

1  
2

## 1 **Cuantificación y representación geográfica del carbono acumulado en las masas** 2 **forestales de la Comunidad Autónoma de Aragón a partir de datos del IFN**

3  
4

5 CRISTÓBAL ORDÓÑEZ ALONSO<sup>1,2</sup>, FELIPE BRAVO OVIEDO<sup>1,2</sup>, EDUARDO  
6 NOTIVOL PAINO<sup>3</sup>

7 <sup>1</sup>Unidad Mixta UVa-INIA 'Gestión Forestal Sostenible'

8 <sup>2</sup>Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales, Universidad de Valladolid (Campus de Palencia)

9 <sup>3</sup>Unidad de Recursos Forestales, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA), Gobierno de Aragón

10

### 11 **Resumen**

12

13 El cambio global afecta a todos los ecosistemas terrestres, de entre los que destaca el papel de  
14 los bosques, que puede comportarse como fuente de emisión de CO<sub>2</sub> o como sumidero. La  
15 gestión forestal se revela como una herramienta de gran importancia en el control del  
16 problema, y para ello es necesario contabilizar y monitorizar la evolución de los sistemas  
17 vegetales, especialmente los sistemas forestales. Como aproximación al problema, se ha  
18 ensayado la cuantificación en la Comunidad de Aragón, y posteriormente se ha integrado en  
19 un sistema de información geográfica.

20 Para ello se ha analizado la información disponible sobre formaciones vegetales forestales del  
21 estrato arbóreo en el sentido que la define la legislación nacional y autonómica, y se han  
22 aplicado los modelos existentes de cuantificación de carbono fijado a nivel de especie en  
23 aquellas arbóreas y arbustivas principales y/o de agrupación en las de menor importancia  
24 cuantitativa para el cómputo y contabilidad de CO<sub>2</sub>.

25 La principal fuente de información para el cálculo de existencias han sido las bases de datos  
26 del Inventario Forestal Nacional (IFN) a nivel provincial y el conjunto de ecuaciones  
27 desarrolladas para el cálculo de los factores de expansión de biomasa de las principales  
28 especies arbóreas y arbustivas. Mediante este procedimiento se ha obtenido la cantidad de  
29 biomasa en sus distintas fracciones (radical, tronco, ramillas y hojas) a partir de variables  
30 dasocráticas. Como fuente cartográfica se ha empleado el Mapa Forestal Nacional para la  
31 Comunidad de Aragón, que también fue empleada para reconocimiento de superficie forestal  
32 en el tercer IFN.

33

### 34 **Palabras clave**

35 GIS, IFN, carbono acumulado.

36

### 37 **1. Introducción**

38

39 El cambio climático afecta a todos los ecosistemas terrestres de una forma más intensa  
40 de lo previsto inicialmente (IPCC, 2007). La vegetación forestal juega un papel relevante en  
41 este proceso tanto por su potencial de mitigación del proceso, como por el impacto que éste  
42 puede tener sobre su estructura y funcionamiento.

43

44 De entre los gases que provocan el efecto invernadero, el CO<sub>2</sub> está reconocido como el  
45 de mayor importancia. Dentro del ciclo de este gas en la atmósfera, la vegetación juega un  
46 doble papel como fuente de emisión y como sumidero. Las perturbaciones producidas en el  
47 bosque, principalmente de origen antrópico, como roturación, sobreexplotación, incendios,  
48 plagas o enfermedades le convierten en fuente de emisión. Por el contrario, la reforestación o  
49 el abandono de tierras agrícolas le convierten en sumidero (BROWN, 2002).

