

Contribución de la
agricultura ecológica
a la mitigación del
cambio climático

en comparación con la agricultura convencional



Sociedad Española de Agricultura Ecológica

Índice

Préambulo 3

1. Introducción 5

2. Antecedentes 7

12 *Mecanismos de Kioto o de flexibilidad*

3. Agricultura y cambio climático 15

21 **3.1** Dióxido de carbono

25 **3.2** Metano y óxido nitroso

4. La mitigación del cambio climático 27

29 **4.1.** Opciones para limitar o reducir
las emisiones de gases de efecto invernadero
y promover los sumideros de CO₂

31 **4.2.** El papel de la agricultura ecológica
en la mitigación de GEIs

41 **4.3.** Medidas legislativas y políticas

43 **4.4.** ¿Qué podemos hacer para mitigar el
cambio climático?

5. Conclusiones 47

Anexos 48

48 Abreviaturas

49 Bibliografía

54 Conclusiones de los principales trabajos pre-
sentados en eventos de SEAE

Préambulo

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 la Organización de las Naciones Unidas, siendo uno de los resultados más conocidos el denominado Protocolo de Kioto, que establece acciones concretas para la reducción de 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 Kioto y ponen los medios para que los países firmantes puedan cumplir este compromiso contabilizando la captación de CO₂ 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 CH₄ y N₂O y, en menor medida aunque también importante, de CO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ de los suelos agrícolas en la UE-15 es de 60 a 70 Mt al año, lo que supone del 1,5 al 1,7% de las emisiones antropógenas de CO₂ y constituiría el 19-21% de la reducción total de 337 Mt de CO₂ año⁻¹ a la que se ha comprometido la UE-15 para el periodo 2008-2012. El potencial de la agricultura ecológica como sumidero de CO₂ es reconocido en el Informe Final del mencionado grupo de trabajo sobre sumideros, más si consideramos que la tendencia en la agricultura convencional es comportarse como contribuyente del calentamiento global en lugar de ser un factor de protección.

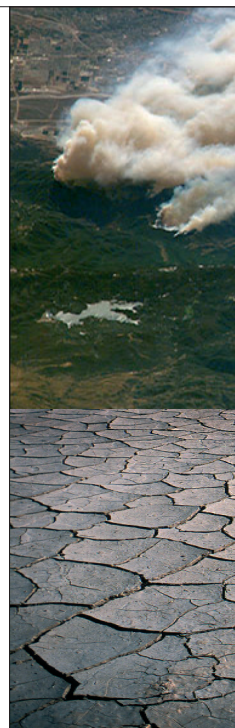
El presente informe compara y analiza los sistemas de producción convencional y ecológica en lo referente al balance de GEIs emitidos (directa e indirectamente) y CO₂ capturado, en base a la información existente. Dicho análisis pone de manifiesto el mayor potencial de la agricultura ecológica para mitigar el cambio climático, en relación a la agricultura convencional. Se recomienda corroborar estas conclusiones con estudios de caso en España.



1 Introducción

El sistema climático está determinado por un complejo sistema de variables, que se distorsiona debido a la actividad económica humana no sostenible (fundamentalmente por la emisión de combustibles fósiles y otros gases). Esto provoca un calentamiento global en el que están involucrados, y cada vez de forma más grave, procesos de deforestación y desertización, la desaparición de la biodiversidad, el agujero de la capa de ozono, la disminución de agua dulce subterránea y de superficie, etc.

El calentamiento global (y desigual) de la superficie de la Tierra hace que los ciclos naturales de energía, agua, carbono, oxígeno y nitrógeno se alteren. La variación de uno sólo de estos factores produce un efecto en cadena que realimenta daños e impactos ambientales que, a su vez, aceleran el mismo cambio climático.



Capítulo 2

Antecedentes



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_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF_6). Las emisiones comenzaron a aumentar drásticamente en el siglo XIX debido a la Revolución Industrial y los cambios en el uso de la tierra. Muchas actividades que producen GEIs resultan hoy esenciales para la economía mundial y forman una parte fundamental de la vida.

La Fig. 1 muestra la contribución de cada gas o grupo a las emisiones totales de España en el año 2002. Si agrupamos los gases por la importancia de sus contribuciones obtenemos tres conjuntos. El CO_2 , con más del 80%, determina en gran medida el total de las emisiones. El grupo del CH_4 y el N_2O , con una cuota del 18%, se configura como el segundo bloque en importancia. Finalmente aparece el conjunto de los gases fluorados con una contribución inferior al 2%.

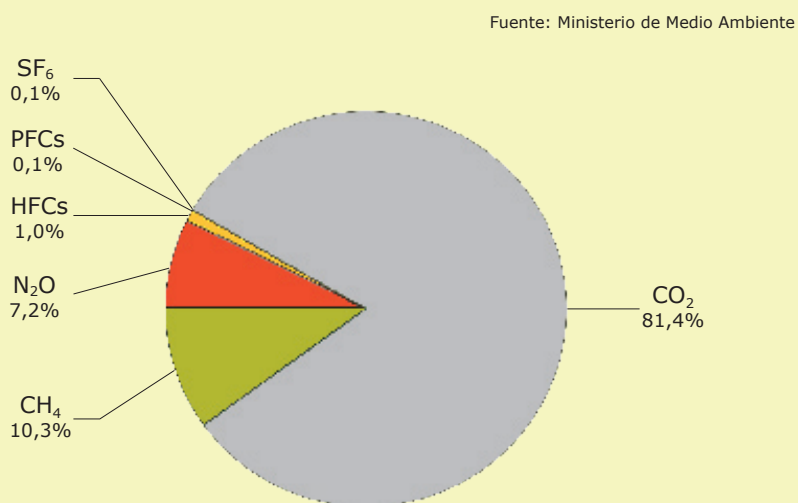


Figura 1. Distribución por gases de las emisiones de España en el año 2002

Según datos del Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC, 2001) la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera ha aumentado de 280 ppm en 1750 a 367 ppm en 1999 (31% de incremento). La concentración actual de CO₂ 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 (CH₄) en la atmósfera han aumentado en un 150% desde 1750, no habiendo sido superadas en 420.000 años (IPCC, 2001). El CH₄ es el GEI más importante en la atmósfera después del vapor de agua y el CO₂ (IPCC, 2000) aunque su potencial de calentamiento de la tierra es mucho mayor (Cuadro 1) contribuyendo aproximadamente en el 15% del calentamiento global de la tierra (Bockisch, 2000 citado por Kotschi y Müller-Säman, 2004).

La concentración de oxido nitroso (N₂O) 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 (Cuadro 1).

Cuadro 1. **Potencial de Calentamiento de la Tierra (PCT) de los GEI aportados por la agricultura en comparación al CO₂**

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

- ^a Los PCT del metano incluyen una contribución indirecta de la producción de H₂O y O₃ 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

Las investigaciones desarrolladas por científicos de todo el mundo, reunidos en el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, IPCC, apuntan que los cambios en el clima pronosticados pueden llevar a transformaciones negativas e irreversibles en los sistemas de la tierra. De acuerdo con el IPCC (2001), la temperatura media global se ha incrementado alrededor de 0,6 °C a lo largo de los últimos cien años, siendo el incremento en España superior al promedio europeo, de 0,95 °C (AEMA). Globalmente, la década de los 90 fue la más cálida de las registradas y 1998 el año más cálido. El incremento de temperatura es sólo uno de los indicios del cambio climático, que viene acompañado de otros fenómenos colaterales, entre los que destaca: el aumento del nivel de los océanos, la modificación en el patrón de los vientos, la cantidad y frecuencia de precipitaciones, y la mayor incidencia de fenómenos meteorológicos extremos (OECC).

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. Dicha Convención, reconoce por primera vez, en términos políticos y jurídicos, la existencia del problema del cambio climático y la contribución de las actividades humanas al mismo. Establece, como objetivo último, lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

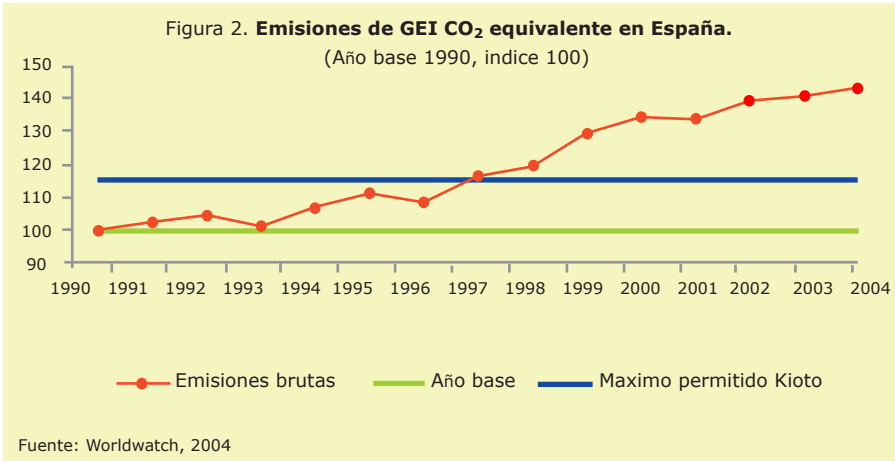
La Convención recoge los siguientes compromisos básicos:

- Compromisos generales para todos los países: elaboración de inventarios de emisiones; puesta en marcha de programas de contención de emisiones y de adaptación; cooperación al desarrollo; transferencia de tecnología y fomento de la investigación, educación y sensibilización.
- Compromisos específicos para los países desarrollados: adoptar medidas para limitar emisiones y proteger sumideros; informar regularmente de las medidas adoptadas y proporcionar recursos financieros a los países en desarrollo; así como facilitar la transferencia de tecnologías limpias.

Uno de los resultados de esta Convención es el denominado "Protocolo de Kioto", documento que establece acciones concretas para la reducción de los gases de efecto invernadero. En virtud del Artículo 3.1 del Protocolo de Kioto, 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 CO₂, N₂O y CH₄, y 1995 para los HFCs, PFCs y SF₆. Para lograr este objetivo y de acuerdo con el principio de responsabilidades comunes y diferenciadas, a cada país desarrollado se le asigna una cuota de reducción (p.e. EEUU (-7%), Japón (-6%), UE (-8%)). A su vez la UE ha redistribuido su objetivo entre los Estados Miembros, según su nivel de desarrollo económico. En este reparto que se conoce como "burbuja comunitaria", a España le corresponde un incremento de un más 15% (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.

En la Fig. 2, podemos observar las emisiones de gases de efecto invernadero, expresadas en CO₂ equivalente, desde el año base 1990 hasta el 2004 y el nivel de estabilización de las emisiones al que España se ha comprometido (115%).



