

REVISIÓN DE LOS EFECTOS MITIGADORES SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

## La agricultura de conservación en el balance del carbono

**O. Veroz-González**

*Asociación Española Agricultura de Conservación.  
Suelos Vivos. IFAPA Centro "Alameda del Obispo"*

**E. González-Sánchez**

**J. Gil-Ribes**

*Asociación Española Agricultura de Conservación.  
Suelos Vivos. IFAPA Centro "Alameda del Obispo"  
AGR-126. Grupo de investigación de mecanización y  
tecnología rural. Dpto. Inq. Rural. Universidad de Córdoba*

**R. Ordoñez-Fernández**

*Asociación Española Agricultura de Conservación.  
Suelos Vivos. IFAPA Centro "Alameda del Obispo".  
Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales.  
IFAPA Centro "Alameda del Obispo"*

**R. Carbonell-Bojollo**

*Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales.  
IFAPA Centro "Alameda del Obispo"*

**J. Román-Vázquez**

*AGR-126. Grupo de investigación de mecanización y  
tecnología rural. Dpto. Inq. Rural. Universidad de Córdoba*



A través de los trabajos existentes en España sobre análisis de los contenidos de materia orgánica en el suelo en sistemas de conservación, medición de emisiones de CO<sub>2</sub> provocados por las labores sobre el suelo y estudios de consumos energéticos de las diferentes operaciones agrícolas, se han determinado diversos coeficientes para el cálculo de reducción de emisiones y de captación que suponen las técnicas de Agricultura de Conservación (AC) con respecto a las técnicas de cultivo basadas en el laboreo del suelo.

**A** sí, y de los estudios revisados, es posible afirmar que gracias a la implantación de estas prácticas es posible fijar en los primeros 10 años, hasta 3,14 t más por ha al año de CO<sub>2</sub> en cultivos herbáceos y 5,68 t más por ha al año de CO<sub>2</sub> en cultivos leñosos.

Por otro lado, de los análisis energéticos, se deduce que es posible reducir, respecto a los sistemas basados en el laboreo, hasta un 21,57% las emisiones di-

rectas de CO<sub>2</sub> en cultivos herbáceos y un 11,63% en cultivos leñosos.

### LA AGRICULTURA Y LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

A pesar del descenso de las emisiones de GEI reflejado en el año 2008 en la edición 2010 del Inventario Nacional del Ministerio de Medio Ambiente y Medio rural y Marino, España sigue siendo el país industrializado donde más han aumentado respecto al año base (39,8% de incremento sobre el año 1990), casi 25 puntos por encima de los compromisos acordados en el Protocolo de Kioto. El sector agrícola, como una de las tantas actividades del hombre, no es ajeno a esta dinámica emisora, liberando gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub>) cuyas consecuencias, además de las ambientales, repercuten a nivel económico y social. Se estima que la agricultura fue responsable en el año 2008 del 9,6% de las emisiones de GEI de origen antropogénico, teniendo especial incidencia en las emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>, representando el 79,2% y el 52,4% res-



Medición de CO<sub>2</sub> en siembra directa

## ANÁLISIS DEL EFECTO SUMIDERO

El análisis del efecto sumidero de la AC se ha realizado a través de una revisión bibliográfica de los trabajos existentes en España en los que se analizan los impactos que, sobre las propiedades químicas del suelo en general, y sobre el contenido de materia orgánica en particular, tienen a lo largo de distintos periodos de tiempo, diversos sistemas de manejo de suelo, entre los que se encuentran la siembra directa, el mínimo laboreo en cultivos herbáceos y las cubiertas vegetales en cultivos leñosos.

Tebruegge (2001), afirma que a través de los procesos de oxidación microbiológica que tienen lugar en el suelo, se generan 3,7 toneladas de CO<sub>2</sub> a partir de 1 tonelada de carbono, por lo que en base a los incrementos de materia orgánica observados en los sistemas de manejo de conservación en relación a los sistemas de manejo basados en el laboreo, es posible determinar a partir del carbono orgánico, lo que en términos de cantidades de CO<sub>2</sub>, suponen dichos incrementos, siendo posible facilitar así un rango de valores sobre el potencial de estas técnicas en materia de fijación del carbono atmosférico.

Para este estudio se han revisado 30 trabajos de investigación correspondientes a 11 equipos de investigación de diversas zonas de España.

