

# El papel de la agricultura ecológica en la mitigación del calentamiento global terrestre

## Informe preliminar de SEAE<sup>1</sup>

### 1.- Resumen

Las cada vez mayores evidencias del cambio climático y sus repercusiones para la vida han llevado a que se establezca a escala mundial un Convenio Marco sobre Cambio Climático promovido por las Naciones Unidas. Uno de los resultados de este Convenio es el denominado **Protocolo de Kyoto**, documento que establece **acciones concretas para la reducción las emisiones antropógenas de los gases de efecto invernadero (GEIs)**.

Los Acuerdos de Bonn y Marrakesh de 2001, adoptados por los países participantes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, clarifican la implantación del Artículo 3.4 del Protocolo de Kyoto y ponen los medios para que los países firmantes puedan cumplir este compromiso **contabilizando la captación de CO<sub>2</sub> de la atmósfera en los sistemas agrícolas y forestales** (efecto sumidero). Esta captura se traduce en créditos de carbono que tendrán un precio y que podrán ser comercializados durante el periodo de cumplimiento del Protocolo.

**La agricultura es la principal fuente de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y, en menor medida aunque también importante, de CO<sub>2</sub>**. Se estima que las tierras de cultivo han sido responsables del 15% del total de emisiones de GEI durante la década de los 90. La captación de CO<sub>2</sub> por los ecosistemas vegetales constituye un factor a tener en cuenta en el balance global de carbono. De acuerdo con las estimaciones aportadas por el Grupo de Trabajo sobre Sumideros de Carbono del Programa Europeo sobre el Cambio Climático, el potencial de fijación de CO<sub>2</sub> de los suelos agrícolas en la EU-15 es de 60 a 70 Mt al año, lo que supone del 1,5 al 1,7 % de las emisiones antropógenas de CO<sub>2</sub> y constituiría el 19-21 % de la reducción total de 337 Mt de CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup> a la que se ha comprometido la UE-15 para el periodo 2008-2012. **El potencial de la agricultura ecológica como sumidero de CO<sub>2</sub>** es reconocido en el Informe Final del mencionado grupo de trabajo sobre sumideros, más si consideramos que la tendencia en la agricultura convencional es a comportarse como contribuyente del calentamiento global en lugar de ser un factor de protección.

Mediante el presente estudio se pretende evaluar y comparar los sistemas de producción convencional y ecológica en lo referente al balance de GEIs emitidos (directa e indirectamente) y CO<sub>2</sub> capturado. Para ello es necesario analizar las prácticas habituales en 1990 que permita establecer la referencia necesaria para el cálculo de la reducción efectiva de emisión de GEIs.

En una segunda parte, se pretende hacer un balance de GEIs en los cultivos de viña, olivo, cítricos, cereales y dehesas.

---

<sup>1</sup> Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Cami del Port, s/n. Edif ECA Pat Int 1º Apdo 397 46470 Catarroja (Valencia, España). Tel. ++34 961267200. Fax ++34 961220043. Móvil ++34 627343399. E-mail: [coordinadorseae@agroecologia.net](mailto:coordinadorseae@agroecologia.net); <http://www.agroecologia.net>

## 2. Introducción (antecedentes y estado actual de conocimientos)

### 2.1. Alcance del problema y el marco institucional

Existe un amplio consenso en que el calentamiento global de la Tierra es causado por el aumento de las emisiones antropógenas de distintos Gases de Efecto Invernadero (GEIs). Estos gases son principalmente: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Los tres primeros son los que tienen mayor significación en el sector agrícola.

Según datos del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC, 2001) **la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera** ha aumentado de 280 ppm en 1750 a 367 ppm en 1999 (31 % de incremento). La concentración actual de CO<sub>2</sub> no ha sido superada en los últimos 420.000 años y probablemente tampoco en los últimos 20 millones de años, debiéndose este incremento a la oxidación de carbono orgánico por la quema de combustibles fósiles y la deforestación.

**Las concentraciones de metano (CH<sub>4</sub>) en la atmósfera** han aumentado en un 150 % desde 1750, no habiendo sido superadas en 420.000 años (IPCC, 2001). El CH<sub>4</sub> es el GEI más importante en la atmósfera después del vapor de agua y el CO<sub>2</sub> (IPCC, 2000) aunque su potencial de calentamiento de la tierra es mucho mayor (ver Cuadro N° 1) contribuyendo aproximadamente en el 15 % del calentamiento global de la tierra (Bockisch, J.M., 2000 citado por Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004 ).

**La concentración de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en la atmósfera** ha aumentado en un 16 % desde 1750, siendo la tendencia actual a seguir aumentando (en un 0,25 % desde 1980 a 1998) (IPCC, 2001). Su potencial de calentamiento de la Tierra es aún mayor que la del Metano (ver Cuadro N° 1).

**Cuadro 1: Potencial de Calentamiento de la Tierra (PCT) de los GEI aportados por la agricultura en comparación al CO<sub>2</sub>.**

Gas	Período de vida	Potencial de calentamiento de la Tierra (Horizonte en años)		
		20 años	100 años	500 años
CO <sub>2</sub>		1	1	1
CH <sub>4</sub> <sup>a</sup>	12,0 <sup>b</sup>	62	23	7
N <sub>2</sub> O	114 <sup>b</sup>	275	296	156

a) Los PCT del metano incluyen una contribución indirecta de la producción de H<sub>2</sub>O y O<sub>3</sub> estratosféricos

b) Los valores para el metano y el óxido nitroso son tiempos de ajuste, que incorporan los efectos indirectos de la emisión de cada gas en su propio período de vida

FUENTE: IPCC, 2001

El cambio climático y sus repercusiones para la vida han llevado a que se establezca a escala mundial una Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC, 1992) que ha sido ratificado por 174 países. Uno de los resultados de esta Convención es el denominado “Protocolo de Kyoto”, documento que

establece acciones concretas para la reducción de los gases de efecto invernadero. En virtud del Artículo 3.1 del Protocolo de Kyoto, 38 países desarrollados y aquellos en transición a una economía de mercado (Las Partes en el Anexo I del Protocolo) adquieren el compromiso de reducir en un 5,2 % anual las emisiones antropógenas de los GEI en el período que va de 2008 a 2012. Esta reducción hace referencia a las emisiones según prácticas habituales en 1990 para CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, y 1995 para los HFCs, PFCs y SF<sub>6</sub>. No obstante, este compromiso no es asumido de la misma manera por todos los países firmantes y, por ejemplo, el compromiso de la UE-15 es la reducción en un 8 % anual entre 2008 y 2012 (España debe conseguir la estabilización de las emisiones de GEIs en el 115 % de los niveles de 1990). En marzo de 2000 la Comisión puso en marcha el Programa Europeo sobre el Cambio Climático (PECC) con el objetivo de cumplir este compromiso.

