



5º CONGRESO FORESTAL
ESPAÑOL

5º Congreso Forestal Español

Montes y sociedad: Saber qué hacer.

REF.: 5CFE01-326

Editores: S.E.C.F. - Junta de Castilla y León
Ávila, 21 a 25 de septiembre de 2009
ISBN: 978-84-936854-6-1
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Evaluación de diferentes alternativas de forestación y agricultura como sumideros de carbono en Castilla y León.

CISNEROS, O.¹, MODREGO, P.¹, RUEDA, J.², ÁGRED A, T.¹ ÁGUEDA, B.¹, ALONSO R.¹, GORDO J.², SOMBRERO, A.³, DE BENITO, A.³, TENORIO, J.L.⁴, ZAMBRANA, E.⁴, WALTER, I.⁴, DE ANDRÉS, F.⁴, PICOS, J.⁵, BARREAL, E.⁵, VALERO, E.⁵, RAMOS, A.⁶, FERNÁNDEZ, L.⁶.

¹ Departamento de Investigación y Experiencias Forestales Valonsadero (Junta de Castilla y León)

² Junta de Castilla y León.

³ Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACYL).

⁴ Departamento de Medio Ambiente (INIA).

⁵ Universidad de Vigo.

⁶ Federación de Asociaciones de Propietarios Forestales de Castilla y León (FAFCYLE).

Resumen

El proyecto SUM2006-00023-C05 plantea el análisis de diferentes alternativas agrícolas y forestales como herramienta para mejorar el efecto de sumidero de carbono en terrenos agrícolas de Castilla y León. Se materializa en una evaluación económica de las distintas alternativas por parte de una empresa afectada por el Plan Nacional de Asignación de Emisiones. Para ello se compara mediante el software CO2FIX el flujo de carbono en fincas de agricultura tradicional frente a diferentes alternativas (populicultura, truficultura, pino piñonero, cerezo y nogal para madera, laboreo mínimo, siembra directa, leguminosas arbustivas silvestres y cultivos agroenergéticos). También se analiza la aceptación de este tipo de proyecto por parte de los propietarios forestales de la región.

En este artículo se desarrollan las principales aspectos prácticos que debería incluir un proyecto de “Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Selvicultura” como sumidero de carbono (proyecto LULUCF según la terminología del Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático –IPCC-); así como los problemas y limitaciones que existen en su aplicación práctica. Como ejemplo se exponen resultados parciales del proyecto, correspondientes a la comparación de fincas de cereal en Zamadueñas (Valladolid) y Valdegeña (Soria) con plantaciones forestales (de chopo y de encina trufera respectivamente) y distintos sistemas de laboreo.

Palabras clave

Sumideros agroforestales, chopo, encina trufera, laboreo de conservación, CO2FIX.

1. Introducción

Entre los sectores productivos relacionados directamente con la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), la agricultura es responsable aproximadamente del 11% de las emisiones (MMA, 2006). En este sector las emisiones son “difusas”, difíciles de contabilizar y no están incluidas en el Plan de Asignación de Emisiones (PNA).

Las actividades LULUCF (uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y selvicultura) son un conjunto de acciones específicas realizadas en un área localizada y que tienen como objetivo la captura de gases de efecto invernadero. Estas actividades son contempladas como sumideros en el protocolo de Kyoto. Durante el primer periodo de compromiso (2008-2012) las actividades aceptadas son: forestación, reforestación, gestión de tierras agrícolas, gestión de bosques, gestión de pastos y restablecimiento de la vegetación.

A diferencia de otros sectores implicados en la emisión de GEIs, las acciones relacionadas con el cambio de uso y la gestión en agricultura tiene un doble efecto sinérgico, como mitigación (disminuyen las emisiones de este sector) y como sumidero (aumenta el

carbono inmovilizado). De ahí las importantes expectativas que despertaron los proyectos LULUCF en los primeros momentos de la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto.