Es necesario señalar, que las ganancias de materia orgánica que se dan en la Agricultura de Conservación, no sólo dependen del sistema de manejo del suelo, sino que además entran en juego otros factores, tales como las condiciones climáticas del suelo (temperatura, humedad), la composición bioquímica del material orgánico, la disponibilidad de nutrientes y por último, la alteración del suelo (Paus-tian *et al.*, 1997). Esto hace que exista una gran variabilidad en el potencial de dichas téc-

pectivamente del total de emisiones referidas a estos gases.

Respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> en la agricultura, en el inventario no se están teniendo en cuenta las debidas al consumo de electricidad, de gasoil y al consumo energético derivados de la participación en el proceso productivo de la maquinaria y de los insumos agrarios, por lo que al final todo queda reducido al intercambio que se produce entre la atmósfera y las superficies agrícolas, resultando un neto de emisión más bajo del que realmente se produce (0,04 t año<sup>-1</sup>).

Ante este escenario es necesario por tanto, realizar un importante esfuerzo en todos los sectores productivos para cumplir con los compromisos alcanzados en el Protocolo de Kioto, ya que incluso acudiendo a los mecanismos de flexibilidad contemplados en dicho acuerdo, que permitiría durante los años 2008-2012 estar por encima del 15% de las emisiones de 1990, no sería suficiente.

## LA IMPORTANCIA DE LAS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN

En este sentido, existen prácticas como la Agricultura de Conservación (AC), capaces de

## // SE ESTIMA QUE LA AGRICULTURA FUE RESPONSABLE EN EL 2008 DEL 9,6% DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO //

aportar su grano de arena a la ardua tarea de mitigar los efectos del cambio climático a través de la reducción de emisiones y de la potenciación del efecto sumidero en los ecosistemas agrarios. Es momento de realizar estudios globales del impacto de estas técnicas sobre la dinámica del carbono atmosférico, teniendo en cuenta todos los factores involucrados en el proceso productivo, de manera que se consideren todos los posibles mecanismos de disminución de la concentración del CO<sub>2</sub> atmosférico, ya sean reductores de emisiones o fijadores de carbono atmosférico.

## PRECAUCIÓN CON EL ANÁLISIS DE LOS DATOS

Así pues, el objeto de este estudio, correspondiente al informe "Métodos de producción agraria compatibles con el Medio Ambiente: lucha contra la Erosión y Agricultura de Conservación" elaborado para el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, ha sido pro-

porcionar un conocimiento suficiente sobre el potencial que tienen las técnicas de AC de cara a su contribución a la reducción de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera a través de procesos de fijación del carbono y la reducción de GEI.

Si bien las cifras que se dan como resultado de los análisis de los trabajos existentes en España sobre esta materia, son orientativas respecto a lo que las técnicas de conservación suponen en las captaciones y reducciones del carbono atmosférico, sí que han de servir como punto de partida para la caracterización de las emisiones de GEI de las explotaciones agrícolas, en base al sistema de manejo realizado en los cultivos. De esta forma, la información generada permitirá conocer aún mejor la huella del carbono de la cadena agroalimentaria, incorporando a la misma, la capacidad que dentro de la fase agronómica, técnicas agrarias sostenibles como la AC, pueden tener para reducir las emisiones y mitigar así, los efectos del cambio climático.

nicas para fijar el carbono atmosférico, por lo que no existe un único valor de fijación de carbono válido asociado a una determinada técnica de Agricultura de Conservación. Además, en base a las experiencias que se aportan desde los trabajos de investigación estudiados, los incrementos que se producen no son constantes en el tiempo, es decir, al comienzo de la experiencia la tasa de crecimiento es mayor, para ir decreciendo con el paso de los años hasta alcanzar una situación de equilibrio de crecimiento nulo en la que el suelo no aumenta su contenido de materia orgánica.

No obstante, para el cálculo de un coeficiente único para cada práctica de AC, se han realizado una serie de simplificaciones en algunas variables, como el tiempo de implantación de la técnica, la profundidad de muestreo y la zona climática en la que se ha realizado el estudio, lo que permitirá dar un valor aproximado de lo que supone la Agricultura de Conservación en términos de fijación de carbono atmosférico respecto a las técnicas de manejo basadas en el laboreo.