Distintas disposiciones del Protocolo de Kioto (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 Kioto, el secuestro de carbono en los suelos agrícolas puede ser contabilizado en el balance total de CO₂. 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 (UNFCC, 2001a) y Marrakesh (UNFCC, 2001b), adoptados por los países participantes en la UNFCCC, clarifican la aplicación del Artículo 3.4 del Protocolo de Kioto y establecen directivas vinculantes para contabilizar e informar sobre los sumideros agrícolas y forestales de carbono.

Mecanismos de Kioto o de flexibilidad

Los países que figuran en el Anexo I del Protocolo de Kioto (básicamente países industrializados y en transición) están comprometidos a reducir sus emisiones, para lo cuál se plantean tres mecanismos (Mecanismos de Kioto o de flexibilidad, artículos 6, 12 y 17) diseñados para incrementar la costo-efectividad de la mitigación del cambio climático, al crear opciones para que las Partes Anexo I puedan reducir sus emisiones y aumentar sus sumideros de carbono de una manera más económica. Aunque el costo de limitar emisiones o expandir la captura varía mucho entre las regiones, el efecto de la atmósfera es el mismo sin importar donde se lleven a cabo dichas acciones. 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 tres mecanismos son:

■ **Implementación Conjunta (IC):** El artículo 6 señala que todas las Partes Anexo I podrán transferir a cualquier otra Parte incluida en el mismo Anexo, o adquirir de ella, las Unidades de Reducción de Emisiones (ERUs) resultantes de proyectos encaminados a reducir las emisiones antropogénicas de GEIs por las fuentes o incrementar la absorción antropogénica por los sumideros. Las ERUs podrán ser utilizadas por las Partes que inviertan en dichos proyectos para cumplir sus metas de reducción.

■ **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL):** El artículo 12 funciona de manera similar al de IC, se refiere a actividades de mitigación del cambio climático entre los países industrializados o Anexo I y los países en desarrollo o no Anexo I. Este mecanismo permite a los países industrializados comprometidos en reducir las emisiones de GEIs efectuar dichas reducciones mediante acciones, a través de proyectos, en los países en desarrollo donde los costos de reducción son inferiores.

Los objetivos del MDL son: contribuir a la mitigación del cambio climático, ayudar a los países industrializados (Anexo I) en el cumplimiento de sus compromisos de reducción de GEIs y contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible de los países en desarrollo (No Anexo I).

■ Comercio Internacional de Emisiones (CIE): El artículo 17 del Protocolo de Kioto establece que las Partes del Anexo I podrán participar en actividades de comercio de "Certificados de emisión de gases de efecto invernadero".

Los países del Anexo 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 Internacional de Emisiones (CIE) 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.

Se debe asumir que en el futuro los tres mecanismos de flexibilidad serán aplicables para la agricultura. Por ello, es importante desarrollar metodologías para contabilizar la agricultura para la IC y MDL así como en parte del CIE, anticipándose a la primera fase de compromisos (2008-2012). En este proceso, se deben resolver todavía muchas cuestiones metodológicas. En el caso de la agricultura ecológica el principal asunto es establecer una línea de base, de los impactos adicionales, auxiliares, permanentes, y escapes de las normativas prácticas de la agricultura ecológica. Para ello es fundamental examinar los impactos en casos prácticos.



Capítulo 3 Agricultura y cambio climático



La agricultura representa la mayor proporción de uso de tierra por el hombre y es una fuente importante de emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero.

Los distintos ecosistemas terrestres actúan como fuentes de emisión y como sumideros de dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4), 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_4 y N_2O , y en menor medida aunque también importante, de CO_2 . Las prácticas agrícolas intensivas, como la cría de ganado, el cultivo de arroz, y el uso de fertilizantes emiten más del 50% del metano proveniente de actividades humanas y gran parte del óxido nitroso. Se piensa que el aumento del 31% de CO_2 atmosférico desde 1750 es el responsable del 60% del calentamiento inducido por los GEIs (Malhi *et al.*, 2002); el N_2O contribuye en un 6% (IPCC, 2001) y el metano en aproximadamente el 15% (Bokisch, 2000 según cita de Kotschi y Müller-Säman, 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 *et al.*, 1997).

En la Unión Europea, las principales fuentes de emisión de GEIs en agricultura son N_2O debido básicamente al uso de abonos nitrogenados, N_2O y CO_2 procedente de los suelos ricos en materia orgánica (arrozales y turberas, p.e.), N_2O y CO_2 procedentes de la fermentación intestinal y CH_4 y N_2O 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_4 y el 51% de las de N_2O en 1990. Incluyendo las emisiones de CO_2 , el 11% del total de emisiones de GEIs en 1990 pueden ser atribuidas al sector agrario.

Aunque el potencial de calentamiento de la tierra del CO_2 es relativamente bajo (Cuadro 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_2 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_2 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.

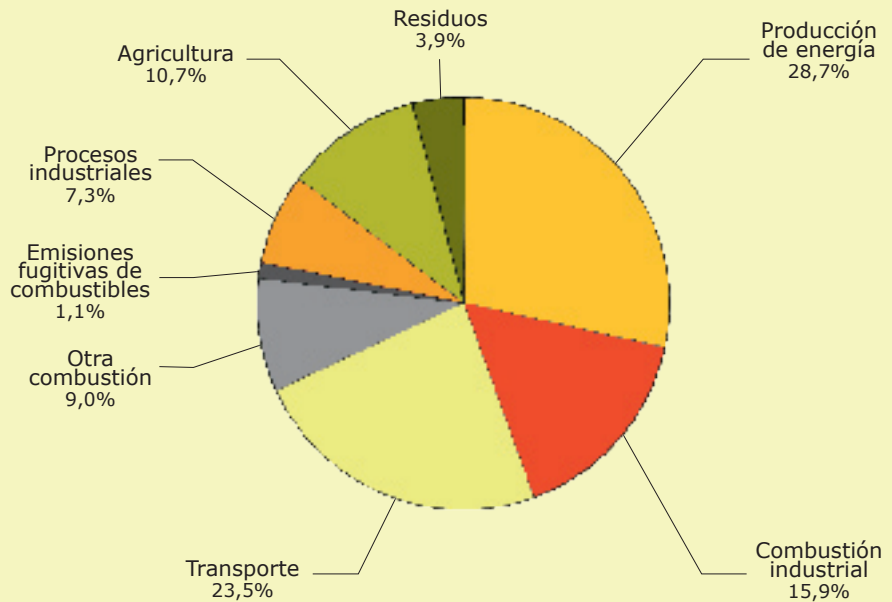


Figura 3. **Distribución por sectores de las emisiones de España en el año 2002**

El cambio climático afectará a la agricultura, a las actividades forestales y a la pesca de formas complejas, tanto positivas como negativas. Se puede esperar que las concentraciones globales de dióxido de carbono en la atmósfera aumenten de 350 ppm a 400 ppm para 2030. El CO₂ hace que los estomas de las plantas se estrechen, por lo que se reducen las pérdidas de agua y mejora el rendimiento en el uso de agua. El aumento en las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera también estimulará la fotosíntesis y tendrá un efecto fertilizante en numerosos cultivos.

Se prevé que las temperaturas globales medias aumenten entre 1,4 y 5,8°C para 2100. En el año 2030 el incremento será bastante inferior a éste, entre 0,5 y 1°C. El aumento será mayor en latitudes templadas. En éstas, el calentamiento global puede aportar beneficios para la agricultura. Las superficies adecuadas para cultivo aumentarán, la duración del período de cultivo aumentará, los costos de proteger el ganado durante inviernos largos disminuirán, los rendimientos de los cultivos mejorarán y los bosques pueden crecer con mayor rapidez. Sin embargo, estas ganancias pueden verse reducidas por la pérdida de algo de tierra fértil por inundación, especialmente en las llanuras costeras.

En zonas peor dotadas de agua, especialmente en los trópicos, el aumento de las temperaturas aumentará las pérdidas por evapotranspiración y reducirá los niveles de humedad del suelo. Algunas zonas cultivadas se harán inadecuadas para el cultivo y algunas de las zonas de pastos tropicales pueden hacerse cada vez más áridas.

El aumento de la temperatura también hará que aumente la gama de insectos dañinos para la agricultura e incrementará la capacidad de supervivencia de las plagas durante el invierno, que atacarán los cultivos de primavera. En los océanos, el aumento de la temperatura puede reducir el desarrollo del plancton, decolorar los arrecifes de coral y perturbar las pautas de crianza y alimentación de los peces. Las especies de agua fría, como el bacalao, pueden ver reducida su gama.

Unas temperaturas globales más altas también harán que aumente la pluviosidad. Sin embargo, las precipitaciones no se distribuirán de la misma manera entre las distintas regiones. De hecho, está previsto que en algunas zonas tropicales como el Asia meridional y el norte de América Latina reciban menos precipitaciones que antes.

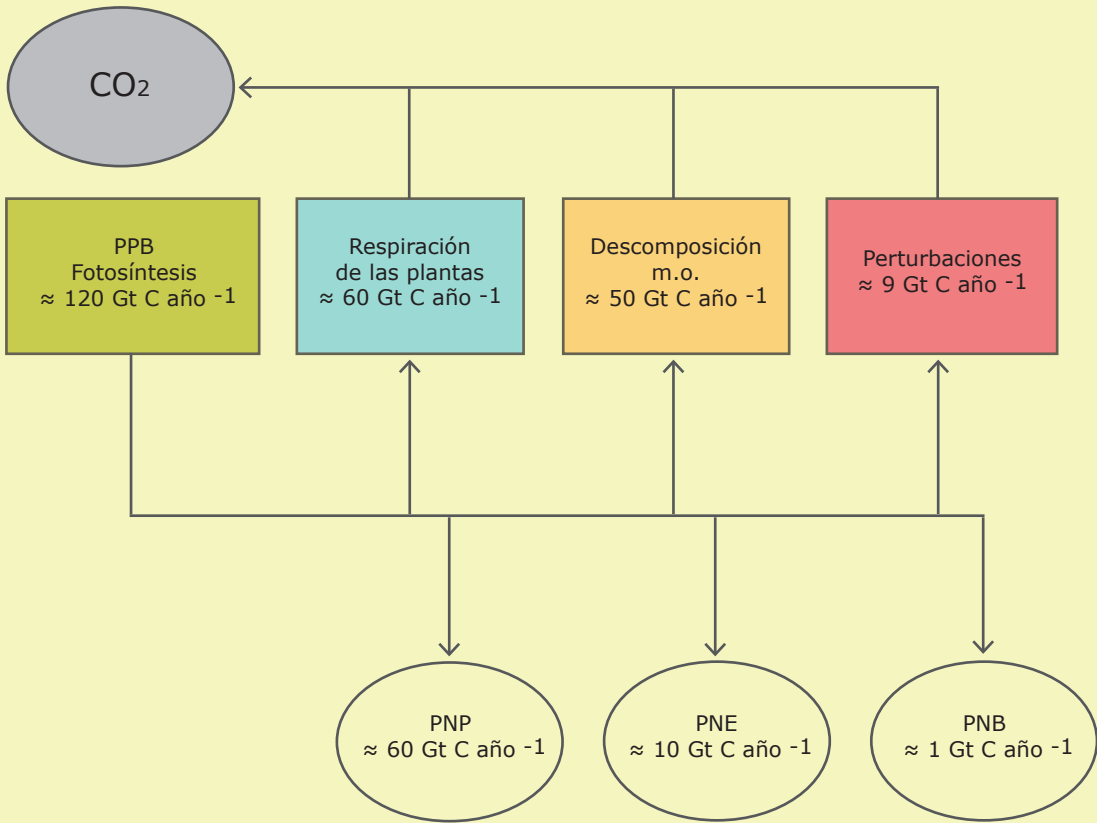
También se espera que el clima se haga más variable que en la actualidad, con aumentos de la frecuencia y gravedad de acontecimientos extremos como ciclones, inundaciones, tormentas de granizo y sequías. Esto provocará mayores fluctuaciones en los rendimientos de los cultivos y en la oferta local de alimentos, así como mayores peligros de desprendimientos de tierras y daños por erosión.