Distintas disposiciones del Protocolo de Kyoto (Artículos 3.3, 3.4, 3.7, 6 y 12) establecen la posibilidad de tener en cuenta las actividades forestales, agrícolas y silvícolas para el cumplimiento de sus compromisos. Por el Artículo 3.4 del Protocolo de Kyoto, **el secuestro de carbono en los suelos agrícolas puede ser contabilizado en el balance total de CO<sub>2</sub>**. Esta captura se traduce en créditos de carbono que tendrán un precio y que podrán ser comercializados durante el periodo de cumplimiento del Protocolo.

Los Acuerdos de Bonn (UNFCCC, 2001a) y Marrakesh (UNFCCC, 2001b), adoptados por los países participantes en la UNFCCC, clarifican la aplicación del Artículo 3.4 del Protocolo de Kyoto y establecen directivas vinculantes para contabilizar e informar sobre los sumideros agrícolas y forestales de carbono.

## **2.2. El cambio climático y la agricultura**

Los distintos ecosistemas terrestres actúan como fuentes de emisión y como sumideros de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>), jugando un importante papel en el balance total de los mismos y, por tanto, en el calentamiento global de la Tierra. **La agricultura es la principal fuente de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, y en menor medida aunque también importante, de CO<sub>2</sub>**. Se piensa que el aumento del 31 % de CO<sub>2</sub> atmosférico desde 1750 es el responsable del 60 % del calentamiento inducido por los GEIs (Malhi et al, 2002); el N<sub>2</sub>O contribuye en un 6 % (IPCC, 2001) y el metano en aproximadamente en el 15 % (Bokisch F.J., 2000 según cita de Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004). Se estima que las tierras de cultivo han sido responsables del 15% del total de emisiones de GEIs durante la década de los 90 (Cole, C.V. et al. 1997).

En la Unión Europea, las principales fuentes de emisión de GEIs en agricultura son N<sub>2</sub>O debido básicamente al uso de abonos nitrogenados, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> procedente de los suelos ricos en materia orgánica (arrozales y turberas, p.e.), N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> procedentes de la fermentación intestinal y CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes del manejo de estiércoles (ECCP 7 – Agriculture, 2001). Esta misma fuente cita que las emisiones procedentes de la agricultura en la UE-15 fueron el 41 % del total de emisiones de CH<sub>4</sub> y el 51 % de las de N<sub>2</sub>O en 1990. Incluyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>, el 11 % del total de emisiones de GEIs en 1990 pueden ser atribuidas al sector agrario (ECCP 7 – Agriculture, 2001).

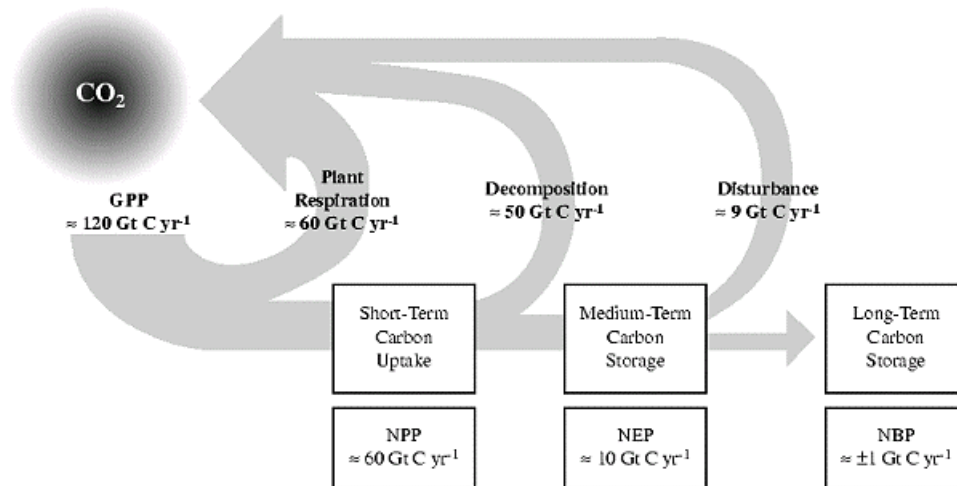
Aunque el potencial de calentamiento de la tierra del CO<sub>2</sub> es relativamente bajo (ver Cuadro N° 1) sus altas concentraciones en la atmósfera le convierten en el GEI que

más influye en el calentamiento global del planeta, de manera que con frecuencia las emisiones globales de GEIs se expresan como CO<sub>2</sub> equivalente (calculadas por su potencial de calentamiento). Según datos del Ministerio de Medio Ambiente (2004) en España el 80 % del total de GEIs emitidos, expresados como CO<sub>2</sub> equivalente, correspondieron al dióxido de carbono, seguido del metano (11 %) y por el óxido nitroso (8 %). La contribución de la agricultura a las emisiones de GEIs en 2002 fue de un 10,67 % (MAM, 2003), ocupando el segundo lugar después del sector de la Energía.

### Dióxido de carbono

El potencial de secuestro de la biosfera terrestre en la captación de carbono queda resumida en la figura 1. la Producción Bruta Primaria (PNB) es la absorción de carbono atmosférico por las plantas como consecuencia de la fotosíntesis (aproximadamente 120 Gt C año<sup>-1</sup>). Las pérdidas como consecuencia de la respiración de las plantas da como resultado la Producción Neta Primaria (PNP, aprox. 60 Gt C año<sup>-1</sup>). Posteriores pérdidas debido a la descomposición de la materia orgánica (aprox. 50 Gt C año<sup>-1</sup>) reducen esta captación en la denominada Producción Neta de Ecosistema (PNE, aprox. 10 Gt C año<sup>-1</sup>). Nuevas pérdidas se producen como consecuencia de distintas perturbaciones como incendios, erosión, plagas y actividades humanas. El balance total resultante de los ecosistemas terrestres puede ser interpretado como la Producción Neta de la Biosfera (PNB) que actualmente supone 0,7 ± 1 Gt C año<sup>-1</sup> (IPCC, 2000)

**Figura 1. Potencial de captación de carbono por la biosfera.**



Fuente: IPCC, 2000

La biosfera terrestre en su conjunto ha ganado carbono durante los años ochenta y noventa, es decir, que el CO<sub>2</sub> liberado por los cambios en el uso de la tierra (deforestación, fundamentalmente) fue más que compensado por otras zonas de absorción (IPCC, 2001). El carbono es almacenado por la biosfera tanto en forma de

vegetación como en forma de carbono orgánico en el suelo. Los bosques son los principales sumideros de este carbono.

