contenida en la hojarasca (detritus), ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada. Según lo sugerido en la Guía IPCC 2006, la madera muerta incluye la madera tendida en la superficie, raíces muertas y cepas de 10 cm de diámetro o más (o del diámetro especificado por el país).

Las pérdidas o ganancias de C se traducen en la emisión o absorción de CO₂ a/desde la atmósfera.

Contaminantes inventariados

Gases de efecto invernadero

CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆
✓	NA	NA	NA	NA	NA

OBSERVACIONES:

- Notation keys correspondientes al último reporte a UNFCCC

Contaminantes atmosféricos

Contaminantes principales				Material particulado				Otros	Metales pesados prioritarios			Metales pesados adicionales						Contaminantes orgánicos persistentes			
NOx	NM VOC	SO ₂	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAH	HCB	PCB
NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

OBSERVACIONES:

- Notation keys correspondientes al último reporte a CLRTAP

Sectores del Inventario vinculados

Las actividades del Inventario relacionadas con la presente ficha metodológica son las siguientes:

RELACIÓN CON OTRAS FICHAS METODOLÓGICAS			
ACTIVIDAD SNAP	ACTIVIDAD CRT	ACTIVIDAD NFR	DESCRIPCIÓN
-	4	-	Ficha introductoria al sector Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y selvicultura
-	4	-	Ficha introductoria al proyecto cartográfico de LULUCF
-	4A1 LB	-	Cambio en las existencias de C de la biomasa viva en las tierras forestales que permanecen como tales
-	4A2 LB	-	Cambio en las existencias de C de la biomasa viva en las tierras forestales en transición
-	4B2/4C2 /4D2/4E2/4F2 LB	-	Cambio en las existencias de C de la biomasa viva en las tierras en transición
-	4A2/4B2/4C2 /4D2/4E2/4F2 DW	-	Cambio en las existencias de C de la madera muerta en las tierras en transición
-	4A2/4B2/4C2 /4D2/4E2/4F2 LT	-	Cambio en las existencias de C del detritus en las tierras en transición

RELACIÓN CON OTRAS FICHAS METODOLÓGICAS			
ACTIVIDAD SNAP	ACTIVIDAD CRT	ACTIVIDAD NFR	DESCRIPCIÓN
-	4A2/4B2/4C2 /4D2/4E2/4F2 SOC	-	Cambio en las existencias de C orgánico del suelo en suelos minerales en las tierras en transición
-	4(III)(*)	-	Mineralización del N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo por cambios en el uso de la tierra o la gestión de suelos minerales
-	4(IV)(*)	-	Lixiviación y escorrentía del N mineralizado relacionado con la pérdida de materia orgánica del suelo por cambios en el uso de la tierra o la gestión de suelos minerales
-	4(V)(*)	-	Incendios y quemas controladas

OBSERVACIONES:

(*) Estas fichas publicadas mantienen, por el momento, la nomenclatura CRF, en lugar de la CRT. Las actividades 4(III) y 4(IV) en nomenclatura CRF se corresponden con la actividad 4(III) en la nomenclatura CRT y la actividad 4(V) en nomenclatura CRF se corresponde con la actividad 4(IV) en nomenclatura CRT.