Sin embargo, hasta la fecha no se han puesto en marcha proyectos LULUCF en España. Son varias las empresas que han valorado los sumideros de carbono asociados a alguna de sus actividades (ENCE 2006, GARNICA-PLYWOOD 2005), aunque en la contabilidad nacional no se ha tenido en cuenta y no ha reportado un beneficio directo para la empresa. Precisamente esta situación ha generado cierta confusión, en particular en los propietarios de fincas, que no han podido materializar las expectativas de beneficios económicos que se anunciaron tras la ratificación del Protocolo de Kyoto. Al igual que las empresas energéticas descuentan de su balance de GEI los consumos de biomasa o de energías renovables, se considera que la adquisición verificada de derechos de carbono obtenidos por un proyecto LULUCF se podría incluir en la estrategia empresarial para cumplir con lo establecido por el Protocolo de Kyoto. Esto implicaría que la Oficina de Cambio Climático (autoridad nacional designada por España dentro del Protocolo de Kyoto) debería contabilizar el carbono fijado por las actividades LULUCF resultantes de la iniciativa privada dentro del balance nacional de sumideros, y repercutir en los agentes implicados (empresas y propietarios) los beneficios generados.

El proyecto SUM2006-00023-C05 financiado por INIA dentro de las actuaciones de I+D+I sobre sumideros agroforestales de efecto invernadero, se dirige a la realización de un proyecto LULUCF en Castilla y León. Para ello se evalúa el balance de carbono en fincas representativas de las alternativas forestales y agrícolas de mayor interés económico y ecológico para propietarios y empresas demandantes de derechos de emisión. La información generada en casos reales se emplea como ejemplo del interés económico que pueden tener estos proyectos, además permite detectar las carencias técnicas y las dificultades asociadas a la aplicación práctica de las recomendaciones del IPCC para la inventariación de GEI (gases de efecto invernadero) en proyectos LULUCF (IPCC 2003).

2. Objetivos

El objetivo de esta comunicación es describir las actuaciones y el esquema metodológico del citado proyecto y presentar los primeros resultados, para discutir algunos aspectos relevantes detectados en las primeras fases de este trabajo.

3. Metodología

En el proyecto se han identificado alternativas forestales y agrícolas susceptibles de sustituir a la agricultura convencional en numerosas comarcas de Castilla y León.

Para cada una de estas alternativas se ha seleccionado una parcela representativa de la actividad, junto con otra considerada como control. Esta última corresponde con una actividad agrícola convencional, y marca la línea base del balance de carbono, según las indicaciones del IPCC (2003) para los proyectos LULUCF.

En el momento de redactar este trabajo, las alternativas forestales evaluadas son chopera y trufera, y las alternativas agrícolas son el laboreo mínimo, la siembra directa, la revegetación con leguminosas arbustivas silvestres y el aporte de compost de lodos de depuradora. La metodología para la evaluación del carbono fijado en cada alternativa es:

3.1 Evaluación de carbono fijado en chopera y trufera

Se han seleccionado una chopera (Zamadueñas) y una trufera (Valdejeña) que cumplen los siguientes requisitos:

- Están ubicada en terrenos típicos de su cultivo en Castilla y León

- la productividad esperada es media y previsiblemente se van a cumplir los objetivos habituales en la silvicultura de la especie
- se han realizado los tratamientos selvícolas necesarios para alcanzar estos objetivos
- antes del año 1990 el uso era agrícola
- han sido plantadas, no proceden de regeneración silvestre
- preferentemente han estado incluidas en trabajos de investigación o de seguimiento, para disponer de mayor información

En cada finca se replantea una parcela de 1000 m², representativa de las condiciones medias de la finca. El muestreo se realiza entre el final de la parada vegetativa y el 31 de diciembre. Para estimar el carbono almacenado en cada compartimento (biomasa aérea, biomasa radical, carbono en descomposición (detritus + madera muerta) y carbono orgánico del suelo) se procede según las recomendaciones admitidas (IPCC, 2003; SMITH y HEATH, 2002):