El uso de la tierra, los cambios en este uso y la silvicultura (sector UTCUTS) son los principales factores que modifican las fuentes y sumideros terrestres de carbono. A escala mundial, **se estima que un tercio del incremento del CO<sub>2</sub> atmosférico desde 1850 proviene de los cambios en el uso de la tierra**, fundamentalmente la tala de bosques para su conversión a tierras de cultivo (de Sherbinin, A., 2002).

También la agricultura desplazante, las explotaciones madereras (Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004) y la intensificación de la agricultura (Mahli et al. 2002) son citados como factores de cambio que han aumentado asimismo las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. En los sistemas agrícolas, las pérdidas del carbono del suelo se deben fundamentalmente al laboreo. Adecuadas prácticas agrícolas como el manejo del riego o diferentes sistemas de fertilización pueden aumentar los depósitos de carbono en el suelo. En cualquier caso, sigue habiendo grandes incertidumbres relacionadas con el cálculo del CO<sub>2</sub> liberado debido a los cambios en el uso de la tierra.

**Las tierras de cultivo** suponen el 5,7 % de los Stocks globales de carbono en la vegetación y en el suelo (hasta 1 metro de profundidad) (WBGU, 1998). La mayoría de estas tierras presentan elevadas tasas de captación de carbono, pero mucha de la ganancia se exporta en forma de productos agrícolas y restos de cultivos, siendo rápidamente liberada a la atmósfera. Si bien el carbono es de nuevo capturado en la posterior campaña, muchos suelos de uso agrícola son actualmente fuentes netas de emisión de carbono (IPCC, 2000). La agricultura ecológica es reconocida como un sistema de cultivo que puede revertir dicha situación (ECCP, 2004a).

Globalmente, **los depósitos de carbono en el suelo** superan los de la vegetación (en tierras de cultivo 128 frente a 3 Gt C según WBGU (1998) por lo que los cambios en los depósitos de carbono del suelo son por lo menos tan importantes como los cambios que se puedan producir en los depósitos en la vegetación. De acuerdo con las estimaciones aportadas por el Grupo de Trabajo sobre Sumideros de Carbono y Agricultura (ECCP, 2004b), el potencial de fijación de CO<sub>2</sub> de los suelos agrícolas en la EU-15 es de 60 a 70 Mt al año, lo que supone del 1,5 al 1,7 % de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> y constituiría el 19-21 % de la reducción total de 337 Mt de CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup> a la que se ha comprometido la UE-15 para el periodo 2008-2012. Por tanto, el potencial de absorción del sector agrario puede contribuir de forma significativa en el cumplimiento del compromiso de reducción de GEIs del 8%.

La configuración de una **bolsa de carbono aplicada a los diferentes usos de la tierra** supondría poder contabilizar las fuentes de emisión y sumideros potenciales terrestres y ayudaría a identificar otros sumideros cuya capacidad se podría incrementar mediante un manejo adecuado. Al mismo tiempo, a escala nacional, esta bolsa se incluiría como parte del inventario de GEI que cada país firmante del Convenio Marco sobre el Cambio Climático está obligado a elaborar anualmente (Steffen et al, 1998)

## **b) Metano y óxido nitroso**

Las fuentes emisoras del metano atmosférico son tanto naturales (humedales, p. ej.) como inducidas por el ser humano (agricultura, actividades de gas natural y

vertederos, p.ej.). Según Ahlgrimm, H.J. y Gaedeken, D. (1990) citados por Kotschi, J. y Müller-Säman K. (2004) dos terceras partes de las emisiones totales de CH<sub>4</sub> son de origen antropógeno y la mayoría provienen de la agricultura.

Aunque parecen haberse identificado los principales contribuyentes al balance mundial del CH<sub>4</sub>, la mayoría de ellos son bastante inciertos cuantitativamente, por la dificultad de evaluar los índices de emisión de fuentes muy variables en la biósfera. El suelo se considera el único sumidero significativo de CH<sub>4</sub> (Mosier et al. 1993), estimándose que la concentración atmosférica sería el doble sin este sumidero (Ojima et al., 1993).

Como en el caso anterior, el N<sub>2</sub>O es un GEI con fuentes de emisión naturales y antropógenas. Aunque también son considerables las incertidumbres en cuanto a las emisiones de fuentes individuales, según el IPCC (2001) se estima que el 41 % de las emisiones de óxido nitroso son de origen antropógeno, y por lo menos el 60 % de las emisiones brutas globales de N<sub>2</sub>O evolucionan desde los suelos (Prather et al., 1995 citado en Langeveld et al., 1997) provenientes de la transformación microbiana del amonio a nitrato (nitrificación) y de nitrato a N<sub>2</sub> (desnitrificación). Por tanto, la fertilización nitrogenada (orgánica y mineral) y el nitrógeno fijado por las leguminosas aumentan las emisiones de N<sub>2</sub>O (Bouwman, A.F., 1990, Houghton et al., 1992 – IFOAM ref).

**Cuadro 2: Estimaciones globales de fuentes recientes de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O que están influenciadas por las actividades de uso de la tierra (Prather et al., 1995 citado en IPCC, 2000).**

<b>Fuentes de CH<sub>4</sub></b>	<b>Mt CH<sub>4</sub> año<sup>-1</sup></b>	<b>Gt C-eq año<sup>-1</sup> a b</b>
Ganadería (fermentación intestinal y residuos)	110 (85-130)	6 (0.5-0.7)
Arrozales	60 (20-100)	0.3 (0.1-0.6)
Quema de biomasa	40 (20-80)	0.2 (0.1-0.5)
Humedales naturales	115 (55-150)	0.7 (0.3-0.9)
<b>Fuentes de N<sub>2</sub>O</b>	<b>Mt N año<sup>-1</sup></b>	<b>Gt C-eq año<sup>-1</sup> a c</b>
Tierras de cultivo	3.5 (1.8-5.3)	0.9 (0.5-1.4)
Quema de biomasa	0.5 (0.2-1)	0.1 (0.05-0.3)
Ganadería	0.4 (0.2-0.5)	0.1 (0.05-0.13)
Suelos de bosques tropicales	3 (2.2-3.7)	0.8 (0.6-1)
Suelos de las sabanas	1 (0.5-2)	0.3 (0.1-0.5)
Suelos de bosques templados	1 (0.1-2)	0.3 (0.03-0.5)
Prados naturales zonas templadas	1 (0.5-2)	0.3 (0.1-0.5)

<sup>a</sup> 12 Gt C-equivalente = 44 Gt CO<sub>2</sub>-equivalente.