Se espera que el nivel medio del mar aumente de 15 a 20 cm para 2030, y 50 cm para 2100. El aumento provocará la pérdida de tierras bajas por inundación, infiltración de agua de mar y mareas a causa de tormentas. El asentamiento debido a una extracción excesiva de aguas subterráneas puede exacerbar el problema de la infiltración en algunas zonas. También se producirán daños en los cultivos de hortalizas y en la acuicultura en zonas bajas y en pesquerías que dependan de manglares para sus terrenos de desove. Los efectos serán más graves en zonas costeras, especialmente en deltas densamente poblados y utilizados para la agricultura, del tipo de los que se encuentran en Bangladesh, China, Egipto y la India y las tierras continentales de Asia meridional. Sólo en la India, las pérdidas para 2030 pueden alcanzar la cifra de 1.000 a 2.000 km², lo que provocará la destrucción de 70.000 a 150.000 medios de existencia.

Todavía hay incertidumbres considerables en la mayoría de las proyecciones. El efecto global sobre la producción de alimentos en 2030 será probablemente pequeño: por ejemplo, está previsto que los rendimientos de cereales disminuyan aproximadamente el 0,5% para el decenio de 2020. Pero habrá grandes variaciones regionales: se piensa que es posible un aumento de los rendimientos en las regiones templadas; en el Asia oriental, el Sahel y el África meridional el resultado podría ser positivo o negativo; en otras regiones en desarrollo lo más probable es que se produzca una disminución de los rendimientos. En todos estos casos, el cambio potencial de los rendimientos es del 2,5% o menos, hacia arriba o hacia abajo, para 2030 y del 5% o menos para 2050.



Figura 4. **Potencial de captación de carbono por la biosfera**



Fuente: IPCC, 2000

El carbono se intercambia de forma natural entre los ecosistemas terrestres y la atmósfera por medio de la fotosíntesis, la respiración, la descomposición y la combustión. Esto constituye el ciclo del carbono. El potencial de secuestro de la biosfera terrestre en la captación de carbono queda resumida en la Fig. 4. La Producción Primaria Bruta (PPB) es la absorción de carbono atmosférico por las plantas como consecuencia de la fotosíntesis (aproximadamente 120 Gt C año⁻¹). Las pérdidas como consecuencia de la respiración de las plantas da como resultado la Producción Neta Primaria (PNP, aprox. 60 Gt C año⁻¹). Posteriores pérdidas debido a la descomposición de la materia orgánica (aprox. 50 Gt C año⁻¹) reducen esta captación en la denominada Producción Neta de Ecosistema (PNE, aprox. 10 Gt C año⁻¹). 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 $0,7 \pm 1$ Gt C año⁻¹ (IPCC, 2000).

La biosfera terrestre en su conjunto ha ganado carbono durante los años ochenta y noventa, es decir, que el CO₂ 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 secuestro de CO₂ por los ecosistemas vegetales terrestres constituye un componente importante en el balance global de carbono. En el caso de la agricultura es el aumento de carbono en el suelo, la forma más efectiva de captar carbono de una forma más o menos permanente. Otra de las formas más efectivas es la producción de biofueles que sustituyan el uso de combustibles fósiles (Sanz, 2002).

España ha asumido el compromiso de limitar el incremento de sus emisiones netas (emisión menos absorción) de 6 gases de efecto invernadero al 15% respecto de lo emitido en el año 1990, que se toma como año base, durante el quinquenio 2008-2012. Es importante destacar que el compromiso de Kioto se refiere a las emisiones netas, por lo que habrá que tener en cuenta el papel de los bosques como sumideros de carbono y la utilización de los mecanismos de flexibilidad para calcular el balance neto de las emisiones de España. En el año 2004 el índice anual de las emisiones de España estaba en torno al 145% que supera en mucho el 115% comprometido, con lo que la situación es complicada y no resulta nada fácil de resolver.

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 CO₂ 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 (Sherbinin, 2002).

También la agricultura itinerante, las explotaciones madereras (Kotschi y Müller-Säman, 2004) y la intensificación de la agricultura (Mahli *et al.*, 2002) son citados como factores de cambio que han aumentado asimismo las emisiones de CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ y constituiría el 19-21% de la reducción total de 337 Mt de CO₂ año⁻¹ 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 GEIs que cada país firmante del Convenio Marco sobre el Cambio Climático está obligado a elaborar anualmente (Steffen *et al.*, 1998) .



Cuadro 2. **Estimaciones globales de fuentes recientes de emisión de CH₄ y N₂O que están influenciadas por las actividades de uso de la tierra (Prather *et al.*, 1995 citado en IPCC, 2000).**

Fuentes de CH ₄	Mt CH4 año ⁻¹	Gt C-eq año ⁻¹ a b
Ganadería (fermentación intestinal y residuos)	110 (85-130)	0.6 (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)
Fuentes de N ₂ O	Mt N año ⁻¹	Gt C-eq año ⁻¹ a c
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)

a 12 Gt C-equivalente = 44 Gt CO₂-equivalente.
b Emisiones de carbono-equivalente basadas en un Potencial de Calentamiento Global del CH₄ de 21.
c Emisiones de carbono-equivalente basadas en un Potencial de Calentamiento Global del N₂O de 310.

Fuente: IPCC, 2000

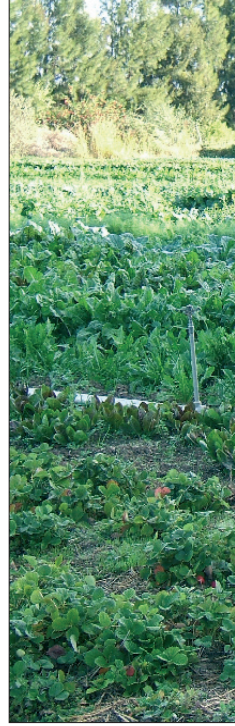


Las fuentes emisoras del metano atmosférico son tanto naturales (p.e. humedales) como inducidas por el ser humano (p.e. agricultura, actividades de gas natural y vertederos). Según Ahlgrimm y Gaedeken (1990) citados por Kotschi y Müller-Säman (2004) dos terceras partes de las emisiones totales de CH_4 son de origen antropógeno y la mayoría provienen de la agricultura.

Aunque parecen haberse identificado los principales contribuyentes al balance mundial del CH_4 , la mayoría de ellos son bastante inciertos cuantitativamente, por la dificultad de evaluar los índices de emisión de fuentes muy variables en la biosfera. El suelo se considera el único sumidero significativo de CH_4 (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_2O 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_2O 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_2 (desnitrificación). Por tanto, la fertilización nitrogenada (orgánica y mineral) y el nitrógeno fijado por las leguminosas aumentan las emisiones de N_2O (Bouwman, 1990, Houghton *et al.*, 1992 – IFOAM ref).





Capítulo 4

La mitigación del cambio climático



Modelos de desarrollo distintos dan como resultado emisiones de gases de efecto invernadero muy diferentes. Los escenarios de mitigación evaluados por el IPCC sugieren que el tipo, magnitud, calendario y costes de la mitigación dependen de las circunstancias socio-económicas nacionales, de las opciones tecnológicas y del nivel deseado de estabilización de la concentración de GEIs en la atmósfera.

Las políticas de mitigación del cambio climático pueden ayudar a promover el desarrollo sostenible, siempre que sean consistentes con unos objetivos sociales más amplios. Algunas acciones pueden dar lugar a beneficios extensivos a campos como: la salud humana, el empleo, la protección de los bosques, los suelos y las aguas, la innovación tecnológica, entre otros.

Las diferencias en la distribución de los recursos (tecnológicos, naturales y financieros) entre naciones y regiones, así como las diferencias en los costes, son cuestiones clave en el análisis de las opciones de mitigación, así como en el debate sobre la diferente contribución de los países. Los escenarios de estabilización de GEIs evaluados en el tercer informe del IPCC asumen que los países desarrollados y aquellos con economías en transición serán los primeros en limitar y reducir las emisiones.

La FAO propone las siguientes medidas para reducir las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero:

- Eliminar subvenciones e introducir impuestos medioambientales en el uso de fertilizantes químicos y energía.
- Mejorar la eficacia del uso de fertilizantes
- Desarrollar variedades de arroz que emitan menos metano
- Mejorar la gestión de los residuos del ganado
- Restaurar tierra degradadas
- Mejorar la gestión de los residuos de los cultivos
- Expandir la explotación agroforestal y la reforestación

Opciones para limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover los sumideros de CO₂

Desde la realización del segundo informe del IPCC, en 1995, se han producido progresos tecnológicos significativos y a una velocidad mayor de la que se anticipaba. Las posibilidades tecnológicas para reducir las emisiones son en la actualidad significativamente más amplias.

Entre las novedades que mejoran la capacidad de respuesta humana ante el problema podemos citar la mejora de la eficiencia y la gestión energética, el cambio a los combustibles de biomasa y con bajo contenido en carbono, las energías renovables, las tecnologías de emisión cero, la reducción de subproductos industriales y el almacenamiento subterráneo de dióxido de carbono.

Los bosques, tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen un potencial de mitigación significativo. El "almacenamiento" del carbono por la vegetación de estas zonas puede dar tiempo, además, para que se desarrollen y pongan en marcha otras opciones. Este tipo de mitigación que podemos llamar biológica, puede seguir tres estrategias: (a) la conservación de las reservas de carbono ya existentes, (b) la fijación de carbono por aumento de las mismas, y (c) la promoción de productos biológicos producidos de manera sostenible.; por ejemplo, la madera, en vez de materiales de construcción que requieren fuertes gastos energéticos en su elaboración, o la biomasa en lugar de algunos combustibles fósiles.