50



51 Debido a estos motivos, la evaluación y seguimiento de las masas forestales se ha  
52 convertido en una herramienta más para controlar los gases de efecto invernadero, tal y como  
53 se recoge en el protocolo de Kyoto. En el caso de España, para poder cumplir con el acuerdo  
54 firmado, es necesario, por un lado reducir sus emisiones, y además utilizar los mecanismos  
55 flexibles, que permiten incluir en la contabilidad el carbono almacenado en los sumideros. En  
56 este apartado, el Estado plantea asignar tan sólo 5,79 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>  
57 equivalente anuales (AZPITARTE y ASCASIBAR, 2008). Esta contabilidad se lleva a cabo,  
58 a nivel mundial, gracias a los inventarios forestales nacionales que se elaboran en la mayoría  
59 de los países (BROWN, 2002). Para estimar la biomasa a partir de datos dendrométricos  
60 existen dos métodos ampliamente contrastados: factores de expansión de biomasa (BEF) y  
61 ecuaciones de estimación de biomasa. Los primeros son simplemente coeficientes que  
62 permiten convertir el volumen de madera (habitualmente expresado en m<sup>3</sup>) de un árbol o de  
63 una masa en su peso de materia seca (habitualmente expresado en toneladas). Por otro lado,  
64 las ecuaciones de estimación de biomasa son relaciones entre el peso seco de biomasa y  
65 alguna variable dendrométrica o que representa las condiciones de la estación donde dicho  
66 árbol vive (densidad, productividad, etc.). Este segundo método presenta la doble ventaja de,  
67 por un lado, ofrecer información del carbono almacenado en las diferentes fracciones del  
68 árbol (con especial relevancia en la cuantificación del sistema radical por separado), y, por  
69 otro, que al realizar la estimación en un solo proceso de ajuste solo hay un error, a diferencia  
70 del método de factores de expansión de biomasa, que requiere dos estimaciones, y, por tanto,  
71 dos errores acumulativos (estimación de volumen y posteriormente estimación de la biomasa  
72 a partir del volumen). A nivel mundial se dispone de ecuaciones de biomasa para una buena  
73 proporción de bosques, ya sea de forma específica o a nivel de agrupación. Más  
74 concretamente, para la Península Ibérica, podemos contar con ecuaciones de biomasa para 32  
75 especies forestales españolas (MONTERO *et al.*, 2005).

76

77 Aunque la parte principal de la biomasa de los bosques está compuesta por los árboles  
78 de mayor tamaño, que en inventarios nacionales se consideran los que tienen un diámetro  
79 superior a 10 cm, existen otras fracciones que no deben menospreciarse. Los pies con  
80 diámetro menor pueden suponer una importante proporción en bosques jóvenes. Asimismo, la  
81 madera muerta, que tampoco suele contabilizarse, en bosques maduros puede suponer hasta el  
82 10-20% de carbono (BROWN, 2002). Por último, en zonas forestales abiertas, en las que la  
83 fracción arbórea no suele ser la más importante, no podemos obviar la contribución de la  
84 vegetación leñosa menor, que componen las formaciones de matorral de los ecosistemas  
85 mediterráneos, y que suponen una fracción nada desdeñable (NAVARRO & BLANCO,  
86 2006).

87

88 El sector forestal requiere disponer de información del estado en que se encuentran los  
89 montes, para poder predecir su evolución, y así facilitar la toma de decisiones en la gestión  
90 forestal. La gestión puede colaborar en la mitigación del cambio climático de forma muy  
91 importante, ya sea conservando y aumentando el carbono almacenado en las masas forestales,  
92 o generando materiales cuya producción suponga una menor producción de de CO<sub>2</sub>, ya siendo  
93 empleada como combustibles o materia prima (BRAVO *et al.*, 2007b). Diversas estrategias de  
94 gestión contribuyen a mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> incrementando el carbono anual fijado,  
95 como el aumento del turno, sobre todo en estaciones de calidad baja (BRAVO *et al.*, 2008), o  
96 la regulación de la densidad con regímenes fuertes de claras (RÍO *et al.*, 2008).

97

98 A nivel nacional contamos con un inventario que ha terminado su tercera edición y  
99 segunda remediación de las mismas parcelas, que suponen una herramienta de incalculable  
100 valor. El Primer Inventario Forestal Nacional (IFN1) se desarrolló a mediados de los años 60