<sup>b</sup> Emisiones de carbono-equivalente basadas en un Potencial de Calentamiento Global del CH<sub>4</sub> de 21.

<sup>c</sup> Emisiones de carbono-equivalente basadas en un Potencial de Calentamiento Global del N<sub>2</sub>O de 310.

FUENTE: IPCC, 2000

### 2.3 El papel de la agricultura ecológica en la mitigación de GEIs

**La agricultura ecológica puede reducir sensiblemente las emisiones de CO<sub>2</sub>** al tratarse de un sistema permanente de producción sostenida, evitando el obligado desplazamiento de cultivos por agotamiento del suelo (Kotschi, J. y Müller-Säman K.,

2004). Asimismo, en sistemas intensivos agrícolas, el uso de combustibles fósiles en el **balance energético es significativamente mayor en la agricultura convencional** (utiliza un 50 % más de energía según Mäder et al., 2002). Esto es así debido fundamentalmente al ahorro energético que supone el mantenimiento de la fertilidad del suelo mediante inputs internos (rotaciones, abonos verdes, cultivo de leguminosas, etc.), la ausencia del uso de fitosanitarios y fertilizantes de síntesis y los bajos niveles de la externalización en la alimentación del ganado.

**Cuadro 3.- Comparación en el uso de energía en sistemas agrícolas ecológicos y convencionales.**

País y cultivo	Uso de energía Ratio de orgánica a convencional (%)	% de aumento en la energía requerida para un 1 % de aumento de cosecha en sistemas convencionales
Reino Unido		
Trigo de invierno	38	+3.5
Patata	49	+4.9
Zanahoria	28	+1.6
Brócoli verde	27	+4.2
EEUU		
Trigo	68	+1.7
Filipinas		
Arroz	33	+7.2

Fuente: Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004 (Pretty, J.N. y Ball, A., 2001; adaptado de Pretty, J.N., 1995; Cormack, B. y Metcalfe, P., 2000)

**Por lo que respecta al secuestro de dióxido de carbono en suelo y vegetación**  
El IPCC (2000) reconoce que la mejora del uso de las tierras de cultivo puede suponer significativas ganancias en la captación de carbono. El Grupo de Trabajo sobre Sumideros y Agricultura del Programa Europeo sobre Cambio Climático (ECCP, 2004a) concede a la agricultura ecológica un potencial de captación de CO<sub>2</sub> de 0 a 1,98 toneladas por ha y año, dependiendo de las prácticas aplicadas. En el Cuadro N° 4 se incluyen algunas de las medidas que pueden incrementar las tasas de secuestro de carbono en los suelos de uso agrícola.

**Cuadro N° 4. Medidas para incrementar los stocks de carbono en los suelos agrícolas y tasas de secuestro potencial de carbono (t CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> y año<sup>-1</sup>) (EPCC, 2004a)**

Medida	Tasa de secuestro potencial de carbono en el suelo (t CO <sub>2</sub> ha <sup>-1</sup> y año <sup>-1</sup> )	Grado de incerteza estimada (%)	Referencia /reseñas
No laboreo	1.42	>50	1,2
Laboreo reducido	<1.42	>>50	3
Reservas naturales	<1.42	>>50	4
Estiércol	1.38	>50	1
Restos de cultivos	2.54	>50	1
Compostaje	≥1.38	>>50	5, 6
Rotaciones mejoradas	>0	Muy alto	7
Fertilización	0	Muy alto	8
Riego	0	Muy alto	8
Cultivos bioenergéticos	2.27	>>50	1
Extensificación	1.98	>>50	1
Agricultura ecológica	0-1.98	>>50	9

1.- Smith et al. (2000); valores calculados por hectárea usando el contenido medio de carbono de suelos de cultivo (hasta 30 cm) de 53 t C ha<sup>-1</sup>; Vleeshouwers y Verhagen (2002). Según algunos expertos, la

acumulación de carbono que resulta del no-laboreo está sobrestimado en la bibliografía, algunos datos aportados como argumentos no parecen fiables, por lo tanto, en este caso el secuestro es muy dudoso.

2.- Incerteza estimada a partir del 95 % del intervalo de confianza sobre la media – incerteza estadística solo de la media; la incerteza real es mayor.

3.- Estimado de los documentos revisados en Smith et al. (2000)

4.- Se asume el mismo dato que en el no-laboreo de Smith et al. (2000)

5.- SE asume que es el mismo dato que el estiércol de Smith et al., 2000

6.- Los valores de secuestro están basados en una aportación de  $1 \text{ t ha}^{-1}$  y  $\text{año}^{-1}$ . Mayores aportaciones conllevan mayores tasas de secuestro. El factor limitante de las aportaciones de compost es la cantidad que se puede producir para una determinada zona.

7.- Mínima influencia en los documentos revisados en Smith et al. (2000)

8.- La ganancia neta de carbono en el caso del riego y la fertilización aparece como insignificante o negativa cuando se tiene en cuenta el carbono emitido en la fabricación de los fertilizantes y en el bombeo del agua (Schlesinger, 1999).

9.- La **agricultura ecológica** está en expansión en Europa, pero esta modalidad de cultivo incluye una combinación de prácticas como la extensificación, la mejora de las rotaciones, la incorporación de restos de cultivo o el uso generalizado de estiércol. Todo ello contribuye a un mayor secuestro de carbono en diferente medida según el grado de aplicación de cada práctica. Por el contrario, la eliminación mecánica de la flora adventicia puede incrementar las necesidades de laboreo. Por tanto, es imposible dar una cifra para el potencial de secuestro de la agricultura ecológica. En este caso, se ha optado por dar los potenciales más bajo y más alto estimados.