La mayoría de las previsiones indican que las opciones tecnológicas conocidas podrían conseguir un amplio margen de niveles de estabilización del CO₂ atmosférico, pero la puesta en marcha de las mismas requiere cambios socio-económicos e institucionales. Los cambios en las normas colectivas y en los comportamientos individuales pueden tener efectos significativos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los modelos actuales incentivan la producción y el consumo intensivo de recursos, por ejemplo en los sectores de la construcción y el transporte, que a su vez aumentan la emisión de gases de efecto invernadero. Pero es posible, a través del aprendizaje social y los cambios de la estructura institucional, combinados con la innovación tecnológica, hacer contribuciones relevantes a la mitigación del cambio climático mediante una transformación hacia sistemas y hábitos sostenibles.



La agricultura ecológica contribuye al ciclo de carbono de diversas formas: cerrando los ciclos de nutrientes (incluyendo la ganadería en sistemas agrícolas), autoabasteciendo de recursos e insumos y utilizando recursos locales; manteniendo las características físico-químicas de los suelos; reduciendo la erosión gracias a la utilización de cubiertas vegetales y setos; utilizando un mayor porcentaje de fuentes energéticas renovables y un menor consumo directo de combustible fósil (maquinaria y mano de obra) e indirecto (evita usar productos que requieren alto coste energético en su fabricación como fertilizantes de síntesis, herbicidas, pesticidas, alimentos para animales,...)



Además su contribución al medio ambiente es mucho más extensa, ya que conserva la biodiversidad (flora, fauna y microorganismos del suelo), la calidad del agua (menor contaminación por nitratos, fósforo y pesticidas, menor coste energético de recuperación de aguas para su reutilización), menores emisiones de óxido nítrico y dióxido de carbono, importante eficiencia energética en ciertos tipos de sistemas, mejor balance de nutrientes en la superficie del suelo, menor generación de residuos y embalajes y no utiliza sustancias que dañen la capa de Ozono.

La agricultura ecológica puede reducir sensiblemente las emisiones de CO₂ al tratarse en primer lugar de un sistema permanente de producción sostenida, evitando el obligado desplazamiento de cultivos por agotamiento del suelo (Kotschi y Müller-Säman, 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.

Esto es así, debido a que en agricultura ecológica la fertilidad del suelo se mantiene a través de insumos internos (estiércol, producción de leguminosas, amplias rotaciones de cultivo, etc.). Por otro lado, se reduce la energía necesaria para producir fertilizantes químico-sintéticos y agentes de protección de plantas, a los que se renuncia en esta agricultura. Por último, se limita el uso de alimentos animales externos que en muchas ocasiones son transportados desde largas distancias antes de ser consumidos.

Ello tiene como consecuencia que los métodos de agricultura ecológica, ofrecen un balance energético más favorable, en casi todos los casos.

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

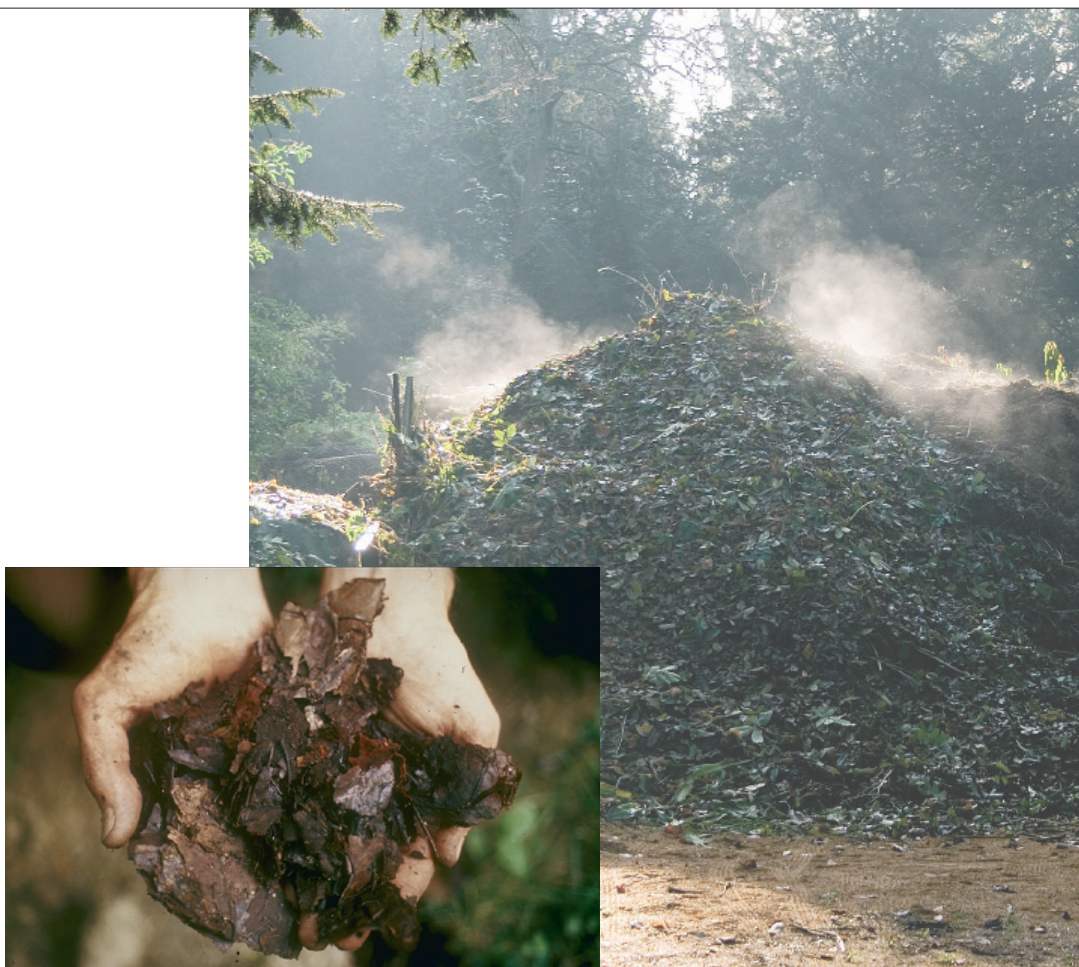
País y cultivo	Uso de energía Ratio de ecológica a convencional (%)	% aumento en la energía requerida para un 1% de aumento de cosecha en sistemas convencionales
Reino Unido		
Trigo de invierno	38	+3.5
Patata	49	+4.9
Zanahoria	28	+1.6
Brócoli verde	27	+4.2
EEUU		
Trigo	68	+1.7
Filipinas		
Arroz	33	+7.2

Fuente: Kotschi y Müller-Säman (2004) (Pretty y Ball (2001); adaptado de Pretty, 1995; Cormack y Metcalfe, 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 CO₂ de 0 a 1,98 toneladas por ha y año, dependiendo de las prácticas aplicadas.

Diferentes experimentos de largo plazo ofrecen evidencia de que la adición regular de materiales orgánicos al suelo, es la única vía para mantener o incrementar el carbono orgánico en el suelo. El desarrollo sistemático de tecnologías de fertilización orgánica ha sido una de las principales preocupaciones de la agricultura ecológica desde hace varias décadas en el que se han alcanzado resultados interesantes.

Por último, las rotaciones largas y diversificadas, así como el cultivo de leguminosas, característico de la agricultura ecológica, contribuyen también a incrementar el carbono orgánico del suelo.



Los elementos clave de este desarrollo han sido:

- la optimización de la cantidad y la aplicación de estiércoles, cuyos elementos básicos han sido la integración de la producción agrícola vegetal y animal y el reciclaje sistemático de desperdicios orgánicos.
- la mejora de las técnicas de elaboración o procesado de residuos orgánicos para obtener una alta calidad de estiércol. A través del compostaje de residuos animales y vegetales se minimizan las pérdidas en los procesos de humidificación, obteniéndose una alta proporción de humus sólido.

Cuadro 4. **Medidas para incrementar los stocks de carbono en los suelos agrícolas y tasas de secuestro potencial de carbono (t CO₂ ha⁻¹ y año⁻¹) (EPCC, 2004a).**

Medida	Tasa de secuestro potencial de carbono en el suelo (t CO ₂ ha ⁻¹ y año ⁻¹)	Grado de incertidumbre 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

Fuente: ECCP, 2004a

En el Cuadro 4 se incluyen algunas de las medidas que pueden incrementar las tasas de secuestro de carbono en los suelos de uso agrícola.

- 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⁻¹; 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 t ha⁻¹ y 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 AE 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.

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 y Andren, 1999; Leigh y Jhonston, 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 y Müller-Säman, 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 CO₂ a la atmósfera (Heenan *et al.*, 2004).

Según Raupp (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 y Müller-Säman (2004) (Bachinger 1996; Raupp, 1995; Fliebbach y Mäder, 1997 y Gehlen, 1987) demuestran que la biomasa microbiana y la ratio 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 y Müller-Säman, 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 y Müller-Säman, 2004).

Según la información reflejada en el Cuadro 5, la diferencia en la eficiencia de captación de carbono en agricultura ecológica respecto de la convencional es 20,2 t/ha de CO₂. Si tomamos los datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en 2005, la superficie de agricultura ecológica es de 807.569 ha lo que se traduciría en una eficiencia de captación de carbono de 33.514.113 t de CO₂. Si la superficie de agricultura ecológica aumentara en un 20%, la eficiencia de captación del carbono alcanzaría las 40.216.936 t de CO₂.

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

Toneladas de CO ₂ / ha			
	Ecológica	Convencional	Diferencia
Cultivo comercial (cash crops)			
Biomasa vegetativa	3.76	4.95	-1.18
Biomasa radicular	1.44	0.89	0.55
Cultivos de captación (catch crops)			
Biomasa vegetativa	0.55	0.22	0.33
Biomasa radicular	0.22	0.09	0.13
Flora adventicia			
Biomasa vegetativa	0.22	0.04	0.17
Biomasa radicular	0.04	0.01	0.03
Rendimiento bruto (secuestro)	6.23	6.19	0.04
Input de energía (emisión)	0.15	0.29	-0.14
Rendimiento neto (secuestro)	6.08	5.91	0.18
Eficiencia de captación de carbono	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 5 se muestra los resultados de un estudio comparativo sobre la capacidad de secuestro de carbono en sistemas de cultivo convencional y ecológico (Haas y Köpke, 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 CO₂ que Shroeder (1994) establece en un almacenamiento adicional de carbono de 3.9 t/ha y año en climas templados.

Las emisiones de N₂O 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 N₂O. Según Berg (1997), citado por Kotschi y Müller-Säman (2004), la reducción de N en la dieta animal es la opción más barata para reducir las emisiones de N₂O.

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 CH₄. Por el contrario, las aplicaciones periódicas únicamente de urea o amoníaco inhiben la oxidación de CH₄ (Hutsch, 2001). Aunque la técnica del compostaje no se recomienda como una opción de mitigar la emisión de CH₄ (Bates, 2001), la digestión anaeróbica controlada del estiércol y residuos combinado con la producción de biogás es la opción más prometedora para reducir las emisiones de CH₄ (Jarvis y Pain, 1994). También el cambio en la dieta de los rumiantes en la ganadería ecológica puede provocar reducciones en la emisión de este gas (Zeddies, 2002 citado por Kotschi y Müller-Säman, 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 CH₄ 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 y Müller-Säman, 2004). No debemos olvidar que el desarrollo de las ideas fundamentales así como de los equipos e instalaciones requeridas ha sido impulsado por el sector de la agricultura ecológica.