101y fue fundamental para conocer la situación de partida de nuestros montes, sirviendo como  
102instrumento de planificación durante casi 30 años. A mediados de los 80 surgió la necesidad  
103de contar con sistemas estadísticos estables y se retomaron los trabajos con el Segundo  
104Inventario Forestal Nacional (IFN2), estableciéndose las bases para un inventario forestal  
105continuo, con mediciones periódicas cada 10 años, e incorporación de las mejoras que  
106pudieran acaecer durante el plazo de ejecución. No podemos olvidar que herramientas que  
107hoy nos parecen triviales (teledetección, ortofotografías, sistemas de información geográfica)  
108estaban en sus albores cuando se empezó el IFN2. En cada edición del IFN se remiden, con  
109una frecuencia de 10 años, unos 90.000 puntos de muestreo en toda España dispuestos de  
110forma regular sobre una malla cuadrada de un kilómetro de lado. Cuando un nodo de esta  
111malla se sitúa sobre superficie forestal, se instala un punto de muestreo (para el caso del IFN3  
112en la Comunidad Autónoma de Aragón suponen 8.691 parcelas) dentro del cual se incluyen  
113cuatro subparcelas concéntricas de radios 5, 10, 15 y 25 m. En los círculos concéntricos  
114definidos por estos radios se mide la altura y el diámetro normal de los árboles que superan  
115los 7,5 cm de diámetro (pies mayores), y otros parámetros relacionados con la vitalidad de los  
116pies, el estado erosivo, la biodiversidad, etc. (ICONA, 1990). Dos son los problemas  
117fundamentales que dificultan la comparación de los sucesivos ciclos del IFN: la diferente  
118cartografía de base utilizada en cada uno y el manejo de enormes bases de datos (como  
119ejemplo baste citar que para este trabajo de estimación del carbono almacenado se ha  
120procesado de forma individual la información de 88.460 árboles). Respecto a la cartografía el  
121problema en sí es doble: por un lado nos encontramos con diferentes cartografías de base que  
122hacen incomparables los datos superficiales de los distintos inventarios, y por otro, el  
123problema de la cartografía para extrapolar la información de la parcela (punto) a la unidad  
124superficial a la que corresponde ese punto (tesela).

125

126 En una primera aproximación, podemos encontrar una cuantificación de carbono  
127almacenado por los principales macizos montañosos de España (BRAVO *et al.*, 2007a), que  
128muestra la importancia de nuestros bosques en el papel de mitigación del cambio climático, si  
129bien parece necesario contar con herramientas que permitan realizar cálculos de forma más  
130dinámica para poder gestionar la evolución a nivel más local, y con un nivel de precisión  
131mayor.

132

### 1332. Objetivos

134

135 El objetivo principal del trabajo es desarrollar una metodología que permita caracterizar  
136las formaciones vegetales como sumideros de carbono y realizar una representación  
137geográfica que facilite su aplicación en la gestión forestal. Como caso de aplicación se  
138empleará la vegetación de la comunidad autónoma de Aragón.

139

### 1403. Metodología

141

142 La metodología se fundamenta en el empleo de las siguientes herramientas:

143

- 144 • Manejo y gestión de bases de datos relacionales del IFN,
- 145 • Manejo de Sistemas de información geográfica (SIG); específicamente, cartografía  
146 temática sobre vegetación e información administrativa,
- 147 • Integración de bases de datos en SIGs.

148

149 A pesar de la importancia que los distintos estratos de vegetación forestal pueden tener  
150en el cómputo de la biomasa, así como la existencia de procesos de acumulación de carbono

151(y de emisión) en los suelos, en una primera aproximación sólo hemos considerado los pies  
152mayores de las masas arbóreas.

153

154 Para cuantificar el carbono actual se ha utilizado como base cartográfica la propia del  
155IFN3 (el Mapa Forestal de España a 1:50.000) (MMA, 2004), cuyo nivel de detalle puede  
156llegar a teselas de 2 ha. Dado que no todas las teselas cuentan con una parcela del IFN, al ser  
157la malla de muestreo de un km de lado, resulta necesario un método para proyectar la  
158información de las parcelas del IFN3 a la superficie forestal arbolada total del territorio de  
159estudio.

160

161 Para la estimación de la biomasa de los pies mayores se han empleado las ecuaciones de  
162(Montero *et al.*, 2005) que permiten estimar la biomasa de diferentes fracciones:

163

- 164 • Biomasa aérea total
- 165 • Fuste
- 166 • Ramas con diámetro mayor de 7 cm
- 167 • Ramas con diámetro entre 7 y 2 cm
- 168 • Ramas con diámetro inferior a 2 cm
- 169 • Hojas
- 170 • Sistema radical

171

172 El primer paso en el proceso de cuantificación consiste en calcular el carbono  
173equivalente acumulado en cada pie de la parcela del IFN, tanto para el Segundo como para el  
174Tercer Inventario, de acuerdo a las ecuaciones mencionadas. Posteriormente se totalizan los  
175valores por parcela y especie, obteniendo valores por hectárea de los mismos. Tras el  
176procesado de la información del IFN, para transferir esta información, por parcela, a la  
177superficie forestal se promedió esta información por el tipo de estrato forestal provincial al  
178que pertenecía la parcela. A partir de dicha información media por estrato aplicada a la  
179totalidad superficial ocupada por los estratos en el Mapa Forestal 1:50.000 se obtuvieron los  
180valores globales. Toda la información se integró en un SIG para su presentación, análisis y  
181utilización posterior, no sólo para la obtención de los valores globales. En todos los casos,  
182tanto la concepción como las metodologías diseñadas y utilizadas se encuentran dentro los  
183márgenes y recomendaciones del (IPCC, 2007) para el cómputo de carbono.