**Fuente: ECCP, 2004a**

El principio básico de la agricultura ecológica de ajuste de nutrientes y ciclos de energía mediante el manejo de la materia orgánica en el suelo le da a esta modalidad de cultivo un particular potencial de captación. Por ejemplo, hay un amplio consenso en que **el incremento de los niveles de materia orgánica en el suelo (mayor capacidad de captación de C, además de mayor capacidad productiva)** puede ser logrado a través de aportaciones regulares de estiércol y reincorporación de restos de cultivos, empleo de abonos verdes y rotaciones con leguminosas (Coleman et al., 1997; Kätterer, T. y Andren, O., 1999; Leigh, R.E. y Jhonston, A.E., 1994). Asimismo, la aplicación exclusiva de fertilizantes nitrogenados de síntesis contribuye con frecuencia al incremento de los procesos de oxidación de la materia orgánica y en consecuencia a incrementar las pérdidas de carbono orgánico del suelo (Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004).

También las **técnicas de no laboreo, mínimo laboreo o laboreo de conservación**, aconsejadas y empleadas en agricultura ecológica, reduce los procesos de oxidación y, en consecuencia, la liberación de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera (Heenan et al., 2004)

Según Raupp, J. (2001) después de un ensayo de 18 años, los suelos con diferentes **abonados a base de estiércol** presentaban de 3 a 8 t / ha de C más que aquellos fertilizados con abonos minerales. Otros estudios citados por Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004 (Bachinger, J. 1996; Raupp, J., 1995; Fliebbach, A. and Mäder, P., 1997 y Gehlen, P., 1987) demuestran que la biomasa microbiana y la ratio  $\text{Cmic/Corg}$  es significativamente más alta en las parcelas fertilizadas regularmente con abonos orgánicos. Al mismo tiempo, el cociente metabólico (un indicador de las necesidades energéticas de los organismos del suelo) es inferior, lo cuál provoca un mayor desarrollo de la biomasa radicular (Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004). Esto es de especial importancia ya que la biomasa radicular contribuye más a la acumulación de carbono en suelos que la biomasa que queda por encima del suelo (Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004).



**Cuadro N° 5. Captación de carbono por sistemas agrícolas ecológicos y convencionales**

	Toneladas de CO <sub>2</sub> / ha		
	Biológica	Convencional	Diferencia
<b>Cultivo comercial (cash crops)</b>			
Biomasa vegetativa	3.76	4.95	-1.18
Biomasa radicular	1.44	0.89	0.55
<b>Cultivos de captación (catch crops)</b>			
Biomasa vegetativa	0.55	0.22	0.33
Biomasa radicular	0.22	0.09	0.13
<b>Flora adventicia</b>			
Biomasa vegetativa	0.22	0.04	0.17
Biomasa radicular	0.04	0.01	0.03
<b>Rendimiento bruto (secuestro)</b>	6.23	6.19	0.04
<b>Input de energía (emisión)</b>	0.15	0.29	-0.14
<b>Rendimiento neto (secuestro)</b>	6.08	5.91	0.18
<b>Eficiencia de captación de carbono</b>	41.5	21.3	

Fuente: Haas, G y Köpke, U., 1994

**La rotación de cultivos**, ampliamente practicada en agricultura ecológica (cultivos herbáceos), además de ayudar a reducir las pérdidas de nitrógeno, aumenta la biomasa subterránea y, por tanto la capacidad de retención de C. En el Cuadro N° 5 se muestra los resultados de un estudio comparativo sobre la capacidad de secuestro de carbono en sistemas de cultivo convencional y ecológico (Haas, G y Köpke, U., 1994).

**La agroforestación**, otra técnica aconsejada y practicada en la agricultura ecológica, consistente en la introducción de masa arbórea en los distintos agrosistemas también puede contribuir en un aumento del secuestro de CO<sub>2</sub> que Shroeder (1994) establece en un almacenamiento adicional de carbono de 3.9 toneladas / ha y año en climas templados.

**Las emisiones de N<sub>2</sub>O en agricultura** se deben fundamentalmente a la excesiva fertilización y consecuentes pérdidas de nitrógeno. En los sistemas de producción ecológica los excedentes de nitrógeno y sus pérdidas se minimizan ya que no se utilizan abonos sintéticos y se ajustan las necesidades nutritivas a la producción. Además, las tasas de estabulado del ganado son limitadas y la dieta animal es menor en proteínas, lo cuál también contribuye a la reducción de las emisiones de N<sub>2</sub>O. Según Berg (1997), citado por Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004, la reducción de N en la dieta animal es la opción más barata para reducir las emisiones de N<sub>2</sub>O.

**La reducción en las emisiones de metano mediante sistemas de producción ecológica** puede derivarse del aumento de la actividad biológica del suelo y, por tanto, el incremento de la oxidación del CH<sub>4</sub>. Por el contrario, las aplicaciones periódicas únicamente de urea o amoníaco inhiben la oxidación de CH<sub>4</sub> (Hutsch, B., 2001). Aunque la técnica del compostaje no se recomienda como una opción de mitigar la emisión de CH<sub>4</sub> (Bates, J., 2001), la digestión aneróbica controlada del estiércol y residuos combinado con la producción de biogás es la opción más prometedora para reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> (Jarvis, S.C y Pain, B.F., 1994). También el cambio en la dieta de los rumiantes en la ganadería ecológica puede provocar reducciones en la emisión de este gas (Zeddies, J., 2002 citado por Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004). Por lo que se refiere a arrozales, la investigación sobre técnicas de reducción de las emisiones de metano se encuentra “en pañales”.

Como contrapartida, la ganadería ecológica puede suponer un suave incremento de las emisiones de CH<sub>4</sub> al aumentar la proporción de rumiantes y reducirse la productividad (FAO, 2002)

Por último, aunque **la utilización de biomasa como sustituto de combustibles fósiles** no es exclusiva de la agricultura ecológica, cuando esta biomasa es cultivada mediante sistemas de agricultura ecológica en lugar del sistema convencional, las emisiones de GEIs son más bajas (Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004). No debemos olvidar que el desarrollo de las ideas fundamentales así como de los equipos e instalaciones requeridas han sido impulsadas por el sector de la agricultura ecológica.

En el Cuadro N° 6 (Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004) se resume el potencial de la agricultura ecológica en la reducción de emisiones agrícolas de GEIs, de acuerdo a sus principios.