Descripción metodológica general

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
CO ₂	T2	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 2. Apartado 2.3.2.2	El método utilizado para estimar el cambio anual de existencias de C (<i>carbon stock change</i>, CSC, en inglés) de la madera muerta en las tierras forestales que permanecen como tales es el llamado "método de diferencia de existencias" (<i>Stock-Difference Method</i>, en inglés), por el que se estima la diferencia en la existencia total de C de la madera muerta en dos momentos diferentes. La estimación del <i>stock</i> de DW, por hectárea y provincia, se realiza partiendo de la información recogida en los Inventarios Forestales Nacionales (IFN) 2, 3 y 4⁽¹⁾. Todos los IFN4 provinciales disponibles y la última parte de los IFN3, aportan información del <i>stock</i> de madera muerta aérea⁽²⁾ por hectárea (medido en volumen por hectárea - m³/ha) y por provincia, en el año en que se realiza el IFN en cada provincia. En aquellas provincias e inventarios (IFN2 y la primera parte de los IFN3) que no cuentan con información de madera muerta, a los datos de C de biomasa viva, se le aplican ratios de C de la madera muerta/C de la biomasa viva calculados, por formación arbolada, con los datos de madera muerta disponibles. El volumen de madera muerta aérea por hectárea se ha transformado a biomasa aérea de madera muerta por hectárea utilizando factores nacionales de densidad por especie⁽³⁾ y los factores de reducción de la densidad asociados a las clases de descomposición establecidas en la estimación. La conversión de biomasa a carbono se ha realizado utilizando valores nacionales de la fracción de C en materia seca (CF, por sus siglas en inglés) por especie⁽⁴⁾. Para estimar el CSC anual de la madera muerta, por hectárea y provincia, se ha realizado: la interpolación lineal entre los datos calculados de los dos IFN más cercanos; y su extrapolación lineal para completar la serie temporal. Multiplicando la variación anual de C por hectárea de la madera muerta calculada, por la superficie de las tierras forestales que permanecen como tales del año correspondiente, se obtiene la variación anual, en toneladas de C. Este procedimiento de cálculo sigue las directrices establecidas en el apartado 2.3.3 de la Guía Suplementaria KP 2013⁽⁵⁾. Los cambios de existencias de C (que impliquen transferencias a/desde la atmósfera) se convierten en unidades de emisión o absorción de CO₂ multiplicando el valor de CSC obtenido (positivo o negativo dependiendo de si se produce un aumento o una reducción de las existencias de C) por -44/12⁽⁶⁾.

OBSERVACIONES:

⁽¹⁾ Los IFN se completan en ciclos de aproximadamente 10 años. El IFN2 corresponde a los años 1986-1996; el IFN3 corresponde al periodo 1997-2007; y el IFN4 comenzó en el año 2008, estando ya disponible casi todas las provincias españolas, salvo las correspondientes a la Comunidad Autónoma de Andalucía.

⁽²⁾ Aplicando un criterio más conservador, no se han considerado las raíces, al no disponer de ecuaciones o de valores específicos sobre la relación existente entre la biomasa aérea y subterránea tanto en el caso de árboles muertos como en el de tocones.

⁽³⁾ R. Mäkipää (Ed.), *Effective Exploitation of Existing Information Related to BEF Ensured and Gaps of Knowledge on BEFs of Different Tree Species by Regions Identified and Reported*. CarboInvent. Final Report for Deliverable 2.2. Document No. WP2-D2.2-Metla (2005).

⁽⁴⁾ Montero G, R Ruiz-Peinado, M Muñoz. 2005. *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles*. Madrid, España. Monografías INIA, Serie Forestal 13. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. 270 p.

⁽⁵⁾ Dado que la superficie cambia entre IFN, de acuerdo con el apartado 2.3.3 de la Guía Suplementaria KP 2013, es una buena práctica realizar todos los cálculos de CSC anual con la superficie en el momento final (t₂); de acuerdo con las indicaciones realizadas por el JRC (*Joint Research Centre*) en las jornadas técnicas del sector LULUCF (https://forest.jrc.ec.europa.eu/media/filer_public/e9/12/e9126b4e-600d-488c-b37c-4497aec90e32/implementationofstockchangemethod.pdf) celebradas en el año 2015 en Arona, Italia.

⁽⁶⁾ El cambio de signo (-) se debe a la convención de que los aumentos de existencias de C, es decir los cambios de existencias positivos (+), representan una absorción (o emisión «negativa») desde la atmósfera, mientras que las reducciones en las existencias de C, es decir los cambios de existencias negativos (-), representan una emisión, positiva, a la atmósfera.