184

185 Los datos procesados de cada parcela del Inventario Forestal Nacional se han integrado  
186en un sistema de información geográfica a escala de unidad de vegetación homogénea  
187(estrato). Esto permite el manejo de la información referente a la cantidad de carbono que  
188existe en la actualidad en nuestras formaciones forestales arboladas, así como la comparación  
189con estados anteriores de la vegetación por comparación de inventarios.

190

#### 1914. Resultados

192

193 En la Comunidad Autónoma de Aragón, la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente que se  
194encuentra en el estrato formado por los pies mayores de las masas arboladas asciende  
195aproximadamente a 158 millones, de las que 121 millones corresponden a la biomasa aérea, y  
19637 millones a la radical (Tabla 1). Se han calculado los datos pormenorizados por estratos de  
197vegetación forestal, obteniendo que los bosques arbolados aragoneses acumulan, en  
198promedio, 104 t/ha de CO<sub>2</sub> eq. La formación arbórea (estrato forestal) que más CO<sub>2</sub> acumula  
199en sus tejidos son los fustales/latizales de *Pinus sylvestris*, de elevada fracción de cabida  
200cubierta y ocupación (superior al 70% en ambos casos) de las provincias de Huesca y Teruel,

201 con 34 millones de t. En general se comprueba que las formaciones de bosque que más  
202 carbono acumulan son las nemorales de la provincia de Huesca (pinos de *P. sylvestris*,  
203 hayedos, y mezclas de *P. uncinata*, *P. sylvestris*, hayas y abetos) y los pinares de Teruel (*P.*  
204 *sylvestris*, *P. pinaster*, *P. nigra* y sus mezclas).

205

206  
207

Tabla 1. Toneladas de CO<sub>2</sub> eq. almacenado en las fracciones de la vegetación arbórea, calculado a partir de los datos proporcionados por el IFN3 para las tres provincias aragonesas.

Provincia	AÉREA	RADICAL	TOTAL
Huesca	60 527 044	16 733 883	77 260 927
Teruel	41 823 839	12 956 739	54 780 578
Zaragoza	18 756 166	7 134 825	25 890 992
<b>Total</b>	<b>121 107 050</b>	<b>36 825 447</b>	<b>157 932 497</b>

208

209 A partir de los datos obtenidos del avance de resultados del IFN3 se puede inferir que  
210 las tres provincias aragonesas incrementan la capacidad de fijar carbono en las cantidades  
211 reflejadas en la Tabla 2.

212

213  
214

Tabla 2. Incremento de CO<sub>2</sub> eq. almacenado en la vegetación arbórea a partir de datos del IFN3 para las tres provincias aragonesas.

Provincia	Incremento C t/ha/año	Incremento C t/año	Incremento CO <sub>2</sub> eq t/año
Huesca	0,29	401 605	1 473 890
Teruel	0,25	273 094	1 002 254
Zaragoza	0,26	154 807	568 141
<b>Total</b>		<b>829 506</b>	<b>3 044 285</b>