**En General, se puede afirmar que el efecto de la agricultura ecológica en la reducción de GEIs puede ser significativa en el caso de CO<sub>2</sub> Y N<sub>2</sub>O, y en menor medida en el caso del CH<sub>4</sub> (Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004).**

**Cuadro N° 6. Potencial de reducción directa e indirecta en la emisión de GEIs derivado de los principios de la agricultura ecológica**

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>1. Uso de la tierra agrícola y su manejo</b>			
Cubierta permanente del suelo	+++	-	+
Reducción de laboreo	+	-	+
Restricción del barbecho en regiones semiáridas	+	-	-
Diversificación de las rotaciones de cultivo	++	-	+
Restauración de la productividad en suelos degradados	++	+	-
Agroforestación	++	-	-
<b>2. Utilización de estiércol y residuos</b>			
Reciclaje de residuos urbanos y compost	++	-	+
Biogás de los purines	-	++	-
<b>3. Ganadería</b>			
Cría y manutención longevas	-	++	+
Restricción de la densidad de estabulado	-	+	+
Reducción de las importaciones de pienso	+	+	-
<b>4. Fertilización</b>			
Rstricciones de la externalización de nutrientes	++	-	++
Utilización de leguminosas	+	-	+
Integración de la producción animal y vegetal	++	-	+
<b>5. Cambios en la conducta del consumidor</b>			
Consumo de productos regionales	+++	-	-
Aumento del consumo de vegetales	+	++	-

+++ muy alto, ++ alto, + bajo, - sin potencial

Fuente: Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004

## 2.4 Mecanismos de implementación

Las emisiones de GEIs suponen un gasto para la sociedad. Bajo el Protocolo de Kyoto su valor se define globalmente por la **limitación en el total de emisiones**. El total de emisiones se distribuyen en emisiones permitidas para países individuales. En el Protocolo de Kyoto el límite de emisiones se denomina Unidades de Cantidad Atribuida (UCA). Los países del Anexo I (países industrializados y en transición) están

comprometidos a reducir sus emisiones, para lo cuál el Protocolo de Kyoto provee tres mecanismos (Mecanismos de Kyoto o de flexibilidad) para que los países de este grupo puedan cumplir su compromiso de reducción de una forma más viable económicamente. El principio es que las medidas para la reducción de GEIs (hasta un porcentaje) puedan ser aplicadas fuera del propio país, en países donde sean más económicas.

Los países del Anejo I pueden aplicar la Implementación Conjunta (IC) dentro de su propio país y en otro país miembro de este grupo de forma conjunta. También pueden adoptar el Comercio de Emisiones (CE) y, finalmente, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) permite a los países de este grupo conseguir las reducciones de emisiones en países no incluidos en el Anexo I y en cooperación con ellos.

### 3.- Objetivos del proyecto

En el marco del Protocolo de Kyoto, dentro del sector del UTCUTS, todos los proyectos agrícolas son admisibles para la IC en los países industrializados. No ocurre lo mismo con el CE y el MCL, aunque se puede asumir que los tres mecanismos llegarán a ser aplicables en la agricultura a corto plazo. Por tanto, en anticipación al primer período de compromiso 2008-2012, es importante:

→ **Primero:** Desarrollar metodologías para hacer que la agricultura se pueda contabilizar para los tres mecanismos de implementación. En este proceso todavía quedan por resolver muchas cuestiones metodológicas, siendo las principales las relativas a la evaluación de:

- El escenario de referencia y la diferenciación de las actividades inducidas por el hombre antes y después de 1990
- La adicionalidad, es decir, la reducción de emisiones de GEIs y/o aumento de sumideros adicionales que se producirían en caso de no existir una acción de mitigación
- La permanencia de los nuevos stocks de C creados
- Las fugas que se producen fuera del ámbito de una determinada acción como consecuencia de la misma.
- Los efectos auxiliares o adicionales que se producen como consecuencia de la implantación del proyecto de mitigación.

Aunque **la agricultura ecológica como estrategia tiene la clave para la mitigación de los GEIs en agricultura dentro del sector de UTCUTS**, apenas es un tema de discusión ni en los procesos nacionales de creación de inventarios ni en el grupo internacional de mitigación de GEIs. No obstante la UE sí considera la agricultura ecológica como una “eficiente medida” de mitigación del cambio climático, contabilizando el potencial de secuestro en la UE-15 durante el primer período de compromiso en 14 Mt CO<sub>2</sub> año<sup>-1</sup> (ECCP, 2004a).

→ **Segundo:** Mediante este proyecto se pretende evaluar, en las condiciones de España, la contribución de los sistemas de producción ecológica en la mitigación de los GEIs, profundizando en las técnicas habituales en este sistema de cultivo y cuantificando en la medida de lo posible su aportación al compromiso, adquirido por la UE-15 en el Protocolo de Kyoto, de reducir las emisiones de GEIs en un 8 % anual durante el periodo 2008-2012 respecto a las prácticas habituales en 1990. Para ello se

tomarán los cultivos más representativos y se comparará con las practicas habituales en agricultura convencional en 1990.

#### 4. Metodología

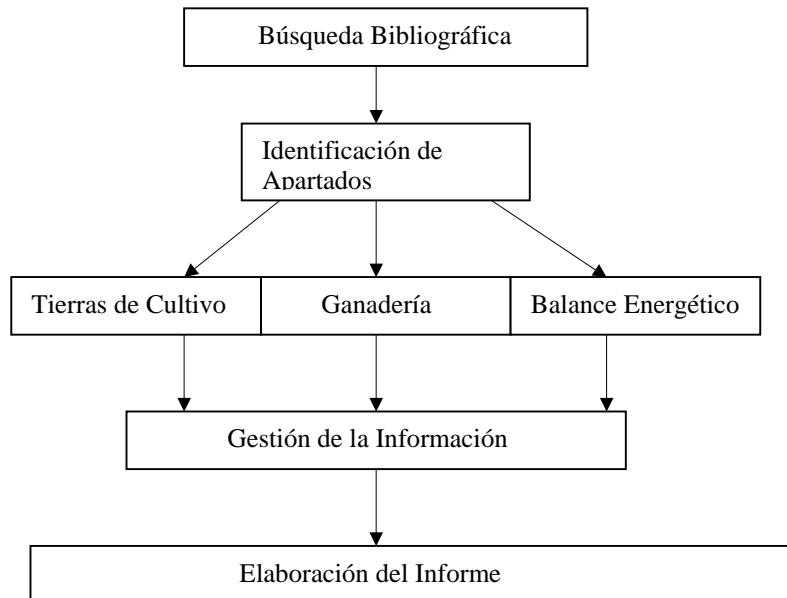
La metodología a aplicar será específica para cada una de las partes del estudios:

