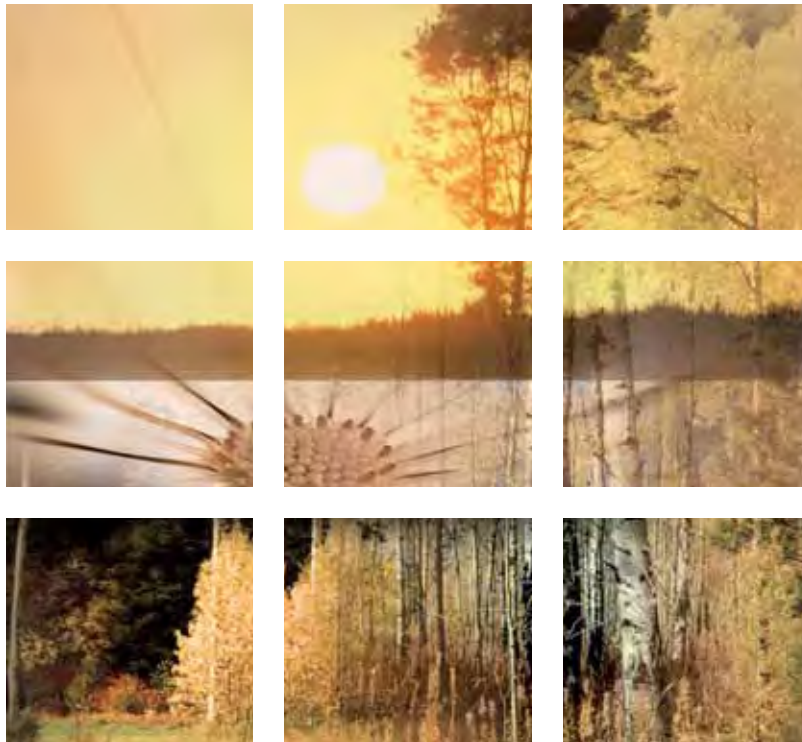


El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático



EOI Escuela de Negocios

Felipe Bravo
(Coordinador)

Coordinador

Felipe Bravo

Dept. de Producción Vegetal y Recursos Forestales
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid

Edita

Fundación Gas Natural

Plaça del Gas, 1
Edificio C, 3ª planta
08003-Barcelona, España
Teléfono: 93 402 59 00 Fax: 93 402 59 18
www.fundaciongasnatural.org

1ª Edición 2007

ISBN
Nº de registro:

Impreso en España

Autores

José Antonio Alloza

Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo,
Valencia

Stella Marys Bogino

Dept. de Producción Vegetal y Recursos Forestales
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid

y

Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico-Sociales,
Universidad de San Luis
Villa Mercedes (San Luis, Argentina)

Felipe Bravo

Dept. de Producción Vegetal y Recursos Forestales
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid

Andrés Bravo-Oviedo

Centro de Investigación Forestal
INIA-Madrid

Miguel Broto

Área de I+D+i
Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su
Industria de Castilla y León. CESEFOR.
Soria

Asunción Cámara

Dpto. Biología de Organismos y Sistemas
E.U. Ingenierías Técnicas de Mieres
Universidad de Oviedo

Elena Canga Líbano

Dpto. Biología de Organismos y Sistemas
E.U. Ingenierías Técnicas de Mieres
Universidad de Oviedo

José Antonio Delgado

Dept. Física Aplicada
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid

Luis Díaz Balteiro

Grupo de Investigación: Economía y Sostenibilidad
del Medio Natural
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes
Universidad Politécnica de Madrid

María José Fernández Nieto

Dept. Física Aplicada
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid

Juan F. Gallardo Lancho

Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Salamanca

Cristina Gómez

Dept. Física Aplicada
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid

Celia Herrero

Dept. de Producción Vegetal y Recursos Forestales
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid

Iñigo Lizarralde

Área de I+D+i
Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su
Industria de Castilla y León. CESEFOR.
Soria

María Menéndez Míguez

Dpto. Biología de Organismos y Sistemas
E.U. Ingenierías Técnicas de Mieres
Universidad de Oviedo

Agustín Merino

Depto. de Edafología y Química Agrícola
Escuela Politécnica Superior de Lugo
Universidad de Santiago de Compostela

Gregorio Montero

Centro de Investigación Forestal
INIA-Madrid

Olga Moro

Área Forestal
Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su
Industria de Castilla y León. CESEFOR.
Soria

Rafael M Navarro

Departamento de Ingeniería Forestal
ETSI Agrónomos y de Montes
Universidad de Córdoba