Variable de actividad

Variable	Descripción
Superficie (cifras en hectáreas)	La variable de actividad adoptada para la estimación del cambio de existencias de C de la madera muerta es la superficie de tierras forestales que permanecen como tales, entre los años n y n+1.

Fuentes de información sobre la variable de actividad

Superficie en transición	
Periodo	Fuente
1990-2023	Las superficies de usos de la tierra y cambios de uso de la tierra del sector LULUCF derivan de la serie cartográfica desarrollada entre los años 1970 y 2021 para los fines del Inventario Nacional. A partir del año 2022 se han mantenido las superficies anuales de los cambios de uso de la tierra detectados entre las fechas de referencia 2018 y 2021, mientras no estén disponibles las fuentes de información cartográficas del año 2024.

Fuente de los factores de emisión/absorción

No procede.

La metodología de estimación de las emisiones/absorciones de CO₂ a/desde la atmósfera asociada al CSC de la madera muerta ha sido descrita en el apartado “Descripción metodológica general” de esta ficha metodológica.

Incertidumbres

La incertidumbre de esta actividad se calcula a nivel de CRT (4A1) y se recoge en la siguiente tabla:

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
CO ₂	8	50	<u>Variable de actividad</u> : incertidumbre asignada a la cartografía sobre usos y cambios de usos de la tierra (8 %). <u>Factor de emisión</u> : incertidumbre asignada de forma cualitativa al CSC de la categoría 4A1 (50 %) ⁽¹⁾ .

OBSERVACIONES:

⁽¹⁾ La incertidumbre de los factores de emisión/absorción en el sector LULUCF se asigna, por lo general, de forma cualitativa, siguiendo la escala de clasificación establecida en la tabla 3.2 “Rating definitions” del capítulo 5 “Uncertainties” de la parte A “General Guidance Chapters” de la Guía EMEP/EEA 2013, que varía entre la letra A (10 a 30 %) y la letra E (mayor incertidumbre, sin valor asignado). Se ha asumido que los factores de emisión/absorción del sector LULUCF tienen como referencia general una incertidumbre del 100 %, que se corresponde con el límite inferior del rango de incertidumbre asociado a la letra D (100 a 300 %).

Coherencia temporal de la serie

Las series temporales de los usos y cambios de usos de la tierra del sector se consideran, en general, temporalmente homogéneas dado que la serie cartográfica entre los años 1970 y 2021 se ha desarrollado en el marco de un proyecto cartográfico específico que integra la mejor información disponible de cada fuente cartográfica para la creación de una serie cartográfica completa y coherente¹.

Además, la serie temporal se considera temporalmente homogénea dado que se utilizan los mismos métodos de estimación del stock de C de madera muerta (diferenciándose sólo entre provincias e IFN con y sin dato de madera muerta) y la misma metodología de estimación de cambio de existencias de C en toda la serie temporal; utilizando datos (de biomasa viva y madera muerta) del Inventario Forestal Nacional (ediciones 2, 3 y 4).

Observaciones

No procede.

Criterio para la distribución espacial de las emisiones/absorciones

Las emisiones/absorciones se distribuyen de acuerdo con los usos de la tierra y los cambios de uso de la tierra en los que tienen lugar a nivel provincial. Las existencias y cambios de existencias de C de la madera muerta en tierras forestales también son provinciales.

¹ Para más información puede consultarse la [Ficha introductoria al proyecto cartográfico de LULUCF](#).

Juicio de experto asociado

No procede.

Fecha de actualización

Marzo 2025.

Ficha Técnica

ANEXO I

Datos de la variable de actividad

Superficie de las tierras forestales que permanecen como tales (cifras en hectáreas)								
Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
FL → FL	11.913.519	12.395.816	12.878.112	13.370.797	13.917.431	14.606.251	15.282.082	15.774.718

Ficha Técnica

ANEXO II

Datos de factores de emisión/absorción

En la estimación del cambio de existencias de los diferentes depósitos de C se considera como factor de emisión/absorción el propio cambio de existencias de C por unidad de superficie (t C/ha).