##### Metodología PRIMERA PARTE:

En el caso de la primera parte de este estudio, antes de llevar a cabo la evaluación y comparación entre sistemas de producción ecológica y convencional (en la fecha de referencia, 1990) y su papel en el cambio climático, es preciso saber cuánto, dónde y cómo son las emisiones de GEIs en la agricultura. Por tanto, se hace necesario, como paso previo, una revisión bibliográfica para la recopilación de datos y material bibliográfico actualizados, sin olvidar los estudios que puedan estar desarrollándose actualmente. Así, los objetivos en esta primera parte son:

- 1) Recopilación de los datos relativos a las fuentes y sumideros de GEIs en la agricultura convencional (año de referencia:1990).
- 2) Recopilación bibliográfica sobre la influencia de las prácticas habituales en la agricultura ecológica en la emisión de GEIs.
- 3) Evaluar y sintetizar la información recogida (comparación sistemas ecológico-convencional)
- 4) Identificar las principales carencias en el conocimiento de las emisiones de GEIs.

Siguiendo el modelo desarrollado por la Universidad de Alberta (2003) en Canadá el proceso a seguir se desarrolla en el siguiente diagrama:



El enorme volumen de material bibliográfico con el que se tiene previsto trabajar hace imprescindible la creación de una base de datos que haga posible la organización e identificación del material relevante.

Para un mejor manejo, se clasificará la información en 3 apartados distintos de información:

- a) Tierras de cultivo
- b) Ganadería
- c) Balance energético

Cada uno de estos apartados se dividirá necesariamente en dos subapartados: uno para la información sobre la agricultura ecológica y otro para la convencional. A su vez estos subapartados se dividirán en distintas categorías que en principio se ha pensado que sean:

- 
- Tierras de cultivo: tipos de cultivo (leñosos, herbáceos intensivos, herbáceos extensivos, bioenergéticos, otros), tipo de fertilización, riego, rotaciones, laboreo y otras.
- Ganadería: Tipo de ganado, modalidad de producción (intensiva, extensiva), alimentación y otras.
- Balance energético: Fabricación de materias primas y proceso de producción.

Por otra parte los criterios de búsqueda previstos son: tipo de GEI (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>), Cronología (1990 y posteriores), ámbito geográfico, credibilidad, veces que ha sido citada cada referencia.

#### Metodología SEGUNDA PARTE:

Por lo que respecta a la metodología de la segunda parte del estudio (balance de GEIs en los cultivos más representativos) las emisiones pueden determinarse mediante equipos que las miden en continuo. Sin embargo, dependiendo del gas, el foco emisor y la desagregación espacial y temporal, puede resultar más práctico e incluso más preciso estimar las emisiones a partir de datos estadísticos relevantes. Serían actividades propias de la elaboración de los inventarios de emisiones”:

- ⇒ La recolección de datos estadísticos.
- ⇒ La selección de métodos para el cálculo de las estimaciones.
- ⇒ La selección de los factores de emisión, que relacionan el dato estadístico con las emisiones producidas.
- ⇒ El cálculo de las estimaciones.
- ⇒ La puesta en marcha de procedimientos de control y garantía de calidad.

#### **REFERENCIAS**

- Ahlgrimm, H.J. y Gaedeken, D. (1990): Methane (CH<sub>4</sub>). In Sauerbeck D, Brunner H: Klimaveränderungen und Landwirtschaft, Landbauforschung Völkenrode, 117, S. 28-46.
- Bachinger, J., 1996: Der Einfluß unterschiedlicher Düngungsarten (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch) auf die zeitliche Dynamik und die räumliche Verteilung von bodenchemischen und -mikrobiologischen Parametern der C- und N-Dynamik sowie auf das Pflanzen- und Wurzelwachstum von Winterroggen. PhD-thesis University of Giessen. Schriftenreihe Bd. 7, Institut für biologisch-dynamische Forschung, Darmstadt
- Bates, J., 2001: Economic Evaluation of Emission Reductions of Nitrous Oxides and Methane in Agriculture in the EU. Contribution to a Study for DG Environment, European Commission by Ecosys Energy and Environment, AEA Technology Environment and National Technical University of Athens