Cristóbal Ordóñez

Dept. de Producción Vegetal y Recursos Forestales
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid

Luis Fernando Osorio Vélez

Dept. de Producción Vegetal y Recursos Forestales
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid
Dirección actual: Dept de Ciencias Forestales,
Universidad Nacional de Colombia, Medellín

Carlos del Peso

Dept. de Producción Vegetal y Recursos Forestales
ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia
Universidad de Valladolid

Nuria Roca

Dept de Biología Vegetal, Facultat de Biologia,
Universitat de Barcelona

Francisco Rodríguez

Área de I+D+i
Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su
Industria de Castilla y León. CESEFOR.
Soria

Joan Romanyà

Dept de Productes Naturals i Edafologia, Facultat de
Farmàcia, Universitat de Barcelona

Carlos Romero

Grupo de Investigación: Economía y Sostenibilidad
del Medio Natural
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes
Universidad Politécnica de Madrid

Pere Rovira

Dept de Biología Vegetal, Facultat de Biologia,
Universitat de Barcelona

Agustín Rubio

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes,
Universidad Politécnica de Madrid

Ricardo Ruiz-Peinado

Centro de Investigación Forestal
INIA-Madrid

Miguel Segur

CuatroElementos
Valladolid

Ramón Vallejo

Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo,
Valencia

Ilustrador**Antonio Muñoz Terradillos**

El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático

Prólogo

Quizás el año 2007 con el paso del tiempo, podrá ser considerado el año definitivo para la popularización de los conceptos relacionados con el cambio climático, es evidente el importante avance, durante el mencionado año, de la sensibilización ciudadana respecto a las consecuencias de dicho fenómeno, y por tanto, de la extremada necesidad de actuar en su prevención, así como en la posterior mitigación de sus efectos.

En los últimos meses el impacto sobre los medios de comunicación, y por tanto sobre el proceso de la opinión pública ha sido continuo, citaremos solo algunos de los principales elementos:

- *Stern Review on the economics of climate change*. El denominado informe Stern publicado en los últimos meses del año 2006, puso sobre la mesa el tema del cambio climático, además de con su ya tradicional enfoque medioambiental, con una nueva perspectiva, utilizando el análisis coste/beneficio de prevenirlo, pasando a la acción, o de tener que soportar sus consecuencias. Evidentemente los resultados aportados indicaban que era mas favorable para el desarrollo económico internacional y requiere la utilización de menos recursos, actuar para prevenirlo, que esperar a tener que mitigar sus consecuencias.
- *An inconvenient truth*. El premiado documental y libro de Al Gore, que inclusive ha recibido un Oscar en 2007, ha permitido llegar al gran público con una visualización de los conceptos básicos del cambio climático y de sus importantes consecuencias. Ha sido un gran elemento de difusión de conceptos y conocimientos de base.

- *The Intergovernmental Panel on Climate Change*. La publicación en febrero del 2007, de la contribución del Working Group I al cuarto informe del IPCC (Summary for policymakers), aportaba la opinión del importantísimo equipo de científicos involucrado sobre las causas del calentamiento global del planeta desde 1.750. Las conclusiones sitúan a la actividad humana, es decir las denominadas causas antropogénicas, como responsables del mencionado proceso de calentamiento con una probabilidad superior al 90%.

En la búsqueda de soluciones, o como mínimo de paliativos, al proceso del cambio climático muchas veces se citan a los bosques, y sus posibilidades de almacenamiento de CO₂, conocidas con la denominación de efecto sumidero, como una de las posibilidades que se deben tener en cuenta y que nos brinda directamente el ecosistema terrestre.

Sin embargo, no es fácil, quizás por la falta de los pertinentes trabajos de divulgación, transmitir el profundo conocimiento de los expertos en bosques a un círculo más amplio, el de los decisores y los profesionales, aparte del conjunto de la ciudadanía.

De hecho, muchos aspectos elementales de la temática de los bosques son poco conocidos, como por ejemplo:

- Que los bosques almacenan CO₂ de forma positiva mientras están en crecimiento, pero no cuando son adultos.
- Que los bosques deben explotarse con técnicas modernas de gestión forestal, para optimizar el secuestro de CO₂; que, por tanto, los bosques se han de cortar, sí cortar, y reponer de forma planificada.
- Que la madera mantiene almacenado el CO₂ mientras conserva su estado, pero que los procesos de combustión o putrefacción, liberan de nuevo a la atmósfera el CO₂ almacenado.