## ANÁLISIS DE LAS REDUCCIONES DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

### ► Por la no alteración mecánica del suelo

Para el estudio de los efectos directos de la AC sobre la reducción de emisiones como consecuencia de la no alteración mecánica del suelo, se ha realizado una revisión bibliográfica de los trabajos existentes en España cuya materia de estudio sea la medición de emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo tras la realización de una labor y su análisis comparativo con los sistemas de manejo de conservación.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> provocadas por la acción mecánica de la labor dependen, entre otros factores, de las características en las

## // LA SIEMBRA DIRECTA ES EL SISTEMA DE MANEJO EN CULTIVOS HERBÁCEOS QUE MÁS POTENCIAL DE FIJACIÓN DE CARBONO TIENE. POR SU PARTE, LAS CUBIERTAS EN CULTIVOS LEÑOSOS, TIENE UN GRAN POTENCIAL COMO EFECTO SUMIDERO //

que se encuentre el suelo en el momento de labrar. Así, en condiciones óptimas de humedad y temperatura, se favorece la actividad microbiana, influyendo de manera directa en la producción de CO<sub>2</sub> a partir de la descomposición de la materia orgánica, produciéndose un mayor flujo a la atmósfera.

Por tanto, y hasta que no existan estudios más extensos sobre este tema, a efectos del cálculo de un potencial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> asociado a las técnicas de AC, es más conveniente considerar, de cara a la comparación con las técnicas de agricultura con-

vencional, las variaciones medias que se producen al realizar la operación, y no extrapolar esos valores a una campaña, por la variabilidad de los factores que intervienen.

### ► Por el menor consumo energético derivado de la disminución del número de labores

El estudio de los efectos de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que conlleva la disminución del número de labores llevada a cabo en las prácticas de AC respecto a los sistemas de manejo de laboreo convencional, se han

realizado sobre los cultivos más representativos de cada una de las regiones de España, en base a los datos de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (Esrce).

Para cada cultivo, se han elaborado los calendarios de tareas en cada uno de los sistemas de manejo correspondientes a AC y a la agricultura basada en el laboreo. Las fuentes para la elaboración de los mismos han sido muy diversas, desde bibliografía referente a estudios de análisis económicos y energéticos existentes en España, hasta la realización de consultas a técnicos y agricultores de cada una de las zonas estudiadas.

Partiendo de los calendarios de tareas de cada cultivo en cada uno de los sistemas de manejo estudiados, se han determinado los consumos energéticos y de gasoil. A partir de los valores de energía asociada al gasto de un litro de gasoil dado por Hernanz (1997), cuyo consumo supone un gasto de 47,78 MJ, y los valores de los coeficientes de conversión dados por Lal (2004), que asume que el consumo de 1MJ en cualquier proceso energético supone la emisión de 20 g de carbono equivalente, es posible determinar la diferencia en emisiones de un sistema de manejo respecto al otro, debido a las diferentes operaciones realizadas, partiendo de sus consumos de combustible y de energía.



**TABLA 1 / Coeficientes de fijación de CO<sub>2</sub> (t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) de cada una de las prácticas de AC respecto a las prácticas agrícolas convencionales, en base a la zona climática y al número de años de implantación de la práctica de conservación**

Práctica Agrícola	Mediterráneo marítimo		Mediterráneo continental	
	<10 años	>10 años	<10 años	>10 años
Siembra Directa	No constan datos	1,48	3,14	0,60
Mínimo Laboreo en Agricultura de Conservación	No constan datos	1,11	-0,61	0,11
Cubiertas Vegetales	5,68	1,31	No constan datos	No constan datos

**TABLA 2 / Coeficientes aplicables a la reducción de CO<sub>2</sub> (kg ha<sup>-1</sup> hora<sup>-1</sup>) de cada una de las prácticas de AC respecto a las prácticas agrícolas convencionales**

Práctica Agrícola	Reducción de Emisiones de CO <sub>2</sub> (kg ha <sup>-1</sup> hora <sup>-1</sup> )
Siembra Directa	0,56-1,72
Mínimo Laboreo	0,29-1,51

**RESULTADOS**

De cada uno de los aspectos antes señalados, se muestran a continuación unos rangos de valores

► **Efecto sumidero de la AC**

Tras la revisión bibliográfica realizada, es necesario señalar que el potencial de fijación de carbono atmosférico de una determinada práctica de AC, no es siempre igual y depende de varios factores:

- Características climáticas de la zona de estudio.
- Características edafológicas del suelo en el que se implanta el cultivo.
- Rotaciones de cultivo realizadas en especies herbáceas.

Por otro lado, en muchos de los casos, los valores iniciales obtenidos no son directamente comparables entre sí, al referirse a periodos de tiempo diferentes y a profundidades de suelo distintas.

Teniendo en cuenta estas consideraciones la **Tabla 1** muestra, para cada técnica de AC, un rango de valores de fijación de carbono atmosférico que pueden ser considerados válidos para las zonas y el periodo de tiempo evaluados en cada uno de los trabajos de investigación revisados.