- Berg, W., 1997: Minderung von Emissionen aus der Tierhaltung. Kosten und Potentiale. *Landtechnik* 5/97: 262-263
- Bockish J.M., 2000: Bewertung von Verfahren der ökologischen und konventionellen landwirtschaftlichen Produktion im Hinblick auf Energieeinsatz und bestimmte Schadgasemissionen. Sonderheft 211. *Landbauforschung Völkenrode*. FAL Braunschweig.
- Bouwman, A.F., 1990: Analysis of Global Nitrous Oxide Emissions from terrestrial Natural and Agroecosystems. En: *Transactions 14<sup>th</sup> International Congress Soil Science*, Kyoto, Japón.
- Cole C.V., Duxbury J., Freney, J., Heinemeyer, O., Minami, K., Mosier, A., Paustian, K., Rosenberg, N., Sampson, N., Sauerbeck, D. y Zhao Q., 1997: Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49. 221-228
- Coleman, K., Jenkinson, D.S., Crocker, G.j., Grace, P.R., Klir, J. Körschens, M., Poulton, P.R., Richter, D.D., 1997: Simulating Trends in Soil Organic Carbon in Long-Term Experiments Using RothC-26.3. *Geoderma* 81, 29-44
- Cormack, B. y Metcalfe, P., 2000: *Energy Use in Organic Farming Systems*. ADAS. Turrington. Reino Unido
- De Sherbinin, A. 2002. "Land-Use and Land-Cover Change," A CIESIN Thematic Guide, Palisades, NY: Center for International Earth Science Information Network of Columbia University. Disponible en [http://sedac.ciesin.columbia.edu/tg/guide\\_main.jsp](http://sedac.ciesin.columbia.edu/tg/guide_main.jsp)
- ECCP Working Group 7 – Agriculture, 2001: Mitigation potential of Greenhouse Gases in the Agricultural Sector. Programa Europeo sobre el Cambio Climático (ECCP)
- ECCP, 2004a: Working Group Sinks Related to Agricultural Soils. Final Report. Programa Europeo sobre el Cambio Climático (ECCP).
- ECCP, 2004b: Working Group Sinks Related to Agricultural Soils. Executive Summary. Programa Europeo sobre el Cambio Climático (ECCP)
- FAO, 2002: *Organic Agriculture, environment and food security*. Environment and Natural Resources Series 4, Roma, Italia
- Fließbach, A., y Mäder, P., 1997: Carbon Source Utilization by Microbial Communities in Soils under Organic and Conventional Farming Practice. In: (Eds. Insam H and Ranggner A) *Microbial Communities – Functional versus Structural Approaches*. Berlin. pp. 109-120.
- Gehlen, P., 1987: *Bodenchemische, bodenbiologische und bodenphysikalische Untersuchungen konventionelle und biologisch bewirtschafteter Acker-, Gemüse-, und Weinbauflächen*. Dissertation. Univ. Bonn. Alemania
- IPCC, 2001: *Cambio Climático 2001: La Base Científica (Resumen Técnico)*. Aportación del Grupo de Trabajo I al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>
- Jarvis, S.C. y Pain, B.F., 1994: Gaseous emissions from an intensive dairy farming system. *Proceedings of the IPCC AFOS Workshop*. 55-59. Canberra, Australia
- Käterer, T. y Andren, O., 1999: Long-Term Agricultural Field Experiments in Northern Europe: Analysis of the Influence of Management on Soil Carbon Stocks Using the ICBM model. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72(2), 165-179
- Kotschi, J. y Müller-Säman K., 2004: *The Role of Organic Agriculture in Mitigating Climate Change – A Scoping Study*. IFOAM. Bonn
- Langeveld, C.A., Segers, R., Dirks, B.O.M., van den Po Dasselaar, A., Velthof, G.L., y Hensen, A. (1997): Emissions of CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from Pasture and Drained Peat Soils in The Netherlands. *European Journal of Agronomy*. Vol. 7 (1-3): 35-42
- Leigh, R.E. y Johnston, A.E., 1994: *Long-Term Experiments in Agricultural and Ecological Sciences*. CAB International. 448 pp. Wallingford, Reino Unido.
- Mäder, P., Fliebach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P. y Urs, N. (2002): Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. En: *Science* v.296. Págs 1694-1697.
- Malhi, Y., Meir, P. y Browns, S. (2002): *Forests, carbon and global climate*. En: Swinland IR (ed): *Capturing Carbon and Conservating Biodiversity – The market approach*. 368 pags. Londres
- MMA, 2003: *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España. Años 1990-2002*. Comunicación a la Comisión Europea (Decisión 1999/293/CE). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. Diciembre 2003
- Ministerio de Medio Ambiente, 2004: *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. En: *Perfil Ambiental de España 2004. Informe Basado en Indicadores*. Edita: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente. Pp: 42-43
- Mosier A., Valentine, D., Schimel, D., Parton, W. y Ojima, D. (1993): Methane consumption in the Colorado short grass steppe. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 69. Págs. 219-226

Ojima, D.S., Valentine, D.W., Mosier, A.R., Parton W.J., Schimel D.S. (1993): Effect of land use change on methane oxidation in temperate forest and grassland soils. *Chemosphere* 26: Págs. 675-685

Prather, M., Derwent, R., Ehhalt, D., Fraser, P., Sanhueza, E., y Zhou, X., 1995: Other trace gases and atmospheric chemistry. En: *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios* (Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Bruce, J., Lee, H., Callander B.A., Haites, E., Harris, N., Maskell, K. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge U.K.-N.York, Págs 73-126

Pretty, J.N. y Ball, A., 2001: *Agricultural Influences on Carbon Emissions and Sequestration: A review of Evidence and the Emerging Trading Options*. Centre for Environment and Society. Occasional Paper 2001-03. University of Essex, R.Unido

Pretty, J.N., 1995: *Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance*. Earthscan. Londres, Reino Unido

Raupp, J. (2001): Manure Fertilization for Soil Organic Matter Maintenance and its Effects upon Crops and the Environment, Evaluated in a Long-Term Trial: En: Rees, R.M., Ball, B.C., Campbell, C.D., Watson, C.A. (eds.), *Sustainable Management of Soil Organic Matter*. CAB International, Wallingford, Reino Unido; 301-308

Schlesinger, W.H., 1999: Carbon Sequestration in Soils. *Science* 284, pág.: 2095

Schröder, P., 1994: Carbon storage benefits of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 27: 89-97

Smith, W.N., Desjardins, R.L. y Patti, E., 2000: The Net Flux of Carbon from Agricultural Soils in Canada 1970-2010. *Global Change Biology*. 6. Pp: 557-568

Steffen, W., Noble, I., Canadell, J., Apps, M., Schulze, E.D., Jarvis, P.G., Baldocchi, D., Ciais, P., Cramer, W., Ehleringer, J., Farquhar, G., Field, C.B., Ghazi, A., Gifford, Heimann, M., Houghton, R., Kabat, P., Körner, C., Lambin, E., Linder, S., Mooney, H.A., Murdiyarso, D., Post, W.M.; Prentice, C., Raupach, M.R., Schimel, D.S., Shvidenko, A., Valentini, R.. (1998) : *The Terrestrial Carbon Cycle: Implications For The Kyoto Protocol*. *Science* 280; 1393-1394

UNFCCC, 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

UNFCCC, 1997. Protocolo de Kyoto de la UNFCCC

UNFCCC, 2001a. Acuerdos de Bonn. 6ª Conferencia de las Partes (COP6bis)

UNFCCC, 2001b. Acuerdos de Marrakesh. 7ª Conferencia de las Partes (COP7)

Universidad de Alberta, 2003: *Development of a Farm-Level Greenhouse Gas Assessment: Identification of Knowledge Gaps and Development of a Science Plan*. AARI Project Number 2001J204. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. University of Alberta (Canadá).

Vleeshouwers, L.M. y Verhagen, A., 2002: Carbon Emission and Sequestration by Agricultural Land Use: A Model Study for Europe. *Global Change Biology*. 8. Página 519.

WBGU, 1998: *The Accounting of Biological Sinks and Sources Under Kyoto Protocol: A Step Forward or Backwards for Global Environmental Protection?*. German Advisory Council on Global Change (WBGU).

Zeddies, J., 2002: Vermeidungspotenziale der Landwirtschaft: Ziele und Handlungsoptionen. In: *Tagungsband zur 34. Hohenheimer Umweltagung Globale Klimaerwärmung und Ernährungssicherung*, 25. Januar 2002, Hrsg. R. Böcker, Verlag Günther Heimbach