Por tanto se tendría que conseguir avanzar en la explotación racional del bosque desde perspectivas tecnológicas, consiguiendo simultáneamente con una utilización cada vez mayor de la madera en usos alternativos a sencillamente quemarla.

Por ejemplo, aumentando su uso en el sector de la construcción de edificios, alargando su vida útil sin volver a emitir a la atmósfera el CO₂ almacenado. Debe recordarse que España es uno de los países de Europa que utiliza menos madera en el sector de la edificación, a pesar de sus indudables ventajas de aislamiento y sensación de confort.

Desde esta perspectiva es mejor, para el medio ambiente y para la economía de la conservación de las masas forestales, el encontrar nuevos usos de la madera que la utilización de la madera para producir la energía renovable, denominada biomasa, es decir quemarla.

El objetivo de este libro es aportar y avanzar en el conocimiento de los bosques, básicamente en la temática del efecto sumidero. En el transcurso de la obra se verán aspectos de funcionamiento de los ecosistemas terrestres, metodologías de cuantificación del carbono fijado en los bosques, aspectos de gestión y planificación de la gestión forestal, análisis de ciclo de vida de los productos forestales, aportando a la importante cuestión de los usos de la madera, etc.

Merece destacarse, asimismo, el esfuerzo de cuantificación de la fijación de CO₂ en la biomasa arbórea de los diferentes sistemas forestales españoles, con la elaboración de las correspondientes fichas descriptivas.

En definitiva, un largo e interesante recorrido, plagado de ideas y oportunidades, aportando metodologías y elementos desde planteamientos teóricos, pero también sazonado de cantidad de elementos prácticos y ciertamente utilizables.

Hemos tenido la suerte de disponer de unos autores de calidad y reconocido prestigio, coordinados y dirigidos por Felipe Bravo, Director de la ETS de Ingenierías Agrarias de Palencia, de la Universidad de Valladolid. Debe destacarse la calidad, la voluntad y el esfuerzo de los 31 autores del libro, aportando perspectivas e información de zonas complementarias, con el objetivo de realizar un trabajo a la vez global y detallado sobre los bosques presentes en el territorio español.

El trabajo en red, característico de la sociedad de la información del siglo XXI, ha aportado asimismo su efecto enriquecedor. Las universidades e instituciones representadas provienen de las Comunidades Autónomas de Andalucía, Castilla y León, Cataluña, Galicia, Madrid y Valencia.

El cariño por y la valoración de los bosques españoles es una constante a lo largo del tiempo, como muestra se pueden recordar aquellas conocidas frases de Felipe II, cuando en el siglo XVI exclamaba:

*Una cosa deseo ver acabada de tratar,
y es lo que toca a la conservación de
los bosques y aumento de ellos, que es
mucho menester y creo que andan
muy al cabo; temo que los que
vinieren después de nosotros han de
tener mucha queja de que se los
dejemos consumidos. Y plegue a Dios
que no lo veamos en nuestros días.*

Finalmente, nuestro agradecimiento a la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León que nos estimuló a la realización de este trabajo, y de la que hemos recibido constantes muestras de proximidad, soporte y ayuda.

Esperamos que esta publicación sea útil para conseguir avanzar con nuevos elementos y nuevas posibilidades en la respuesta de los retos permanentes que plantea la preservación del medio ambiente.

Pedro-A. Fábregas

Director General
Fundación Gas Natural

www.fundaciongasnatural.org

Introducción

Durante los últimos años el cambio climático ha venido a ser un tema recurrente en los medios de comunicación y en las conversaciones de personas no expertas en el tema pero sí preocupados por sus posibles efectos. Durante este último invierno hemos visto como un huracán azotaba países extraños a estos fenómenos como el Reino Unido, Francia, Holanda, Bélgica, Alemania y Polonia, entre otros. También hemos contemplado como tras un verano extremadamente cálido, ha venido un otoño y un invierno que se ha compuesto de semanas raramente suaves seguidas de otras severamente frías. Esto ha hecho que en algunos medios de comunicación se haya comentado que el clima está un poco ‘desconcertado’. En realidad los desconcertados somos todos nosotros en tanto que pacientes sufridores y, a la vez, origen del cambio del clima. En el último informe del Panel Internacional sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) se advierte que aunque lográsemos detener los procesos humanos que han desencadenado el cambio climático (fundamentalmente el uso de combustibles fósiles) hasta niveles del año 2000, los efectos sobre el clima seguirían notándose durante el próximo milenio. De acuerdo con el citado informe, la concentración atmosférica del gas de efecto invernadero (GEI) más importante, el dióxido de carbono (CO_2), ha pasado 280 partes por millón (ppm) antes de la revolución industrial hasta 379 ppm en el año 2005. Superando las cifras más elevadas de los últimos 650 mil años. La principal causa de este aumento ha sido el uso de combustibles fósiles y, de forma mucho menor, el cambio de uso de la tierra (fundamentalmente la transformación de los bosques en terrenos agrícolas). Entre los resultados que ya podemos observar de este drástico aumento de CO_2 en la atmósfera el informe del IPCC (2007) señala que once de los doce años más cálidos desde 1850 (año en que comienzan los registros de la temperatura mediante instrumentos) han ocurrido entre 1995 y 2006. Otros efectos ya constatado son, entre otros, que los glaciales y las zonas nevadas se han reducido tanto en el hemisferio norte como en el sur, que las sequías son más largas y más intensas desde los años setenta, que las tormentas y precipitaciones intensas son más frecuentes y que el nivel del mar ha subido casi 2 milímetros por año desde la década de los sesenta.