A continuación, se describe la metodología empleada para estimar el contenido de C de la madera muerta en tierras forestales que permanecen como tales.

Descripción metodológica general

Estimación del carbono almacenado con datos del Inventario Forestal Nacional que han muestreado la madera muerta

Para la estimación del contenido en C almacenado en la madera muerta aérea se han utilizado los datos de las parcelas del Inventario Forestal Nacional (IFN), con una fracción de cabida cubierta (FCC) mayor o igual al 20%, en las que se ha muestreado la madera muerta. Se han utilizado datos provinciales de los inventarios IFN3 e IFN4 puesto que no se disponen datos de madera muerta para todo el territorio nacional en un mismo IFN, ya que el IFN4 no está finalizado y en el IFN3 no se tomaron datos de madera muerta en todas las comunidades autónomas. Para las provincias de la comunidad autónoma de Andalucía, se han utilizado datos del IFN3, mientras que para el resto de provincias españolas se han usado datos del IFN4.

En la toma de datos del IFN se identifican, en cada parcela, las tipologías de madera muerta siguientes², por especie y grado de descomposición:

1. Pies mayores muertos en pie ($dn \geq 7,5$ cm)
2. Pies mayores muertos caídos (diámetro a 1,3 m de longitud medido desde la base del fuste, mayor de 7,5 cm)
3. Pies menores muertos en pie ($2,5 \leq dn \leq 7,5$ y $h \geq 1,3$ m)
4. Pies menores muertos caídos ($2,5 \leq$ diámetro a 1,3 m de longitud medido desde la base del fuste $\leq 7,5$ cm y $l \geq 1,30$ m)
5. Ramas y leñas gruesas (diámetro medio $\geq 7,5$ cm y $l \geq 0,3$ m)
6. Tocones (diámetro medio $\geq 7,5$ cm y $h \leq 1,3$ m)
7. Tocones de brotes de cepa (tocones procedentes de una cepa totalmente muerta y con diámetro medio de ésta mayor o igual a 7,5 cm y altura máxima de 1,3m), y
8. Acumulaciones (con diámetro a la mitad de su longitud del tronco o troza media superior o igual a 7,5 cm)

Los grados de descomposición (GD) de la madera muerta que se identifican en el IFN son los propuestos por Hunter (1990), y se añade una categoría nueva (6):

- GD1: Corteza intacta, presencia de pequeñas ramillas (menores de 3 cm), textura de la madera intacta. En el caso de árboles muertos en pie, tronco arraigado con firmeza.
- GD2: Corteza intacta, sin presencia de pequeñas ramillas. En el caso de árboles muertos en pie, tronco que puede moverse ligeramente.
- GD3: Rastros de corteza, sin pequeñas ramillas, madera dura. En el caso de árboles muertos en pie, tronco que se puede desarraigar.
- GD4: Sin corteza, sin ramillas, madera blanda con una textura que se desprende en trozos.
- GD5: Sin corteza, sin ramillas, madera blanda con una textura pulverulenta.
- GD6: Madera verde, cuando acaban de realizarse las cortas o podas y la madera está cortada pero aún no ha comenzado a descomponerse.

Por lo tanto, en las provincias muestreadas se dispone de datos de madera muerta por parcela según especies, tipologías de madera muerta y grados de descomposición.

Para estimar el contenido de C almacenado, en primer lugar, se ha cubicado la madera muerta (en m³/ha) de cada una de las distintas tipologías y para cada una de las especies de cada parcela. Para los árboles muertos en pie o caídos se han empleado las

² Los criterios de dimensión descritos utilizan los siguiente parámetros: “dn” es el diámetro medido a una altura “h” =1,30 m; y “l” es la longitud del fuste caído o de las ramas.

ecuaciones de cubicación provinciales determinadas por el IFN (Alberdi et al., 2012³; MAPA, 1990⁴). Para el resto de las tipologías se han empleado fórmulas geométricas: i) de Hubert para los tocones, ii) de Smalian para las ramas y acumulaciones y, iii) en el caso de los árboles menores, se ha supuesto una forma cilíndrica del fuste (Crecente-Campo et al., 2016)⁵.