Parcelas testigo con cultivos tradicionales

Simultáneamente a la selección de plantaciones forestales, se escogen otras 5 con cultivo agrícola con las siguientes características:

- Deben ser representativas del uso agrícola habitual que previsiblemente hubieran caracterizado a las parcelas forestales
- Deben contar con características ecológicas similares a las forestales en cuanto a roca madre, clima y fisiografía
- No proceden de un uso distinto al agrícola, al menos el uso agrícola ha sido continuado en los últimos 20 años

En cada finca se muestrea el carbono en cada fracción de forma análoga a las plantaciones forestales, sin contar con el muestreo de árboles. Se muestrea biomasa aérea, biomasa radical, carbono en descomposición y carbono orgánico del suelo.

3.2 Evaluación de ejemplos reales de las alternativas agrícolas

3.2.1 Parcelas de experimentación de sistemas de laboreo

Las técnicas de laboreo serán:

1. - Laboreo mínimo o reducido. Labor principal superficial con chisel o cultivador, labores secundarias con cultivador y por último, la siembra.
2. - No laboreo o siembra directa. Siembra directa previo control de malas hierbas, con herbicidas no residuales.

En estos dos sistemas de laboreo, los residuos de las cosechas picados y bien distribuidos se incorporarán en toda la superficie del suelo.

- 3.- Laboreo tradicional o convencional. Labor de alzado con vertedera y posteriores labores secundarias con cultivador hasta siembra.

La rotación de cultivo en los ensayos de Castilla y León y Madrid será: Barbecho/Trigo/Cebada/Guisante/Trigo/Cebada.

Para contabilizar el carbono se utiliza una metodología similar al muestreo descrito anteriormente, si bien se realizan medidas adicionales en momentos significativos del ciclo productivo para caracterizar adecuadamente el mismo desde el punto de vista del balance de carbono. En particular se contabiliza la producción de grano, se estudia el contenido de



carbono en suelo en el momento de la siembra y del espigado y se añade una medición adicional del carbono en suelo en los 5 primeros centímetros.

3.2.2 Parcela con cultivos tradicionales y agroenergéticos

El equipo de investigación ha llegado a un acuerdo con la asociación de productores de la Comunidad de Castilla y León para estimar la capacidad de fijación de carbono atmosférico en parcelas de diferentes cultivos tradicionales de uso alimenticios de la zona: trigo, cebada, guisante, veza, etc. y cultivos con finalidad industrial y energética: girasol, colza, etc. En estas parcelas los agricultores están desarrollando el sistema de laboreo de conservación.

Se obtiene el carbono almacenado según el muestreo planteado en las fincas agrícolas del apartado anterior.

3.2.3 Terrenos agrícolas abandonados revegetados con leguminosas arbustivas silvestres

Desde hace 11 años se tiene una parcela experimental en la finca “La Canaleja” del INIA (Alcalá de Henares, Madrid) con diferentes leguminosas arbustivas silvestres: *Colutea arborescens*, *Colutea cilicica*, *Colutea istria*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Medicago arborea*, *Medicago strasseri*.

Con el objetivo de determinar la contribución relativa de cada arbusto al conjunto del carbono almacenado, se realizan algunas medidas específicas: biomasa aérea y biomasa radicular, producción de hojarasca mediante el método de litterbag adaptado a nuestras condiciones (ALONSO et al., 2001), parámetros de crecimiento, producción de biomasa seca aérea total y producción de biomasa radicular.

3.2.4. Terrenos agrícolas abandonados revegetados con aporte de compost de lodos de depuradora

Hace 6 años se realizó un ensayo de aplicación de lodos compostados en un terreno agrícola abandonado en la finca experimental “La Canaleja” del INIA (Alcalá de Henares, Madrid). Se seleccionaron dos niveles de aplicación del lodo compostado: 0 y 40 mg/ha, incorporándolo al suelo 4 meses antes de iniciar la plantación de los arbustos. Se plantaron cuatro leguminosas arbustivas silvestres: *Colutea arborescens*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Medicago strasseri*, y *Retama sphaerocarpa*. Para cada tratamiento con biosólidos se obtendrá el carbono fijado.