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

Cuadro 6. Potencial de reducción directa e indirecta en la emisión de GEIs derivado de los principios de la agricultura ecológica.			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1. Uso de la tierra agrícola y su manejo			
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	++	-	-
2. Utilización de estiércol y residuos			
Reciclaje de residuos urbanos y compost	++	-	+
Biogás de los purines	-	++	-
3. Ganadería			
Cría y manutención longevas	-	++	+
Restricción de la densidad de estabulado	-	+	+
Reducción de las importaciones de pienso	+	+	-
4. Fertilización			
Restricciones de la externalización de nutrientes	++	-	++
Utilización de leguminosas	+	-	+
Integración de la producción animal y vegetal	++	-	+
5. Cambios en la conducta del consumidor			
Consumo de productos regionales	+++	-	-
Aumento del consumo de vegetales	+	++	-
+++ muy alto, ++ alto, + bajo, - sin potencial			

Fuente: Kotschi y Müller-Säman, 2004.

En general, se puede afirmar que el efecto de la agricultura ecológica en la reducción de GEIs puede ser muy significativa en el caso de CO_2 y N_2O , y en menor medida en el caso del CH_4 (Kotschi, J. y K. Müller-Säman, 2004).

La contribución de la producción ecológica debe servir también para generar servicios ambientales contribuyendo a la reducción del efecto invernadero (generado por otras prácticas agrícolas e industriales). Es una práctica que trata de no contribuir más al cambio climático, garantiza mejor salud para las personas (evita contaminaciones de agua, suelos,...) y da seguridad alimentaria en medio de un cambio de clima que hace peligrar la sostenibilidad de la agricultura (Consejería de Agricultura de Andalucía, 2005).

En los Congresos que organiza SEAE cada dos años, se han presentado diversos trabajos que hacen referencia a la temática que nos ocupa, algunos de ellos son: Molina *et al.* (1998); Sanz (2002); Bobo (2002); Simon *et al.* (2002); Montero *et al.* (1994).



Recientemente el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) ha establecido la **Estrategia española contra el cambio climático y energía limpia** (ECCyEL): Horizonte 2007-2012-2020 y unas medidas urgentes, que ha aprobado el Consejo de Ministros (Ver: http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/)

Entre las **áreas de actuación** previstas en esta estrategia se contemplan dos medidas de apoyo a la producción ecológica en el área de los sumideros y en el sector agrario, que a continuación se describen:

Sumideros (punto 3.3.5), págs. 26

1 Aumento del carbono absorbido en los sistemas agrícolas, la disminución del laboreo, **la producción ecológica**, la producción integrada, la retirada de tierras de cultivo, implantación de cultivos leñosos sustituyendo a uno herbáceo o a otros de menor captación, la forestación de tierras agrícolas, etc.

Sectores difusos (punto 3.3.7.3 Sector agrario) págs. 36

2 Favorecer mediante campañas de sensibilización el consumo de **productos ecológicos**, que reflejen las ventajas de la **producción ecológica**, el aumento de la superficie destinada a esta actividad, destacando la eficiencia conseguida, la disminución de la energía y la reducción del consumo de recursos (consumo de agua) y la carga contaminante de fertilizantes.

Se menciona como indicador la superficie de **cultivos ecológicos** (superficie/superficie cultivada).

Además diversas comunidades autónomas han comenzado a plantear planes de Acción al respecto. En Andalucía, la Junta de Andalucía (2007) ha establecido un Plan de Acción por el Clima 2007-2012, se ha realizado un estudio en el que se exponen un conjunto amplio de medidas concretas y las principales líneas de actuación para la reducción de las emisiones de GEI y la mitigación del cambio climático, que serán promovidas y se desarrollarán de manera coordinada y complementaria entre las diferentes Consejerías de la Junta de Andalucía. El número de áreas de actuación sobre las que se proponen dichas medidas se eleva a doce y el número de medidas propuestas asciende a ciento cuarenta; de ellas, una buena parte están relacionadas con el sector agrario.

En el plan también se recogen una serie de indicadores de seguimiento, con el objetivo de valorar la eficacia de las medidas adoptadas y poder modular

las actuaciones, que en función de los diferentes procesos de seguimiento y evaluación del Programa de Mitigación se realizará una revisión y actualización de los mismos, con la finalidad de que reflejen de forma más adecuada la medición de los resultados que se pretenden alcanzar, así como el grado de ejecución del propio plan. En el modelo escogido se establecen cinco tipologías distintas, siendo "Responses" (respuestas generadas por la sociedad frente a un determinado impacto, que toma la forma de medidas políticas, regulaciones, información o medidas fiscales) el utilizado para los indicadores de la Consejería de Agricultura y Pesca.



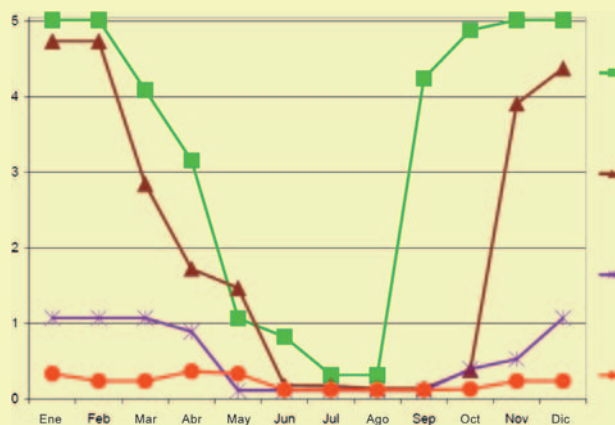
¿Que podemos hacer para mitigar el cambio climático?: Importancia del comportamiento alimentario del consumidor

Los grandes cambios que resultan relevantes para los impactos en el Medio Ambiente son los ocasionados por la demanda de productos frescos de ultramar. Por ejemplo, la renuncia a productos transportados por avión, es una de las principales sugerencias.

Como se indica en el cuadro 6, del apartado anterior, el consumo de productos, en particular alimentos, son los responsables de una parte importante de los impactos sobre nuestro medio ambiente. Por ello, las pautas de comportamiento del consumidor juegan un importante rol en la mitigación del cambio climático.

En la figura 5 se muestra un ejemplo de ello. Las hortalizas consumidas fuera de su época de producción, provocan mucho mayor consumo de energía e impactos sobre el medio ambiente en comparación con el consumo de productos locales, cultivados al aire libre una serie impactos.

Figura 5. Necesidad de energía fósil en la compra de hortalizas en diferentes épocas del año (lts/Kg de hortalizas).

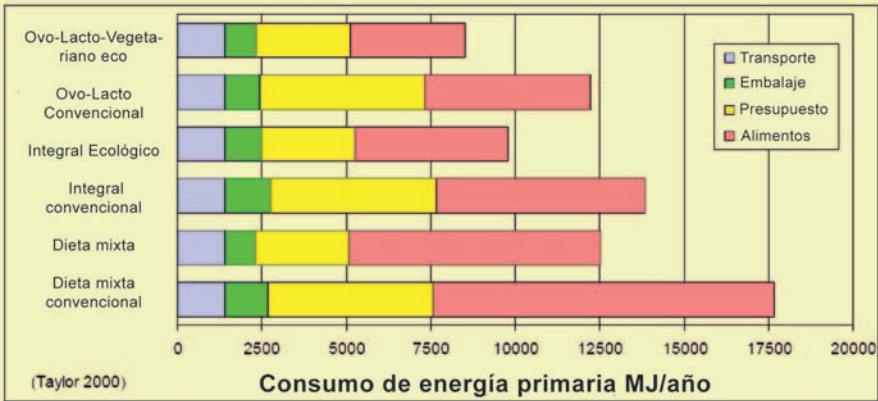


Fuente: Jungbluth, N., Frischknecht, R., Faist Emmenegger, M. 2004

Aparte de las decisiones específicas a la hora de escoger las diferentes marcas de productos en el momento de la compra, hay otras decisiones más fundamentales que juegan un papel muy relevante en relación a los impactos al Medio Ambiente que provoquen. Taylor (2000) comparó el consumo de energía primaria en base a la alimentación de ovo-lacto vegetarianos, alimen-

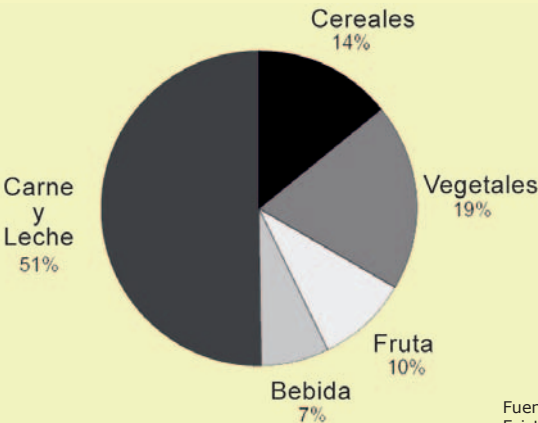
tos integrales y una alimentación media normal con carne. Los resultados mostrados en el cuadro 8, indican que la reducción del consumo de carne, conduce a una reducción sustancial de de la energía requerida.

Figura 6. **Comparación de la energía necesaria por año, para distintos tipos de costos en Alemania.**



En relación a las distintas categorías de productos, los derivados cárnicos y lácteos requieren aproximadamente la mitad de toda la energía usada en la alimentación (Fig 7).

Figura 7. **Consumo de energía de distintos productos alimentarios.**



Fuente: Jungbluth, N., Frischknecht, R., Faist Emmenegger, M. 2004

Sin embargo, su aporte a la nutrición con calorías para la alimentación humana está por debajo del 50%. Las hortalizas son la segunda categoría mayor consumidora de energía, en especial aquellas que se producen en invernaderos que precisan calefacción (Faist 2000, Jungbluth, 2000).

Para un comportamiento orientado a proteger el medio ambiente del consumidor final en distintos estudios realizados (Faist 2000, Jungbluth 2000, Kramer 2000, Schlich & Fleissner 2003, Taylor 2000) sobre consecuencias del consumo de alimentos, se pueden desprender las recomendaciones que se mencionan a continuación. El seguimiento de éstas pautas tanto en la compra como en el comportamiento de consumo, reduce la presión sobre el medio ambiente:

- 1 Evitar el consumo de productos importados, o aquellos productos que requieren transporte de lugares lejanos y consumir productos locales preferentemente.
- 2 Consumir hortalizas de temporada o reducir las hortalizas producidas en invernaderos que requieren calefacción.
- 3 Evitar producir desperdicios de alimentos y disminuir el uso de energía en el hogar (cocinado, conservación en frío, etc.) y en el proceso de compra (auto).
- 4 Compra de hortalizas frescas o frías, en vez de productos ultra-congelados.
- 5 Disminuir el consumo de carne y productos cárnicos derivados producidos convencionalmente de forma intensiva e incrementar el consumo de cereales, hortalizas y frutas.