La biomasa aérea de la madera muerta por hectárea se ha calculado a partir del volumen estimado por hectárea, considerando los valores de densidad por especie⁶ y los factores de reducción de la densidad (fr) asociados a las clases de descomposición⁷ en las que se agrupan los GD indicados (siendo fr = 1 para GD1; fr = 0,8 para GD2 y GD3; y fr = 0,45 para GD4 y GD5). Para ello y considerando las definiciones establecidas, el GD6 se asimiló al GD1 (por tanto, fr = 1 para GD1 y GD6).

Finalmente, para estimar el contenido de C de la madera muerta aérea (t C/ha), se han considerado las fracciones de carbono (CF) por especie (Montero et al., 2005)⁸.

Estimación del carbono almacenado con datos derivados del Inventario Forestal Nacional cuando no se ha muestreado la madera muerta

Para la estimación del contenido en C almacenado en la madera muerta en parcelas del IFN (con FCC $\geq$ 20 %) en las que no se ha muestreado la madera muerta, se han utilizado los datos de aquellas que sí la habían muestreado.

Concretamente, se han calculado los cocientes (ratios) entre el C de la madera muerta aérea y el C de la biomasa viva, que figuran en la tabla siguiente, partiendo de los datos de madera muerta aérea y biomasa viva medidos en los inventarios IFN3 e IFN4, por formación arbolada.

C de madera muerta aérea/C de biomasa viva (ratio) por formación arbolada		
Id	Formación arbolada	Ratio
1	Hayedos (<i>Fagus sylvatica</i>)	2,27%
2	Abetales (<i>Abies alba</i>)	5,46%
3	Bosques mixtos de frondosas autóctonas en la región biogeográfica atlántica	2,37%
4	Robledales de <i>Quercus robur</i> y/o <i>Quercus petraea</i>	2,76%
6	Sabinas de <i>Juniperus phoenicea</i>	1,56%
7	Enebrales (<i>Juniperus spp.</i>)	5,33%
8	Abedulares (<i>Betula spp.</i>)	1,12%
9	Acebedas (<i>Ilex aquifolium</i>)	0,68%
13	Avellanadas (<i>Corylus avellana</i>)	2,86%
14	Robledales de roble pubescente (<i>Quercus humilis</i>)	4,20%
15	Melojares (<i>Quercus pyrenaica</i>)	2,19%
16	Quejigares de <i>Quercus faginea</i>	1,41%
17	Quejigares de <i>Quercus canariensis</i>	3,13%
18	Encinares (<i>Quercus ilex</i>)	1,43%
19	Alcornocales (<i>Quercus suber</i>)	4,79%
20	Sabinas albares (<i>Juniperus thurifera</i>)	0,48%
21	Pinares de pino albar (<i>Pinus sylvestris</i>)	2,17%
22	Pinares de pino negro (<i>Pinus uncinata</i>)	4,45%
23	Pinares de pino piñonero (<i>Pinus pinea</i>)	1,30%
24	Pinares de pino carrasco (<i>Pinus halepensis</i>)	3,03%
25	Pinares de pino salgareño (<i>Pinus nigra</i>)	1,23%
27	Pinares de pino canario (<i>Pinus canariensis</i>)	1,89%
28	Pinsapares (<i>Abies pinsapo</i>)	15,14%
29	Castañares (<i>Castanea sativa</i>)	2,63%

³ Alberdi I, Hernández L, Saura S, Barrera M, Gil P, Condés S, Cantero A, Sandoval VJ, Vallejo R, Cañellas I (2012) *Estimación de la biodiversidad en el País Vasco*. Dirección General del Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid.