4. Resultados

En la actualidad se han iniciado las diferentes tareas del proyecto, pero no se cuenta con resultados definitivos. En la figura 1 aparece el carbono orgánico contabilizado en la plantación trufera (Valdegeña), en la chopera (Zamadueñas 1 y 2) y en sus correspondientes parcelas comparativas agrícolas. En la tabla 1 se describe el efecto del sistema de cultivo, la rotación y el abonado sobre el carbono retenido en el momento de la cosecha. En la tabla 2 se resumen los resultados previos de la comparación de dos sistemas de laboreo en una parcela incluida en el dispositivo aportado por agricultores de toda la región sobre agricultura de conservación. En la tabla 3 se detallan las diferencias en carbono acumulado por las distintas leguminosas del ensayo de revegetación. Por último, en la tabla 4 se observan las diferencias en el carbono acumulado en biomasa herbácea tras el abonado con lodos de depuradora.

Carbono orgánico en suelo

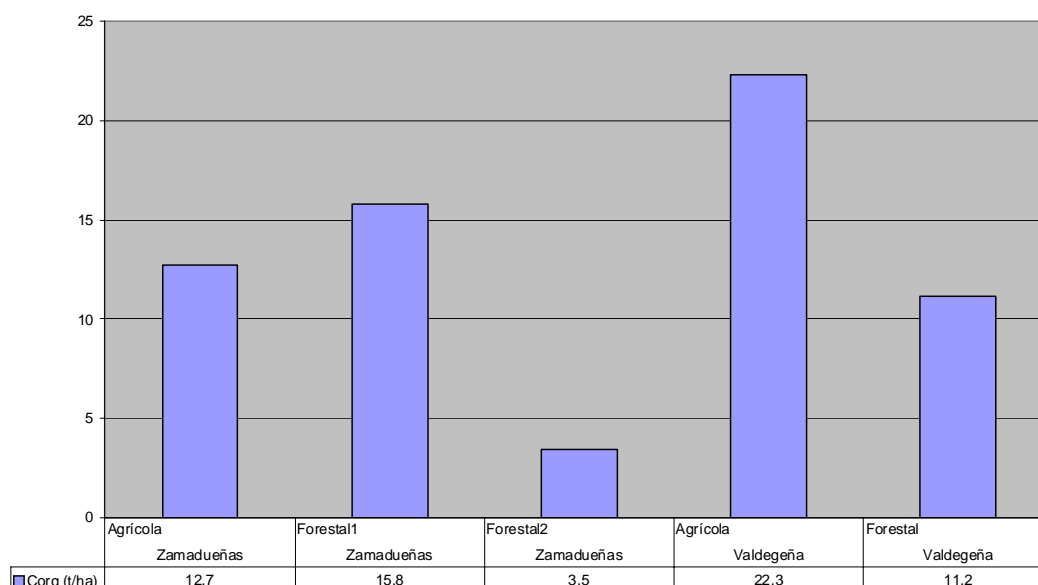


Figura 1. Diferencias en el carbono orgánico en suelo en los muestreos de chopera (Zamadueñas) y de trufera (Valdegeña), DIF Valonsadero (Junta de Castilla y León).

Tabla 1. Resultados previos del carbono retenido en cosecha para distintos sistemas de laboreo, rotación y abonado en la finca de Zamadueñas (ITACYL).