Con los estudios disponibles no es fácil concluir si el consumo de alimentos ecológicos contribuye a reducir el impacto sobre el cambio climático, desde el punto de vista del equilibrio ecológico global, comparado con los alimentos convencionales o integrados. Los alimentos ecológicos evitan los impactos ambientales al renunciar al uso de pesticidas y fertilizantes químico-sintéticos pero necesitan, por el contrario, más área para producir igual cantidad. Además el uso de estiércol origina liberación de óxido nitroso (N₂O). Las ventajas de los alimentos ecológicos se reducen por su menor rendimiento, si lo enfocamos al producto, en contraste con la perspectiva basada en el agricultor. Sin embargo, una expansión del consumo de productos ecológicos tiene la consecuencia de reducir el consumo de productos cárnicos (Seemüller 2001).



5 Conclusiones y recomendaciones

La agricultura ecológica puede contribuir de forma significativa a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y al secuestro de carbono en suelos y biomasa. Sin embargo, no está siendo considerada en las discusiones sobre ésta temática, en los foros que pretenden establecer medidas en este sentido, ni a nivel nacional, ni internacional.

Existe suficiente evidencia de que la agricultura ecológica mejora el perfil de la agricultura convencional más usada en este aspecto. Esto es más importante, que el potencial de la agricultura ecológica de contribuir a la mitigación del cambio climático, que puede ser considerado como un beneficio auxiliar a su principal objetivo del uso sostenible del terreno. Este objetivo primario se alcanza al mejorar la productividad del suelo, con la consecuente seguridad alimentaria, conservación de la biodiversidad y muchos otros beneficios.

En contraposición a la orientación de la agricultura de conservación, basada en una sola tecnología, la agricultura ecológica aporta un enfoque sistémico específico del lugar, que abarca un juego armonizado de tecnologías integradas.

Muchas de las medidas mencionadas arriba, pueden encuadrarse dentro de las prácticas de manejo recomendadas que podrían ser usadas por cualquier tipo de agricultura, pero la agricultura ecológica es la única que ofrece una estrategia que integra sistemáticamente todas ellas en un sistema de producción. Esta estrategia se completa con normativas obligatorias que tienen mayor impacto en la protección del clima y que también incluye un buen sistema en funcionamiento de inspección y certificación que garantiza su cumplimiento de los principios y normativas de la agricultura ecológica, que lo hace más controlable y generador de innovaciones. Por ese mismo motivo, el seguimiento y evaluación del secuestro de carbono se simplifica y es más efectivo en relación a los costos, si se compara con las prácticas de la agricultura convencional.

Las políticas medioambientales deberían reconocer el potencial de la agricultura ecológica para reducir la emisión de gases invernadero y desarrollar programas apropiados para utilizar dicho potencial. Semejantes programas deben concentrarse en el potencial de reducción de emisión, en el potencial de secuestro, en las posibilidades de la generación de biomasa en agricultura ecológica o en combinaciones de todos estos aspectos.

Tomar en cuenta este aspecto y desarrollar metodologías para contabilizar el aporte de la agricultura ecológica, es una tarea en la que el sector de la agricultura ecológica debería colaborar activamente.

Recientemente se han definido medidas que recomiendan introducir la producción ecológica para captar carbono en el suelo y promover el consumo de alimentos ecológicos dentro de la estrategia de mitigación del cambio climático en España.

Por último, se ha demostrado que el consumo de vegetales fuera de época o que requieren ser transportados en largas distancias para ser consumidos y el exceso de alimentos cárnicos en la dieta, contribuyen al cambio climático. Asimismo, la alimentación ecológica fomenta este tipo de producción y es una forma accesible al consumidor para mitigar el cambio climático.

Abreviaturas

AEMA: Agencia Europea de Medio Ambiente
CH₄: Metano
CIE: Comercio Internacional de Emisiones
CO₂: Dióxido de carbono
ERUs: Unidades de Reducción de Emisiones
FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations / Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GEIs: Gases de Efecto Invernadero
Gt: Gigatonelada
ha: hectárea
HCFs: Hidrofluorocarbonos
IC: Implementación Conjunta
IFOAM: Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Ecológica
IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático / Panel Intergubernamental de Cambio Climático
MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio
MMA: Ministerio de Medio Ambiente
Mt: Megatonelada
N₂O: óxido nitroso
OECC: Oficina Española de Cambio climático
PBP: Producción Bruta Primaria
PCT: Potencial de Calentamiento de la Tierra
PECC: Programa Europeo sobre Cambio Climático / ECCP: European Climate Change Programme
PFCs: Perfluorocarbonos
PNB: Producción Neta de la Biosfera
PNE: Producción Neta de Ecosistema
PNP: Producción Neta Primaria
SF₆: Hexafluoruro de azufre
t: Tonelada
UE: Unión Europea / EU: European Union
UNFCCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático / United Nations Framework Convention on Climate Change
UTCUTS: Uso de la Tierra, Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura
WBGU: Consejo Científico del Gobierno Federal para el Cambio Climático / Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen

Ahlgrimm, H.J. y D. Gaedeken, 1990. Methane (CH₄). In Sauerbeck D, Brunner H: Klimaveränderungen und Landbewirtschaftung, 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.

Bobo, S. 2002. Evaluación de sustentabilidad de la explotación hortícola convencional y ecológica. Estudio de casos en Asturias. 16-21 septiembre Tomo I 331-340.

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. Transactions 14th International Congress Soil Science, Kioto, Japón.

Cole C.V., J. Duxbury, J. Freney, O. Heinemeyer, K. Minami, A. Mosier, K. Paustian, N. Rosenberg, N. Sampson, D. Sauerbeck y Q. Zhao, 1997. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. Nutrient Cycling in Agroecosystems 49, 221-228.

Coleman, K., D.S. Jenkinson, G.J. Crocker, P.R. Grace, J. Klir, M. Körschens, P.R. Poulton, D.D. Richter, 1997. Simulating Trends in Soil Organic Carbon in Long-Term Experiments Using RothC-26.3. Geoderma 81, 29-44.

Cormack, B. y P. Metcalfe, 2000. Energy Use in Organic Farming Systems. ADAS. Terrington. Reino Unido.

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).

FAIST, M. 2000: Ressourceneffizienz in der Aktivität Ernähren: Akteurbezogene Stoffflussanalyse. Dissertation Nr. 13884, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 145 Seiten, <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=diss&nr=13884>, Zürich.

FAO, 2002. Organic Agriculture, environment and food security. World agriculture: towards 2015/2030.

FAO, 2002. Organic Agriculture, environment and food security. Environment and Natural Resources Series 4, Roma, Italia.

Fließbach, A., P. Mäder, 1997. Carbon Source Utilization by Microbial Communities in Soils under Organic and Conventional Farming Practice. In: (Eds. Insam H and Rangger A) Microbial Communities – Functional versus Structural Approaches. Berlin. 109-120.

Gehlen, P., 1987. Bodenchemische , bodenbiologische und bodenphysikalische Untersuchungen konventionelle und biologisch bewirtschafteter Acker-, Gemüse-, und Weinbauflächen. Dissertation. Univ. Bonn. Alemania.

Haas, G. y Köpke, U., 1994. Vergleich der Klimarelevanz ökologischer und konventioneller Landbewirtschaftung. In: Enquete Kommission Schutz der Erdatmosphäre des Deutschen Bundestages (ed): Schutz der Grünen Erde, Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Bonn, Economica Verlag.

Heenan, D.P., K.Y. Chan y P.G. Knight, 2004. Long-Term Impact of Rotation, Tillage and stbble management on the loss of soil organic carbon and nitrogen from a Chromic Luvisol. Soil and Tillage Research vol. 76 (1), 59-68.

Houghton, R.A., B.A. Callander y S.K. Varney, 1992. Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assesment. Cambridge, Reino Unido.

Hütsch, B., 2001. Methane oxidation in non-flooded soils as affected by crop production. -- invited paper. European Journal of Agronomy V. 14(4) 237-260.

IPCC, 2000. Land Use, Land Use Change and Forestry. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
En <http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>

IPCC, 2001. Cambio Climatic 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.
En <http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>

Jarvis, S.C., B.F. Pain, 1994. Gaseous emissions from an intensive dairy farming system. Proceedings of the IPCC AFOS Workshop. 55-59. Canberra, Australia.

Jungbluth, N. 2000: Umweltfolgen des Nahrungsmittelkonsums: Beurteilung von Produktmerkmalen auf Grundlage einer modularen Ökobilanz. Dissertation Nr. 13499, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Umweltnatur- und Umweltsozialwissenschaften, dissertati-on.de, 317 Seiten, www.jungbluth.de.vu, Berlin, D.

Jungbluth, N. & Frischknecht, R. 2000: Eco-indicator 99 - Implementation: Assignment of Da-mage Factors to the Swiss LCI database „Ökoinventare von Energiesystemen“. ESU-services, www.esu-services.ch, Uster.

Jungbluth, N., Frischknecht, R., Faist Emmenegger, M. 2004: Review of LCA case studies for BTL-fuel production. RENEW - Renewable Fuels for Advanced Powertrains, Sixth Framework Programme: Sustainable Energy Systems, Deliverable: D 5.2.1 ESU-services, Uster.

Jungbluth, N., Tietje, O., Scholz, R. 2000: "Food Purchases: Impacts from the Consumers' Point of View Investigated with a Modular LCA." In Int. J. LCA Vol. 5 (3): 134-142, www.uns.umnw.ethz.ch/~jungblu/publication.html.

Junta de Andalucia (2007).Plan Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012: Programa de Mitigación. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es-medioambiente-web-Bloques_Temáticos_Estrategias_Ambientales-Planes_temáticos-plan-andaluz.url

Käterer, T., O. Andren, 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, 165-179.

Kotschi, J., K. Müller-Säman, 2004. The Role of Organic Agriculture in Mitigating Climate Change – A Scoping Study. IFOAM. Bonn.

Kramer, K. J. 2000: Food matters: On reducing energy use and greenhouse gas emissions from household food consumption. Ph.d. Thesis, Center for Energy and Environmental Studies of the University of Groningen (IVEM RUG), www.foodmatters.tmfweb.nl, The Netherlands.

Langeveld, C.A., R. Segers, B.O. Dirks, A. van den Po Dasselaar, G-L. Velthof, y A. Hensen, 1997. Emissions of CO₂, and CH₄ and N₂O from Pasture and Drained Peat Soils in The Netherlands. *European Journal of Agronomy*. 7, 35-42.

Leigh, R.E., A.E. Jhonston, 1994. Long-Term Experiments in Agricultural and Ecological Sciences. Wallingford, Reino Unido. CAB International. 448 pp.