⁴ MAPA, 1990. *Segundo Inventario Forestal Nacional, 1986–1995. Explicaciones y Métodos*. Instituto Nacional de Conservación de la Naturaleza, ICONA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

⁵ Crecente-Campo, F., Pasalodos-Tato, M., Alberdi, I., Hernández, L., Ibañez, J.J., Cañellas, I., 2016. *Assessing and modelling the status and dynamics of deadwood through national forest inventory data in Spain*. For. Ecol. Manage. 360, 297-310.

⁶ R. Mäkipää (Ed.), *Effective Exploitation of Existing Information Related to BEF Ensured and Gaps of Knowledge on BEFs of Different Tree Species by Regions Identified and Reported*. CarboInvent. Final Report for Deliverable 2.2. Document No. WP2-D2.2-Metla (2005).

⁷ Las clases de descomposición y los factores de reducción aparecen recogidos en las Metodologías del Mecanismo de Desarrollo Limpio de la UNFCCC: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/ARmethodologies/tools/ar-am-tool-12-v3.1.pdf>.

⁸ Montero G, R Ruiz-Peinado, M Muñoz. 2005. *Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques españoles*. Madrid, España. Monografías INIA, Serie Forestal 13. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia. 270 p.

C de madera muerta aérea/C de biomasa viva (ratio) por formación arbolada		
Id	Formación arbolada	Ratio
31	Bosques mixtos de frondosas autóctonas en la región biogeográfica mediterránea	2,56%
33	Bosques ribereños	3,65%
34	Dehesas	0,92%
35	Acebuchales (<i>Olea europaea</i>)	1,84%
36	Laurisilvas macaronésicas	1,43%
37	Palmerales y mezclas de palmeras con otras especies	3,67%
38	Otras especies de producción en mezcla	3,75%
41	Frondosas alóctonas con autóctonas	3,10%
43	Madroñales (<i>Arbutus unedo</i>)	2,92%
44	Choperas y plataneras de producción	3,86%
46	Coníferas alóctonas de gestión (<i>Cupressus spp.</i> , <i>Cedrus spp.</i> , otros pinos, etc.)	2,37%
49	Frondosas alóctonas invasoras	2,16%
50	Sabinares de <i>Juniperus phoenicea ssp. turbinata</i>	1,11%
51	Fayal-brezal	1,38%
52	Algarrobales (<i>Ceratonia siliqua</i>)	5,87%
54	Bosques mixtos de frondosas autóctonas en la región biogeográfica alpina	2,11%
55	Otras mezclas de frondosas autóctonas macaronésicas	2,26%
56	Fresnedas (<i>Fraxinus spp.</i>)	1,78%
57	Eucaliptales (<i>Eucalyptus spp.</i>)	3,42%
58	Pinares de <i>Pinus radiata</i>	3,00%
61	Pinares de <i>Pinus pinaster</i> en la región biogeográfica mediterránea	3,28%
62	Pinares de <i>Pinus pinaster</i> en la región biogeográfica atlántica	2,88%
63	Repoblaciones de <i>Quercus rubra</i>	4,82%
64	Otras coníferas alóctonas de producción (<i>Larix spp.</i> , <i>Pseudotsuga spp.</i> , etc.)	3,09%
65	Coníferas alóctonas con autóctonas	1,77%
66	Coníferas con frondosas (alóctonas con autóctonas)	3,08%
391	Mezclas de coníferas autóctonas en la región biogeográfica alpina	3,10%
392	Mezclas de coníferas autóctonas en la región biogeográfica atlántica	2,09%
393	Mezclas de coníferas autóctonas en la región biogeográfica mediterránea	2,72%
394	Mezclas de coníferas autóctonas en la región biogeográfica macaronésica	10,89%
401	Mezclas de coníferas y frondosas autóctonas en la región biogeográfica alpina	2,73%
402	Mezclas de coníferas y frondosas autóctonas en la región biogeográfica atlántica	3,89%
403	Mezclas de coníferas y frondosas autóctonas en la región biogeográfica mediterránea	2,58%
404	Mezclas de coníferas y frondosas autóctonas en la región biogeográfica macaronésica	2,19%
591	Arbolado disperso de frondosas	7,12%
592	Arbolado disperso de coníferas	10,58%
593	Arbolado disperso coníferas y frondosas	0,19%

El C de la madera muerta se ha calculado multiplicando los ratios anteriores por el C de la biomasa viva de los inventarios IFN2 e IFN3 (donde no se realizaron mediciones de madera muerta), por formación arbolada.