		Carbono aéreo (Kg/ha)	Carbono raíz (Kg/ha)	Carbono total (Kg/ha)
SISTEMA DE LABOREO	NL	6915,2 (a)	394,5 (a)	7309,7 (a)
	LM	5850,8 (b)	397,2 (a)	6248 (b)
	LC	5807,9 (b)	416,11 (a)	6224,01 (b)
ROTACIÓN	T-G	7615,3 (ab)		
	T-B	7945,7 (a)		
	G-C	2050,7 (c)		
	C-T	7044,7 (b)	381,1 (a)	7425,8 (a)
	C-T	7135,2 (ab)	415,1 (a)	7550,3 (a)
ABONADO	C	5586,3 (b)	404,63 (a)	5990,93 (b)
	PI	7455,6 (a)	391,54 (a)	7847,14 (a)

NL: no laboreo, LM: Mínimo laboreo, LC: Laboreo convencional; T: Trigo, G: Guisante, B: Barbecho, C: Cebada; C (abonado): Convencional, PI: Abonado integrado.

Diferentes letras entre paréntesis indican diferencias significativas

Tabla 2. Carbono retenido en el ensayo de Pineda (Burgos) para dos métodos de cultivo (ITACYL).

Variedad	TRIGO	CEBADA
	Craklin	Nature
CARBONO TOTAL (Kg/ha)		
Siembra directa	6127 (a)	6345,8 (a)
Mínimo laboreo	5609 (a)	6600,3 (a)
RENDIMIENTO (Kg/ha)		
Siembra directa	5307 (a)	5861 (a)
Mínimo laboreo	4747 (a)	6281 (a)

Diferentes letras entre paréntesis indican diferencias significativas

Tabla 3. Carbono acumulado en la biomasa arbustiva del ensayo de revegetación con leguminosas (Dpto. Medio Ambiente, INIA).

Especie	CO2 fijado (Mg/ha)
<i>Colutea. arborescens</i>	21.2 (ab)
<i>Colutea istria</i>	12.7 (b)
<i>Dorycnium pentaphyllum(1)*</i>	14.1 (b)
<i>Dorycnium pentaphyllum(2)*</i>	10.2 (b)
<i>Medicago. strasseri</i>	10.6 (b)

* (1) y (2) son orígenes distintos

Diferentes letras entre paréntesis indican diferencias significativas

Tabla 4. Carbono acumulado en la biomasa herbácea dentro del ensayo de abonado con lodos de depuradora (Dpto. Medio Ambiente, INIA).

Parcela	CO2 fijado (Mg/ha)
Parcelas con lodos	29,9 (a)
Parcelas sin lodos	15,8 (b)

Diferentes letras entre paréntesis indican diferencias significativas

5. Discusión

Entre los trabajos relacionados publicados en España destaca el trabajo de DÍAZ BALTEIRO y ROMERO (2004) en el que se estudian, entre otras, las choperas en Castilla y León desde el punto de vista de la maximización del carbono fijado. Se obtiene una elevada rentabilidad de esta especie independientemente de la posibilidad de recibir subvenciones o ingresos por el carbono fijado. Esto supone un importante aliciente para el cambio de uso desde la agricultura a las choperas. En este trabajo sólo se contabiliza la madera, y se admite la posibilidad de contabilizar los productos, por lo tanto debe completarse con los datos de carbono en suelo, biomasa radical y detritus, además de estudiar el escenario del año base.

El trabajo de MOGAS y RIERA (2005) está estrechamente relacionado con el objetivo de este proyecto, ya que analizan la posibilidad de que los responsables políticos favorezcan mediante subvención un programa de forestación de tierras agrarias dirigido al secuestro de carbono. Los resultados de las encuestas realizadas en Cataluña auguran un importante respaldo social a esta medida, con repercusiones económicas directas favorables a incentivar el cambio de uso agrícola a forestal.

Otro estudio centrado en plantaciones es el correspondiente a *Eucalyptus globulus* en Galicia, realizado por miembros del presente proyecto. En esta línea se ha evaluado la importancia de contabilizar los productos generados para obtener estimaciones reales del balance de carbono, y la adecuación del programa CO₂FIX como herramienta de modelización en el estudio de proyectos LULUCF.