Mäder, P., A. Fliebach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried y N. Urs, 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. En: *Science* v.296, 1694-1697.

Malhi, Y., P. Meir, y S. Browns, 2002. Forests, carbon and global climate. En: Swinland IR (Ed): *Capturing Carbon and Conserving Biodiversity – The market approach*, Londres 368pp.

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: 42-43pp.

Ministerio de Medio Ambiente (2007). Estrategia española contra el cambio climático y energía limpia (ECCyEL): Horizonte 2007 2012- 2020.

Molina, M. J.; M.D. Soriano; J.V. Llinares, 1998. La degradación de las propiedades del suelo en relación a su uso en dos sistemas agroforestales de la Comunidad Valenciana: Implicaciones ecológicas ante un hipotético cambio climático. *Actas III Congreso SEAE*, Valencia, 191-202.

Montero, F.J.; F. Martín de Santa Olalla; A. del Carro; M. Rubio, 1994. La incidencia de la desertificación en Castilla-La Mancha. *Prácticas ecológicas para una agricultura de calidad*. *Actas I Congreso SEAE*, Toledo.

Mosier A., D. Valentine, D. Schimel, W. Parton y D. Ojima, 1993. Methane consumption in the Colorado short grass steppe. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 69, 219-226.

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

Prather, M., R. Derwent, D. Ehhalt, P. Fraser, E. Sanhueza y X. Zhou, 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, 73-126 pp.

Pretty, J.N., A. Ball, 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, Ball, Campbell,

Watson, (Eds.), Sustainable Management of Soil Organic Matter. CAB International, Wallingford, Reino Unido; 301-308pp.

Sanz, M. J., 2002. La agricultura ecológica como sumideros de CO₂: Sus efectos sobre el cambio climático. Actas del V Congreso SEAE/I Congreso Iberoamericano de Agroecología, Gijón (Asturias-España), 16-21 septiembre Tomo I. 65-72pp. Edita SERIDA/SEAE. Dep legal: AS-3632/02.

Seemüller, m. 2001: "Ökologische bzw. konventionell-integrierte Landbewirtschaftung: Einfluss auf die Ernährungssicherung in Deutschland in Abhängigkeit vom Konsumanteil tierischer Lebensmittel." In Zeitschrift für Ernährungsökologie Vol. 2 (2): 94-96, <http://www.scientificjournals.com/erno/welcome.htm>.

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

Schlich, E. H. & Fleissner, U. 2003: "Comparison of Regional Energy Turnover with Global Food." In Gate to EHS <http://dx.doi.org/10.1065/ehs2003.06.009>.

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

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

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

Simon, X.; M.D. Dominguez; A.M. Alonso, G.I. Guzmán, 2002. Beneficios derivados de la agricultura ecológica. Actas del V Congreso SEAE/I Congreso Iberoamericano de Agroecología, Gijón (Asturias-España), 16-21 septiembre Tomo I. 321-330. Edita SERIDA/SEAE.

Taylor, c. 2000: Ökologische Bewertung von Ernährungsweisen anhand ausgewählter Indikatoren. Inauguraldissertation, Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökrophologie und Umweltmanagement, Justus-Liebig-Universität Gießen, bibd.uni-giessen.de/ghtml/2000/uni/d000074.htm.

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

UNFCC, 1997. Protocolo de Kioto de la UNFCCC.

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

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

WBGU, 1998. The Accounting of Biological Sinks and Sources Under Kyoto Protocol: A Step Forwards 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 Umwelttagung Globale Klimaerwärmung und Ernährungssicherung, 25. Januar 2002, Hrsg. R. Böcker, Verlag Günther Heimbach.

AGRICULTURA ECOLÓGICA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Conclusiones de comunicaciones presentados en eventos de SEAE

Programa "Cultiva tu Clima" SEAE, subvencionado por el M^o Medio Ambiente.

1. Sanz, M^a José¹ (2002). **La agricultura ecológica como sumidero de CO₂: sus efectos sobre el cambio climático.** En *Actas V Congreso SEAE, Gijón 2002*

¹ Fundación CEAM, Parque Tecnológico, c/ Charles Darwin 14, 46980 Paterna (Valencia)

En el caso de la agricultura es el aumento de carbono en el suelo la forma más efectiva de captar carbono de una forma más o menos permanente. Otra de las formas más efectiva es la producción de biofuels que sustituyan el uso de combustibles fósiles.

Las actividades agrícolas que se contemplan a nivel general como responsables de un aumento de C en el suelo («Materia Orgánica») son: a) la mayor eficiencia e intensificación de las prácticas agrícolas, b) la disminución de la intensidad del laboreo mecánico y levantamiento del suelo («Conservation tillage») y c) la reducción de la erosión. En las tres actividades agrícolas y en el terreno de la ganadería y el pastoreo las prácticas que se proponen son las que proponer la agricultura ecológica.

Las potencialidades de secuestro de algunas actividades agrícolas, se estiman para las tierras cultivadas es del 6-8% del consumo de combustibles fósiles en el año 1990, frente a un 10% de los bosques.

2. Molina, M. J. *, Soriano, M. D.**; Llinares J. V. *² (1998). **La degradación de las propiedades del suelo en relación a su uso en dos sistemas agroforestales de la C. Valenciana: implicaciones ecológicas ante un hipotético cambio climático.** En *Actas III Congreso SEAE. Valencia, septiembre 1998 191pp*

² *Centro de Investigaciones sobre Desertificación-CIDE (CSIC, Univ. València, G. Valenciana). Camí de la Marjal s/n, 46470 Albal. (Valencia). ** Escuela Universitaria de Ingenieros Técnicos Agrícolas. Avda. Blasco Ibañez 21, E-46010 Valencia. E-mail: asoriano@prv.upv.es

Para agroecosistemas de características del medio físico similares a los de La Concordia (Valencia), el esperado cambio climático produciría un incremento de aridez y de torrencialidad de la lluvia que reducirá a la mitad la profundidad del suelo y duplicará la intensidad del proceso de erosión.

En este escenario, la materia orgánica del suelo, el contenido de nitrógeno total y la capacidad de intercambio catiónico se reducirían a la mitad. La disponibilidad del fósforo se reduciría alrededor de un 90% mientras que el contenido de carbonatos totales aumentaría un 60% y la salinidad un 150%.

La proporción de la fracción erosionable del suelo (limo y arcilla no agregados) aumentaría entre un 50 y un 130% y la capacidad de almacenamiento de agua se reduciría en un 25%.

En suelos de cultivo de secano en terrazas con prácticas convencionales de cultivo la fertilidad química se reduciría entre un 20 y un 50% respecto del suelo más erosionado de las laderas, y el contenido de agua a capacidad de campo disminuiría a la mitad.

Si el cultivo en terrazas al pie de estas laderas semiáridas erosionadas se abandona y se produce la recolonización de especies de matorral y herbáceas las cualidades químicas, físicas e hidrológicas del suelo mejoran.

En los bancales situados al pie de laderas donde se prevea el abandono de cultivos o en suelos agrícolas donde el laboreo tradicional junto con la agresividad de la lluvia degrada el suelo, la utilización de especies herbáceas o arbustivas de interés económico y/o ecológico mejoraría las condiciones físicas y químicas del suelo y podrían ser alternativas viables para el desarrollo sostenible y la lucha contra la degradación en áreas con riesgo de desertificación.

En el caso de mantener un uso agrícola en dichos bancales hay que evitar la pérdida de materia orgánica, la

desagregación de las partículas de suelo y el descenso de la capacidad de retención de agua del suelo inducidos por la agresividad de la lluvia y el laboreo.

En las laderas los resultados del estudio sugieren que el esparto, mejor que otras especies de matorral, sería capaz de adaptarse a las nuevas condiciones de aridez climática y edáfica y ejercer un importante papel en la conservación del recurso suelo.

3. Montero, F. J.; Martín de Santa Olalla, F.³; Del Cerro, A.; Rubio, M. (1995). **La incidencia de la desertificación en Castilla-La Mancha**. En *Actas del I Congreso SEAE, Toledo, septiembre de 1994*

³ Centro Regional de Estudios del Agua. Sección de Gestión de Recursos Hídricos, CREA. ETSIA. Campus Universitario s/n E-02071 Albacete. Tel (+34) 967 59 92 90 . Fax. (+34) 967 59 92 38. E-mail: francisco.santaolalla@uclm.es.

Algunas de las conclusiones técnicas o metodológicas del Proyecto hacen referencia a la notable mejora en el conocimiento de las características, climáticas, edáficas, hidrológicas, meteorológicas y micro meteorológicas, de las características y comportamiento de la cubierta vegetal, etc. lo que constituye "con los datos en la mano" la realidad de una situación realmente dramática y cuyo futuro no lo es menos.

Desde el momento en que iniciamos los trabajos entramos en contacto con la realidad de fuertes e injustificados impactos sobre el ambiente al amparo de un criterio maximalista de producción.

Aspectos relativos al uso del suelo (roturaciones, elección inadecuada y abandono de tierras, etc.), de los recursos hídricos (sobreexplotación de acuíferos, empleo de sistemas de riego incorrectos, etc.), del empleo de técnicas de cultivo que potencian la erosión (laboreo, pendientes excesivas, etc.), de la concentración masiva del monocultivo mono varietal (fundamentalmente en el caso de la vid), del empleo desatinado de los aprovechamientos forestales (excesivas cargas ganaderas, extracción de leñas desordenada, etc.), del escaso incentivo de los agricultores por realizar inversiones económicas y de dedicación propia al medio agrario, de la incertidumbre frente a una Política Agraria Comunitaria (PAC) que difícilmente puede conjugar los intereses económicos generales con aspectos socioeconómicos y ambientales propios de determinados países, regiones, comarcas e incluso parajes, y en los que las transformaciones que se derivan de las directrices generales pueden ocasionar perjuicios posteriores de gran trascendencia.

De otro orden de magnitud y de los condicionantes que los originan son los incendios forestales, las causas que los propician y los programas de prevención y lucha. Esta relación inacabada de impactos directos e indirectos debiera encabezar el conjunto de prácticas que se debe abandonar si buscamos una agricultura de calidad.

4. Dapena, E.⁴, Fernandez-Ceballos, A. (2006). **Consecuencias de la evolución climática en la producción de manzana en Asturias**. En *VII Congreso SEAE Zaragoza 2006*, nº 197

⁴ Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA); Apdo. 13, E-33300 Villaviciosa (Asturias). E-mail: enriqueidf@serida.org

La evolución de las temperaturas medias anuales en las tres últimas décadas en Asturias, muestran un aumento en torno a 0,5 o C por década, mas elevado en los meses de primavera-verano que en los de invierno, coincide en rasgos generales con los cambios registrados en el conjunto de la Península Ibérica (Moreno R., 2005). Esta tendencia se mantiene en las previsiones para el conjunto del S. XXI (Moreno R., 2005), cuya magnitud varía fundamentalmente en función del escenario de emisiones de gases de efecto invernadero empleado en los modelos climáticos.