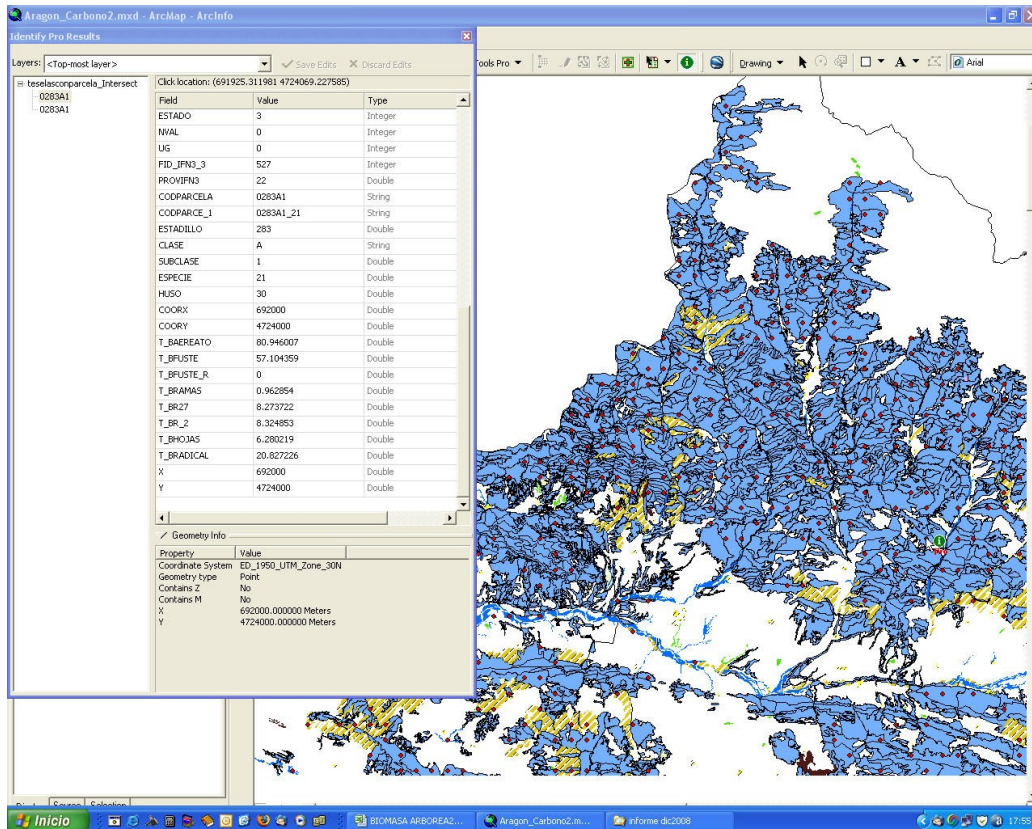
215

216 Dado que probablemente estos valores se hayan obtenido a partir del cálculo de  
217 existencias (volumen maderable aéreo), podemos obtener el porcentaje de crecimiento en  
218 función de dicha fracción, alcanzando la cifra de un incremento del 2,5% anual en fijación de  
219 CO<sub>2</sub> por los bosques en Aragón.

220

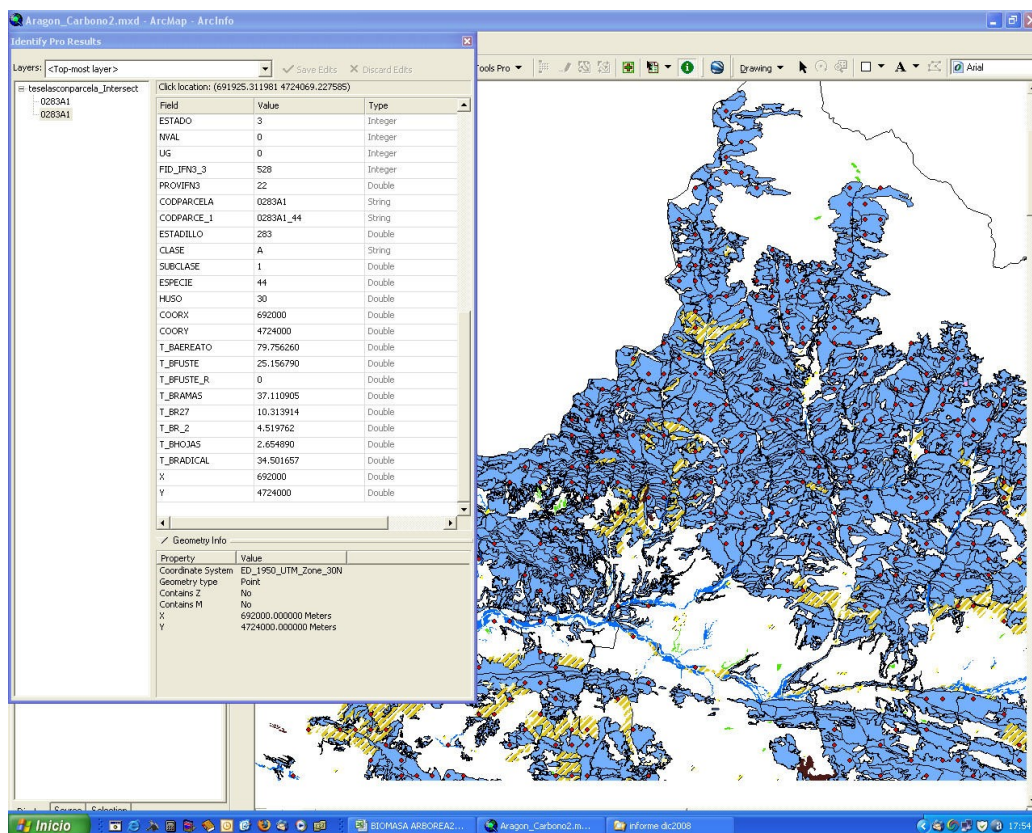
221 La integración de toda esta información en un SIG permite consultas de elevado nivel  
222 de detalle y pormenorizadas para cualquier territorio, así como su agrupación. Las figuras 1 y  
223 muestran el detalle de una consulta puntual en una tesela del noreste de Huesca y las  
224 cantidades de CO<sub>2</sub> eq. acumuladas por la especie principal (21=*Pinus sylvestris*) y secundaria  
225 (44=*Quercus faginea*) en las distintas fracciones de los árboles.