Algunos estudios recientes han abordado las características de un mercado de sumideros de carbono en suelos agrícolas dentro de países desarrollados, sumando a los beneficios del mercado privado las externalidades ambientales derivadas (FENG y KLING, 2005). YEMSHANOV et al. (2005) han analizado diversas alternativas de plantaciones empleadas como sumideros de carbono en Canadá. Obtienen buenas expectativas económicas pero altamente dependientes del precio de la tonelada de carbono, de forma que incluso las plantaciones de especies con mejores crecimientos son inviables si el precio del carbono es muy bajo. Al igual que los anteriores autores, indican que en este caso se debe recurrir a valorar los beneficios indirectos de las plantaciones para permitir su viabilidad.

Otros aspectos prácticos al abordar estos proyectos son la superficie que deben abarcar o la fiabilidad y exactitud de las mediciones. Ambas cuestiones están relacionadas con la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Así, MONEY et al. (2004) encuentran que en la región

agraria árida de Montana (EEUU) es más interesante que el mercado funcione sobre créditos que sobre hectáreas.

Respecto a las mediciones necesarias para disponer de información precisa, el IPCC (2003) se limita a recomendar un muestreo piloto y programar los trabajos de medición y seguimiento en función de la variabilidad obtenida. NEY et al (2005) recomiendan que las exigencias de los métodos de verificación del carbono almacenado sean acordes con la variabilidad existentes en ecosistemas silvestres, y que se admitan las estimaciones con mayor grado de incertidumbre. WISE y CACHO (2005) describen varias alternativas para la ejecución de un proyecto MDL, y junto a otras conclusiones indican que un coste superior a 1,19 \$/ha y año hacen inviable el seguimiento del carbono almacenado en suelo. Este dato se refiere a un caso concreto, pero se evidencia la importancia de los costes de seguimiento para la viabilidad de un proyecto LULUCF.

Los datos aportados hasta la fecha dentro del proyecto coinciden con las reflexiones anteriores. Se evidencia que algunas actividades de cambio de uso del suelo suponen un importante beneficio en cuanto a carbono fijado. A la vista de la superficie destinada a uso agrícola, la potencialidad de este tipo de actividades como sumideros de carbono es relevante dentro del balance nacional de GEIs, y se podría valorar en forma de créditos. Sin embargo surgen varios problemas.

En primer lugar, la inexistencia de reconocimiento real de estos créditos. El propietario que reforesta añade carbono al balance nacional, pero no puede recibir ninguna compensación directa. Existen diversas asociaciones de propietarios movilizados en la actualidad para que se reconozca y valore el papel de sus terrenos. A día de hoy, es difícil augurar el efecto de estas acciones, pero es evidente que la potencialidad del cambio de uso del suelo sólo se podrá explotar si el propietario recibe algún tipo de incentivo o subvención.

En segundo lugar, los procedimientos de muestreo y medición son complicados por la heterogeneidad del territorio. Hay que asumir un grado de error realista en estas estimaciones, o bien hacer un esfuerzo para conseguir información temática ecológica, en particular edáfica, de forma que los resultados en el balance de carbono sean fácilmente extensibles a partir del muestreo.

La iniciativa privada puede tener un papel importante en el reconocimiento de la importancia de los sumideros. Las empresas afectadas por el PNA serían las principales interesadas en la comercialización de estos créditos o en la realización de actividades que puedan descontarse de sus emisiones. Se espera de este proyecto que la aportación de IBERDROLA ayude a establecer la forma en que los propietarios puedan participar de los beneficios asociados a un proyecto de cambio de uso del suelo.

6. Bibliografía

ALONSO, N.; ALEGRE J.; LÓPEZ-VELA, D.; GUERRERO, A.; DE ANDRÉS, E.F.; 2001. Reciclaje de nutrientes de la hojarasca de leguminosas arbustivas. Estudio de la cinética de mineralización de la materia orgánica y del nitrógeno. En: "Nutrición Mineral en una Agricultura Mediterránea" Vol. II. CEBAS. pp. 407-414. Murcia.

DÍAZ BALTEIRO, L.; ROMERO, C.; 2004. La captura de carbono y la gestión forestal. Ed. INIA. 79 pp. Madrid.