Si mantenemos las emisiones de gases de efecto invernadero como hasta ahora, el cambio climático que podremos ver, nosotros y nuestros hijos y nietos, durante el siglo XXI será mucho más intenso que el que hemos visto en el siglo XX. Así, sólo para las próximas décadas se prevén (IPCC, 2007) incrementos de la temperatura de 0,4 °C, lo que puede llevar a un aumento de la temperatura durante el próximo siglo de entre 0,6 °C (si mantenemos la concentración de gases de efecto invernadero en los niveles del año 2000) y hasta 4 °C (en el peor de los escenarios posibles).

En este libro, un amplio elenco de investigadores forestales que trabajamos en centros de investigación distribuidos por todo el país vamos a tratar de mostrar las formas en que los bosques pueden ayudarnos a mitigar la pesadilla en que se puede convertir el próximo siglo por el cambio del clima. La estructura del libro pretende presentar desde diversos puntos de vistas el papel de los bosques en la mitigación del cambio climático, aún sabiendo que solo un enérgico cambio de estilo de vida en los países desarrollados y que el resto de los países renuncien a basar su desarrollo en este estilo que se ha demostrado peligroso pueden realmente parar o mitigar los efectos de este dramático proceso.

En el primer capítulo se presenta un panorama general del proceso del cambio climático y de la estructura del sector forestal y del potencial de los bosques para mitigarlo. Además se muestra la estructura normativa que puede ayudar a incluir la gestión de los bosques como método de mitigación y la forma en que la contabilidad de esta mitigación puede ayudar al desarrollo económico del país. El capítulo segundo muestra el papel general que desempeñan los ecosistemas terrestres en la composición atmosférica y en el proceso del cambio climático, y expone el ciclo del carbono en los bosques de forma que se pueda entender después como se puede intervenir en la captura de los gases de efecto invernadero. El capítulo tres desarrolla las diversas metodologías, incluyendo las basadas en el uso de satélites, para la cuantificación del carbono fijado en los bosques. En el capítulo cuatro se explican las diferentes formas de gestión forestal que pueden ser usadas para mitigar el cambio climático así como su impacto sobre este problema. El capítulo cinco muestra la cuantificación del carbono fijado en los principales

macizos forestales del país. El capítulo seis presenta una metodología edafoclimática para la estimación del carbono orgánico de los suelos de la España peninsular a partir de más de mil perfiles edáficos distribuidos por todo el territorio descrito y por todos los ecosistemas forestales. El capítulo siete aborda el problema de la integración del carbono capturado en la gestión forestal mediante el estudio de varios casos de masas forestales, tanto plantaciones como bosques naturales. El capítulo ocho desarrolla el ciclo de vida útil de diferentes productos forestales y los ciclos de producción y reciclaje de los mismos resaltando su papel como sumideros de carbono a largo plazo. El capítulo nueve describe nuevos horizontes de la planificación de la gestión forestal y aspectos de política forestal que pueden potenciar la fijación de carbono en los bosques y la adaptación de estos y de la silvicultura al cambio climático mediante tres instrumentos desarrollados recientemente: certificación forestal, red internacional de bosques modelos y manejo adaptativo. Finalmente en el capítulo diez se muestran a modo de reflexión final, una serie de conclusiones derivadas de los diferentes capítulos que conforman este libro.

Esperamos con este texto contribuir a un debate realista y documentado donde los expertos deben informar a la opinión pública para que esta influya sobre los políticos, que deben tomar las decisiones oportunas con respecto a este problema de todos.

Felipe Bravo

Bibliografía

IPCC 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers (disponible en www.ipcc.ch, última consulta 2 de febrero de 2007).