Una vez estimado el contenido de C por hectárea de las distintas formaciones arboladas de cada provincia, se obtuvo el C total de cada provincia, multiplicado el contenido de C estimado por la superficie, en hectáreas, de las distintas formaciones.

Finalmente, se ha calculado el *stock* anual de C de la madera muerta aérea, por provincia y año, aplicando las tasas de cambio interanuales calculadas con los datos provinciales de los dos IFN más cercanos; manteniendo las tasas calculadas hasta completar la serie temporal, mientras no estén disponibles nuevos datos del IFN.

Resultados

Carbono provincial estimado de la madera muerta (cifras en kt C)									
Provincia		Año							
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
1	Álava	194,82	189,14	183,45	177,76	208,98	240,21	271,43	290,17
2	Albacete	134,05	170,16	206,26	232,70	220,43	208,17	195,91	188,55
3	Alicante	18,73	26,17	33,62	37,68	28,20	18,72	9,24	3,55
4	Almería	27,65	32,67	37,70	42,72	47,75	52,78	57,80	60,82
5	Ávila	160,76	177,13	193,50	199,00	201,78	204,56	207,34	209,01
6	Badajoz	151,24	233,54	315,83	333,47	334,93	336,40	337,87	338,75
7	Baleares	118,59	142,21	161,59	163,96	166,35	168,74	171,12	172,56
8	Barcelona	328,10	431,84	535,58	594,14	641,41	688,68	735,94	764,30
9	Burgos	298,47	395,36	492,25	542,94	524,33	505,71	487,09	475,92