226

Figura 1. Consulta detalle de parcela IFN de CO<sub>2</sub> eq. acumulado por fracciones para *Pinus sylvestris*



227

Figura 2. Consulta detalle de la misma parcela del IFN de CO<sub>2</sub> eq. acumulado por fracciones para la segunda especie en importancia, *Quercus pyrenaica*

228

229

**2305. Discusión**

231

232 La integración en un SIG de la información de CO<sub>2</sub> eq. por parcela del IFN permite  
233realizar cálculos por localización geográfica. De esta forma, se pueden incluir los datos de  
234carbono acumulado, como una capa de datos más, que permite tener información adicional  
235que ayude a la toma de decisiones en la gestión del territorio. Además las herramientas SIG  
236permiten obtener un cálculo más preciso de la extrapolación a nivel superficial a partir de  
237datos puntuales (parcelas del IFN), para lo que se emplean las teselas del Mapa Forestal.  
238Dicho sistema te devuelve para cada tesela, valores medios por ha de CO<sub>2</sub>, calculado a partir  
239de datos puntuales de la parcela del IFN, si incluye alguna en su interior, y en caso contrario,  
240los correspondientes al valor medio por estrato vegetal para cada especie.

241

242 La elevada resolución de las coberturas utilizadas no permite mostrar un mapa global de  
243todo Aragón, ya que el número de divisiones ocultan la información, por lo que sólo es  
244posible mostrar imágenes-ejemplo con detalles pormenorizados de la información existente en  
245el sistema en una zona determinada, para mostrar la potencialidad del sistema.

246

247 En cuanto a las cifras obtenidas, algo más de 3 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>  
248equivalentes al año en la Comunidad de Aragón, ya suponen más de la mitad de la cantidad  
249asignada a la nación (5,79), lo cual hace pensar que se está desaprovechando una enorme  
250potencialidad en cuanto a la asignación en sumideros para cumplir con el protocolo de Kyoto.

251

252 Otros estudios y análisis de los datos del IFN1 e IFN2 ofrecen información de la  
253evolución de la cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en los bosques de Aragón: IFN1  
254(1967)=47.592.226; IFN2 (1994)=74.181.703, e IFN3 (2005)=121.107.050. Aunque estos  
255datos han sido obtenidos con diferentes metodologías y, por tanto, no son comparables entre  
256sí, la tendencia sólo pueden ser interpretada como resultado de la ingente labor repobladora  
257del pasado y que, aunque finalizó hace casi dos décadas, en estos momentos se puede ver su  
258resultado en esta faceta (acumulación de carbono).

259

**2606. Conclusiones**

261

262 Si bien es prematura la extracción de conclusiones con la información disponible, los  
263valores de carbono acumulado en la fracción forestal de pies mayores nos permiten conjeturar  
264acerca de la tendencia y posibilidades de acumulación del mismo. Atendiendo a la historia de  
265nuestros bosques, su estado de gestión y la capacidad repobladora de la última década,  
266creemos que la tendencia de incremento casi exponencial en la acumulación no se mantendrá.