ENCE; 2006. Memoria de sostenibilidad. Ed. por Grupo ENCE. Consultado en julio de 2006 en http://www.ence.es/pdfs/Mem_Sostenibilidad_Ence_2005.pdf. 137 pp

FENG, H.; KLING, C.L.; 2005. The consequences of cobenefits for the efficient design of carbon sequestration programs. Canadian Journal of Agricultural Economics. Vol 53, nº 4. 461-476.

GARNICA-PLYWOOD; 2005. La contribución del chopo y la industria transformadora a la mitigación del cambio climático. Presentación en el Seminario “Experiencias y herramientas para la mitigación del Cambio Climático”, organizado por la Fundación Ecología y Desarrollo y la Fundación Natura. Logroño, 25-11-2005. Consultado en agosto de 2006 en www.ceroco2.org/docs/pdfs/plywood.pdf

IPCC- GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO; 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Editado por Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug T., Kruger D., Pipatti R., Buendía L., Miwa K., Ngara T. Tanabe K., Wagner F. Consultado en enero de 2005. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.htm>

JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN; 2005. Anuario estadístico de Castilla y León 2005. Dirección General de Estadística. 721 pp. Valladolid.

MACDICKEN, K.G.; 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock Internacional Institute for Agricultural Development. 87 pp.

MAPA -MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN-;2006. Anuario de estadística agroalimentaria 2004. Secretaría General Técnica, Subdirección General de Estadísticas Agroalimentarias. 706 pp. Madrid.

MASERA, O.; GARZA-CALIGARIS, J.F.; KANNINEN, M.; KARJALAINEN, T.; LISKI, J.; NABUURS, G.J.; PUSSINEN, A.; DE JONG, B.J.; 2003. Modelling carbon sequestration in afforestation, agroforestry and forest management projects: the CO2FIX V.2 approach. Ecological Modelling 164: 177-199.

MMA –MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE-; 2006. Cuarta comunicación nacional de España. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Consultado en julio de 2006. http://www.mma.es/secciones/cambio_climatico/pdf/4_comunicacion_nacional.pdf

MOGAS, J.; RIERA, P.; 2005. El valor de la fijación de carbono en los programas de forestación. Boletín económico de ICE. Nº 2834. 13-28

MOONEY, S.; JOHN, A.; CAPALBO, S.; PAUSTIAN, K.; 2004. Influence of project scale and carbon variability on the costs of measuring soil carbon credits. Environmental Management. Vol 33-1. 5252-5263.

NEY, R.; MEYERS, T.; ESPINA, A.; SCHNOOR, J.; 2005. How many samples are required? Evaluating a model for verification of sequestration in a hybrid poplar buffer strip. Environmental Monitoring and Assessment, Vol 102, n° 1-3, 375-388.

SCHELHAAS, M.J., VAN ESCH, P.W.; GROEN, T.A.; DE JONG, B.H.J.; KANNINEN, M.; LISKI, J.; MASERA, O.; MOHREN, G.M.J.; NABUURS, G.J.; PALOSUO, T.; PEDRONI, L.; VALLEJO, A.; VILÉN, T.; 2004. CO2FIX V 3.1 – A modelling framework for quantifying carbon sequestration in forest ecosystems. ALTERRA Report 1068. Wageningen, The Netherlands.

SMITH J.E.; HEATH L.S; 2002. A model of forest floor carbon mass for United States forest types. Res. Pap. NE-722. Newton Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Northeastern Research Station. 37 pp.

YEMSHANOV, D.; MCKENNEY, D.W.; HATTON, T.; FOX, G.; 2005. Canadian Journal of Agricultural Economics. Vol. 53, n° 4 307-323.

WISE, R.; CACHO, O.; 2005. A bioeconomic analysis of carbon sequestration in farm forestry: a simulation study of *Gliricidia sepium*. Agroforestry systems. Vol. 64, n° 3. 237-250.