Carbono provincial estimado de la madera muerta (cifras en kt C)									
Provincia		Año							
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
10	Cáceres	199,47	289,82	380,18	407,25	418,49	429,74	440,99	447,73
11	Cádiz	78,95	109,23	139,51	169,79	200,08	230,36	260,64	278,81
12	Castellón	95,90	98,70	101,49	104,29	82,89	55,44	27,99	11,51
13	Ciudad Real	80,44	140,50	200,57	243,77	219,48	195,20	170,91	156,34
14	Córdoba	80,88	107,42	133,96	160,50	187,04	213,58	240,11	256,04
15	La Coruña	776,85	867,58	818,70	676,74	534,77	392,81	250,85	165,67
16	Cuenca	292,11	340,79	389,47	406,29	375,33	344,36	313,39	294,81
17	Girona	248,10	482,30	716,50	724,18	675,24	626,29	577,35	547,98
18	Granada	78,78	96,60	114,43	132,25	150,08	167,90	185,73	196,42
19	Guadalajara	200,05	259,29	318,54	343,06	315,48	287,91	260,34	243,80
20	Guipúzcoa	94,25	172,34	250,44	328,54	334,89	341,23	347,57	351,38
21	Huelva	166,43	190,54	214,64	238,74	262,84	286,94	311,04	325,50
22	Huesca	279,03	423,84	568,65	691,12	724,25	757,39	790,52	810,40
23	Jaén	142,06	190,99	239,92	288,84	337,77	386,70	435,62	464,98
24	León	95,57	283,42	471,28	530,81	504,78	478,75	452,72	437,10
25	Lleida	450,58	589,71	728,84	830,00	921,67	1013,34	1105,02	1160,02
26	La Rioja	140,11	197,24	246,33	263,20	280,07	296,94	313,82	323,94
27	Lugo	611,73	836,03	916,76	782,05	647,37	512,68	377,99	297,18
28	Madrid	98,68	137,10	175,53	193,46	211,40	229,33	247,27	258,03
29	Málaga	69,77	85,61	101,46	117,30	133,14	148,98	164,82	174,33
30	Murcia	72,73	107,37	133,96	128,23	122,53	116,83	111,12	107,70
31	Navarra	656,92	770,62	844,05	756,28	668,54	580,79	493,05	440,40
32	Ourense	322,00	415,11	440,00	362,52	285,06	207,60	130,14	83,66
33	Asturias	623,14	826,43	957,29	979,34	1001,44	1023,54	1045,65	1058,91
34	Palencia	56,07	99,42	142,77	161,76	144,19	126,62	109,05	98,50
35	Las Palmas	8,89	14,04	19,18	21,82	22,81	23,79	24,77	25,36
36	Pontevedra	363,16	448,66	462,58	369,11	275,64	182,17	88,70	32,61
37	Salamanca	124,06	168,90	213,74	230,16	227,63	225,10	222,57	221,06
38	Santa Cruz de Tenerife	109,75	158,70	207,65	208,00	175,96	143,92	111,87	92,65
39	Cantabria	267,33	351,93	436,53	421,20	405,88	390,55	375,22	366,02
40	Segovia	236,75	243,22	249,68	248,01	213,85	179,68	145,52	125,02
41	Sevilla	49,74	62,38	75,03	87,67	100,31	112,95	125,60	133,18
42	Soria	319,25	356,04	392,84	395,70	347,65	299,61	251,57	222,75
43	Tarragona	90,16	143,13	196,10	225,60	255,10	284,60	314,10	331,80
44	Teruel	202,44	267,43	332,43	397,42	391,86	386,30	380,73	377,40
45	Toledo	26,51	83,95	141,40	184,47	170,01	155,55	141,09	132,42
46	Valencia	109,84	107,10	104,36	101,61	127,53	160,61	193,69	213,54
47	Valladolid	68,56	75,45	82,35	79,61	70,45	61,28	52,12	46,62
48	Vizcaya	194,37	205,06	215,75	226,43	240,02	253,60	267,19	275,34
49	Zamora	67,28	106,89	146,50	154,22	140,68	127,14	113,60	105,47
50	Zaragoza	91,71	142,25	192,80	243,35	235,01	226,66	218,32	213,31

El valor promedio por hectárea de C de la madera muerta aérea en el territorio nacional es 0,88 t C/ha.

ANEXO III

Cálculo de emisiones/absorciones

El producto de la variación anual de C, por hectárea, por la superficie que permanece, en hectáreas, es la variación anual de C de la madera muerta aérea, en t C. Esta cifra se convierte en emisión/absorción de CO₂ multiplicándola por -44/12.

Por ejemplo, las absorciones de CO₂ debidas al cambio de existencias de C en la madera muerta en las tierras forestales que permanecen como tales en el año 1990, considerando una variación anual promedio para España de 0,05 t C/ha, se calcularían de la forma siguiente:

$$\text{Emisiones/absorciones de CO}_2(\text{kt}) = 11.913.519 (\text{ha}) \times 0,05 \times 10^{-3}(\text{kt C/ha}) \times \left(-\frac{44}{12}\right) = -2.184,15 \text{ kt CO}_2$$

Nota: Es importante destacar que las absorciones del ejemplo no coinciden con las reflejadas en el Anexo IV siguiente, dado que en el ejemplo el cálculo se realiza a nivel nacional y los decimales considerados son únicamente los indicados, mientras que las absorciones reflejadas en el Anexo IV se calculan a nivel provincial y con todos los decimales que permite la base de datos ORACLE del Inventario Nacional.

ANEXO IV

Emisiones/absorciones

Emisiones (+) y absorciones (-) de CO ₂ de la madera muerta en tierras forestales que permanecen como tales (cifras en kt CO ₂)								
Año	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
FL → FL	-2.258	-2.258	-1.212	197	311	311	311	311