Índice general

1. Bosques y gestión forestal ¿una solución al cambio climático?

1.1. Introducción	1
1.2. Clima, cambio y oscilación climática	1
1.3. El impacto del hombre sobre el clima	4
1.4. Tipos de bosques y sistemas forestales en España	8
1.5. Gestión forestal	10
1.6. Dendroclimatología	13
1.7. Entorno institucional	15
1.8. Los bosques como sumidero ¿La solución del problema?	35
1.9. Bibliografía	40

2. El ciclo del carbono y la dinámica de los sistemas forestales

2.1. Gases con efecto invernadero relacionados con la actividad de los ecosistemas terrestres	43
2.2. El ciclo de carbono en el planeta Tierra	43
2.3. El carbono en los ecosistemas terrestres	50
2.4. Actividades en los ecosistemas terrestres que derivan en emisiones de gases con efecto invernadero	56
2.5. Impacto del cambio climático sobre la dinámica de gases con efecto invernadero en los sistemas terrestres	59
2.6. La gestión del suelo forestal como sumidero de CO ₂ y otros gases con efecto invernadero	61
2.7. Bibliografía	62

3. Métodos para cuantificar la fijación de CO₂ en los sistemas forestales

3.1. Introducción	65
3.2. Inventarios Forestales a gran escala	65
3.3. Evaluación de cambios de superficie	67
3.4. Ecuaciones de biomasa arbórea	69
3.5. Modelos de crecimiento y producción	76

3.6. Estimación de la biomasa del matorral	82
3.7. Evaluación del carbono en el suelo	86
3.8. Teledetección	98
3.9. Bibliografía	107
4. impacto de la gestión forestal sobre el efecto sumidero de los sistemas forestales	113
4.1. Introducción	122
4.2. Estrategias de mitigación	126
4.3. Impacto de la gestión forestal sobre la fijación de CO ₂ durante el último siglo	127
4.4. Selvicultura y fijación de CO ₂	
4.5. Bibliografía	139
5. Cuantificación de la fijación de CO₂ en la biomasa arbórea de los sistemas forestales españoles	143
5.1. Introducción	143
5.2. Fuentes de información	144
5.3. Selección del área de estudio y de los datos a utilizar	144
5.4. Estimación del contenido en carbono de la biomasa	145
5.5. Comparación de inventarios	146
5.6. Fichas	148
5.7. Anexo	180
5.8. Bibliografía	196
6. Estimación del carbono orgánico en los suelos peninsulares españoles	197
6.1. Introducción	197
6.2. Fuentes de información	199
6.3. Cálculo del Carbono total del suelo	199
6.4. Primera aproximación: carbono total según tipos de vegetación	201
6.5. Segunda aproximación: carbono total según tipos de vegetación y clima	204
6.6. Tercera aproximación: carbono según tipo de vegetación, clima y sustrato	209

6.7. Aplicación de la metodología: cálculo del carbono a nivel regional	214
6.8. Comparación con otros enfoques	219
6.9. Agradecimientos	220
6.10. Bibliografía	220
7. Análisis económico de la fijación de CO₂ en los sistemas forestales	233
7.1. Introducción	223
7.2. Aspectos económicos de la captura de carbono	224
7.3. Integración de la captura de carbono en la gestión forestal	228
7.4. Bases Teóricas	230
7.5. Casos estudiados	238
7.6. Resultados	224
7.7. Discusión	253
7.8. Agradecimientos	256
7.9. Bibliografía	257
7.10. Anexo 1	261
8. Ciclo de vida de los productos forestales. impacto sobre la fijación de CO₂	263
8.1. Introducción	263
8.2. Definiciones	264
8.3. El carbono en los productos forestales	266
8.4. Influencia de los productos en la mitigación del cambio climático	270
8.5. Clasificación de los productos de madera	272
8.6. Metodología del cálculo de la fijación de CO ₂ por los productos de madera	275
8.7. Ejemplos	279
8.8. Bibliografía	287

9. Impacto de la planificación forestal sobre la fijación de CO₂	289
9.1. Introducción	289
9.2. Certificación forestal	290
9.7. Bosques modelo	297
9.8. Manejo adaptativo	302
9.9. Conclusiones	308
9.10. Bibliografía	308
10. Conclusiones	309
10.1. Introducción	309
10.2. Estrategias forestales para la mitigación del cambio climático	310
10.3. ¿Cuánto carbono almacenan nuestros bosques?	312
10.4. Aspectos económicos	314
10.5. A modo de epílogo	315