El hecho de que el análisis de los registros asturianos muestre un mayor aumento de la temperatura en los meses de primavera y verano también coincide con las previsiones futuras. Sin embargo, la previsión de los modelos teóricos de un aumento de la frecuencia y amplitud de las anomalías térmicas mensuales, no se refleja en los registros entre 1975 y 2005 en Asturias.

Los cambios registrados en la temperatura tienen importantes consecuencias en el cultivo del manzano, ya que esta influye en prácticamente todas las tasas de desarrollo de los procesos fisiológicos. El momento en el que la evolución de la temperatura en Asturias puede tener una mayor influencia en el cultivo se produce en la primavera, durante la floración y los momentos inmediatamente posteriores.

Diversos estudios han relacionado el aumento de la temperatura en las zonas templadas con el adelanto fenológico (fundamentalmente de la floración) de un gran número de plantas silvestres y cultivadas (véase por ejemplo la revisión de Parmesan, 2003) incluyendo el manzano (Chmielewski et al., 2004; Wolfe et al., 2005), en Asturias también se ha podido constatar que en años con temperaturas mas elevadas en primavera también se produce un adelanto de la floración (Dapena, 1996).

El aumento de las temperaturas se relaciona con una mayor fertilidad de la flor a través de dos mecanismos: la mejora de las condiciones para los insectos polinizadores y la relación positiva entre la temperatura y el desarrollo del tubo polínico (Palmer et al., 2003).

Por otra parte, la temperatura se relaciona positivamente también con la fructificación, mostrando su influencia principalmente durante los primeros y los últimos estadios del desarrollo de los frutos (Palmer et al., 2003).

En la época en la que se producen los aumentos mas importantes de la temperatura en Asturias es cuando tiene un mayor efecto sobre la fructificación, y por tanto en los niveles productivos y en el tamaño de la fruta.

No obstante, los cambios en la temperatura registrados y previstos en Asturias también entrañaban dos peligros concretos. El primero era que con el adelanto de la época de floración aumentase el riesgo de que una helada tardía afectase a las flores.

El segundo estaba relacionado con las altas temperaturas veraniegas que pudieran afectar a la epidermis de los frutos. Sin embargo, los días con heladas en primavera disminuyen y el número de días de calor extremo (temperatura máxima superior a 30 ° C) en verano no aumenta, aunque el aumento registrado del número de días con temperatura máxima superior a 25 ° C determina un incremento del estrés hídrico.

Otro efecto de la temperatura en el cultivo del manzano a tener en cuenta, se produce de modo indirecto a través de las plagas y enfermedades, ya que en general en las zonas mas calidas este tipo de organismos poseen un mayor número de generaciones que en zonas mas frías (Palmer et al., 2003). Sin embargo, las variaciones en la temperatura pueden provocar desajustes entre la fenología de las plagas y el manzano cuyas consecuencias no son fáciles de prever.

A diferencia de la influencia positiva general de los cambios de la temperatura registrados en Asturias en las últimas décadas, y de los previstos en el futuro, en el cultivo del manzano, las tendencias de las precipitaciones son más preocupantes.

La reducción anual de precipitaciones, junto a la reducción de la precipitación en los meses de marzo a junio, disminuye la disponibilidad hídrica, que en la última década se ha situado por debajo de la ETm teórica calculada para los manzanos de Asturias en más de la mitad del periodo de primavera-verano.

Los momentos en los que los manzanos son mas sensibles al déficit hídrico son la primavera y el inicio del verano, ya que durante ellos se producen el desarrollo vegetativo, la floración y el inicio del desarrollo de la fructificación, procesos todos ellos caracterizados por alto numero de divisiones celulares, proceso muy sensible a la falta de agua (Lakso, 2003).

Esta época de mayor sensibilidad de los manzanos coincide con los meses en los que el descenso de las precipitaciones en Asturias resulta más acusado, con una pérdida neta de un 15% de las precipitaciones por década. La tendencia del adelantamiento de los meses más secos del año en Asturias no hace más que empeorar la situación.

Ante estos resultados, y unas previsiones futuras que, sin ser tan precisas como en el caso de la temperatura, apuntan en general a una disminución de las precipitaciones sobre todo en primavera verano, puede resultar de interés replantearse la utilización de portainjertos de mayor vigor con un sistema radicular mas profundo y por tanto con mayor capacidad de captar agua, en especial en terrenos de ladera.

Por otra parte la irrigación de apoyo puede convertirse en una necesidad para el cultivo del manzano en Asturias. Un manejo eficiente de la irrigación requiere un seguimiento tanto de las pérdidas de agua de los manzanos como de las precipitaciones.

El cálculo de la evapo-transpiración del manzano, teniendo en cuenta las características regionales del cultivo, a partir de la evapo-transpiración de referencia Penman-Monteith, supone el método recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Allen et al., 1998).

Su cálculo cada 10 días, durante los meses de marzo a julio, permite una rápida toma de decisiones respecto a la idoneidad del riego en las plantaciones, e incluso respecto a la cantidad de agua necesaria para que los árboles no sufran un estrés por déficit hídrico.

5. Charro, E. *; Moyano, A. **, Ciria, P.**,***⁵ (2006). **Simular los efectos sobre el suelo agrícola según su manejo y el cambio climático mediante el modelo Roth-C.** En *Actas VII Congreso SEAE Zaragoza 2006*

⁵ *Área de Edafología y Química Agrícola. Departamento de Ciencias Agroforestales Universidad de Valladolid. Campus Universitario de Palencia. Avda, Madrid 34004. Palencia, España. e-mail: echarro@agro.uva.es. **Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales. E. U. Ingenierías Agrarias. Universidad de Valladolid. Campus Universitario de Soria. 42004 Soria. España. e-mail: gardini@pvs.uva.es. ***CIEMAT-CEDER.Ctra N-111, km 206. 42290 Lubia. Soria. España.

Se observa que los suelos testigo mantienen su contenido en materia orgánica (0.34 t C/ha) constante a lo largo de

los años, mientras que los suelos de barbecho la van perdiendo con los años.

Los suelos ecológicos, donde hubo aporte de materia Orgánica (MO), ganan en calidad con los años. Con la inclusión de un año de barbecho cada 3 años de siembra (rotación), se observa una degradación en los suelos y disminuye el aumento de la ganancia en MO en los suelos ecológico.

Los valores estimados por el programa indican que al cabo de un siglo, los suelos que han estado en Barbecho han perdido hasta un 85% de su contenido inicial (0.34 t C/ha). La inclusión de la práctica agrícola de un año de barbecho en la rotación, supone un descenso de MO de sólo el 27%.

En los suelos con cultivo ecológico, se llega a alcanzar hasta 6 t C/ha, y la inclusión de un año de barbecho supone igualmente una pérdida del 27% en relación al valor máximo de 6 t C/ha.

En 4 décadas (1997-2036), se observa que en cualquiera de los suelos considerados, si tenemos en cuenta el cambio climático, se va a producir una mayor pérdida de MO, y en los suelos ecológicos la ganancia de la misma no va a ser tan alta.

Respecto al contenido en carbono orgánico para los distintos suelos al cabo de 40 años, se observa que se obtienen valores inferiores con el Cambio Climático Global (CCG), en todos los casos, siendo las diferencias de 3.4 % en el suelo de barbecho, de 5.1% en el testigo y 5.8% en el ecológico.

En conclusión, los resultados de los cálculos confirman la degradación de los suelos agrícolas si hay abandono de los mismos, el interés que representa implantar cultivos ecológicos para evitar dicha degradación, y una mayor pérdida de MO debida al CCG.

Por otro lado, los resultados obtenidos con el programa Roth-C indican la utilidad que tiene este modelo para realizar predicciones a medio y largo plazo de los contenidos en MO. De este modo el uso de modelos matemáticos resulta ser una buena herramienta para el estudio y control de la degradación en suelos agrícolas.

6. Molina, M. J.; Soriano, M. D.; Escandell, A.; Llinares, J. V.; Pons, V. (2005). **Materia orgánica y agregación del suelo: indicadores de sostenibilidad agraria y medioambiental** (Póster).

La producción de alimentos siempre afecta al ecosistema. El objetivo del manejo adecuado de los suelos es limitar y equilibrar los procesos de degradación producidos por la actividad humana con los procesos de producción. Dicho manejo agrícola será sostenible si permite compatibilizar la producción con la preservación de la calidad de los recursos naturales: suelo, agua, aire, biodiversidad, etc.

La MO es un indicador de calidad del suelo apropiado para evaluar si el uso y manejo del suelo y del cultivo permite simultáneamente mantener o mejorar la producción y, a la vez, mantener o aumentar la capacidad del suelo como filtro medioambiental y sumidero de carbono atmosférico. Esto es así porque existe una gran relación entre cantidad de materia orgánica, humidificación y formación de agregados estables, los cuales son los que regulan los flujos de agua, aire, la fertilidad, la biodiversidad edáfica, el papel del suelo como filtro depurador y la capacidad del suelo para secuestrar el carbono atmosférico. Se deduce que las enmiendas orgánicas en citricultura ecológica son una de las prácticas que más pueden contribuir a la sostenibilidad agraria y medioambiental de los suelos bajo este tipo de cultivo.

Informe elaborado por:

Alberto García
Mamen Laurín
M^a José Llosá
Victor González
M^a José Sanz
Jose Luis Porcuna

Diseño grafico:

Florence Maixent

Depósito Legal:

V-2885-2006

Imprime:

Imag Impressions, s.l., Benifaió

Reedición ampliada Junio 2007

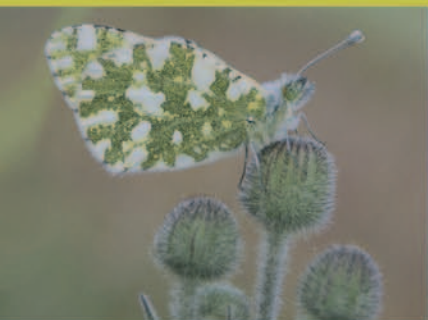
Edita

SEAE en colaboración con la Fundación
Instituto de Agricultura Ecológica y Sostenible



Contribución de la
agricultura ecológica
a la mitigación del
cambio climático

en comparación con la agricultura convencional



Subvencionado por



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE



Sociedad Española de Agricultura Ecológica

Colaboran:



M.A.P.A.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación



JUNTA DE ANDALUCÍA



FUNDACIÓN
INSTITUTO DE
AGRICULTURA
ECOLÓGICA
Y SOSTENIBLE

Camí del Port, s/n Edif ECA, Patio int 1º. Apdo 397.

E-46470 Catarroja (Valencia).

Tel. 961267200 Fax 961267122. Móvil 600292143.

E-mail: seae@agroecologia.net



Sociedad Española de Agricultura Ecológica