267

268 Por otro lado, esta cantidad de CO<sub>2</sub> eq. no puede considerarse como un depósito a plazo  
269infinito que pueda ser utilizado como efecto atenuador de las emisiones pasadas y presentes,  
270sino como una muy posible fuente de emisión en función de su gestión. Sólo con una gestión  
271basada en los históricos principios forestales de la persistencia (hoy denominada  
272sostenibilidad), acompañada de una silvicultura y ordenación acordes con el mantenimiento  
273tanto de la masa como de su productividad, y orientada a la obtención de productos forestales  
274de larga duración, se podrán mantener estos valores de CO<sub>2</sub> en nuestros montes. Así mismo,  
275estos valores de CO<sub>2</sub> están reclamando una especial atención para no ser liberados de forma  
276rápida a la atmósfera (combustión), ya sea de forma controlada o accidental.

277

**2787. Agradecimientos**

279

280 Este trabajo se ha realizado mediante un convenio de colaboración entre el Centro de  
281 Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) y la Fundación General de la  
282 Universidad de Valladolid, y ha sido financiado por Departamento de Medio Ambiente del  
283 Gobierno de Aragón (Programa Operativo FEDER).

284

### 2858. Bibliografía

286

287 AZPITARTE, J.; ASCASIBAR, J.; 2008. Posibilidades del sector forestal nacional en la  
288 mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. *Montes* 92 24-28.

289

290 BRAVO, F.; BRAVO-OVIEDO, A.; DIAZ-BALTEIRO, L., 2008. Carbon sequestration in  
291 Spanish Mediterranean forests under two management alternatives: a modeling approach. *Eur*  
292 *J Forest Res* 127 225-234.

293

294 BRAVO, F.; HERRERO, C.; ORDÓÑEZ, C.; SEGUR, M.; GÓMEZ, C.; MENÉNDEZ, M.;  
295 CÁMARA, A.; 2007a. Cuantificación de la fijación de CO<sub>2</sub> en la biomasa arbórea de los  
296 sistemas forestales españoles. En: BRAVO, F.; (Coordinador): El papel de los bosques  
297 españoles en la mitigación del cambio climático. 143-196. Fundación Gas Natural. Barcelona.

298

299 BRAVO, F.; PESO, C. DEL; BRAVO-OVIEDO, A.; OSORIO, L.F.; GALLARDO, J.F.;  
300 MERINO, A.; MONTERO, G.; 2007b. Impacto de la gestión forestal sobre el efecto  
301 sumidero de los sistemas forestales. . En: BRAVO, F.; (Coordinador): El papel de los bosques  
302 españoles en la mitigación del cambio climático. 143-196. Fundación Gas Natural. Barcelona.

303

304 BROWN, S.; 2002. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. *Environ*  
305 *Pollut* 116 363-372.

306

307 ICONA; 1990. Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1995: Explicaciones y métodos.  
308 Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. 174. Madrid.

309

310 IPCC; 2007. Summary for Policymakers. En: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.  
311 (eds.): Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to  
312 the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 996.  
313 Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

314

315 MMA; 2004. Comunidad Autónoma de Aragón (DVD). En, Mapa Forestal de España.  
316 Organismo Autónomo Parques Nacionales. Banco de datos de la Biodiversidad-Ministerio de  
317 Medio Ambiente.

318

319 MONTERO, G.; RUIZ-PEINADO, R.; MUÑOZ, M.; 2005. Producción de biomasa y fijación  
320 de CO<sub>2</sub> por los bosques españoles. Monografías INIA: SERIE FORESTAL, Ministerio de  
321 Educación y Ciencia. 270. Madrid.

322

323 NAVARRO, R.M.; BLANCO, P.; 2006. Estimation of above-ground biomass in shrubland  
324 ecosystems of southern Spain. *Invest Agr: Sist Recur For* 15 197-207.

325

326 RÍO, M.; BARBEITO, I.; BRAVO-OVIEDO, A.; CALAMA, R.; CAÑELLAS, I.;  
327 HERRERO, C.; BRAVO, F.; 2008. Carbon Sequestration in Mediterranean Pine Forests. En:  
328 BRAVO, F.; LEMAY, V.; JANDL, R. (eds.): Managing Forest Ecosystems: The Challenge of  
329 Climate Change. 221-245. Springer. New York, USA.