De todos ellos, la siembra directa es el sistema de manejo en cultivos herbáceos, que más potencial de fijación de

carbono tiene. Por su parte, las cubiertas en cultivos leñosos, tiene un gran potencial como efecto sumidero. (**Tabla 1**).

► **Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por la no alteración mecánica del suelo**

La bibliografía disponible en España respecto a la medición de emisiones de CO<sub>2</sub> desde la superficie del suelo comparando varios sistemas de manejo no es muy abundante y es relativamente reciente. Además, los únicos sistemas de manejo estudiados en este sentido, relativos a la AC han sido la siembra directa y el mínimo laboreo.

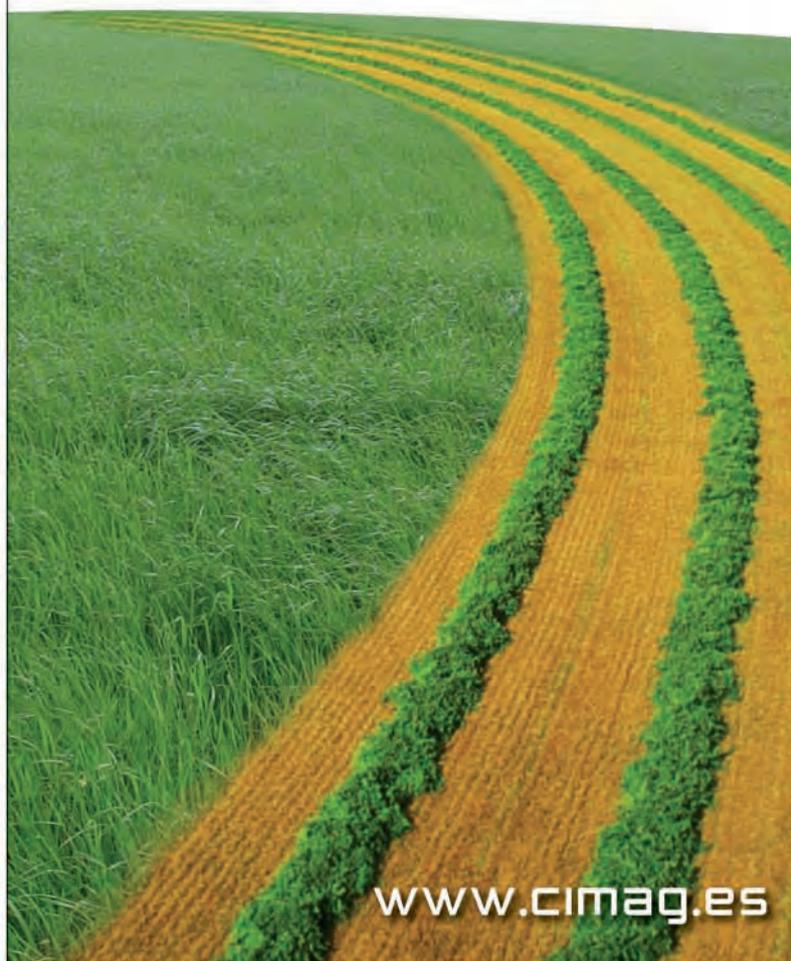
En todos los trabajos revisados, se realiza un análisis de la influencia del laboreo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmósfera tanto a corto plazo (inmediatamente después de labrar) como a largo plazo (durante la campaña de cultivo).

Las medidas tomadas en cada uno de los trabajos de investigación revisados son de carácter puntual tanto en el tiempo como en el espacio. Teniendo en cuenta que las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la actividad microbiana, no sólo dependen del sistema de manejo de suelo, sino también de la climatología y de las características edáficas, existe una gran variabilidad espacial y temporal en los valores obtenidos en cada uno de los trabajos revisados. Es por ello, que resulta arriesgado cifrar en valores absolutos el potencial que tienen las prácticas de AC de reducir la



**Del 3 al 5 de Febrero/2011**

# V Certamen Internacional de la Maquinaria de Forraje



[www.cimag.es](http://www.cimag.es)



emisión de CO<sub>2</sub> gracias a la no alteración mecánica del suelo.

Lo que sí permite el análisis de los resultados, es, a partir de los datos tomados a largo plazo, dar un rango de valores entre los que se puede situar el coeficiente relativo al potencial de reducción de emisiones de la AC respecto a la agricultura basada en el laboreo.

Así, y después del análisis de los datos, la **Tabla 2** muestra, para cada práctica de Agricultura de Conservación estudiada, el rango de valores entre los que puede oscilar la reducción respecto a la práctica basada en el laboreo a lo largo de una campaña agrícola.

El amplio rango de valores que reflejado en la tabla se debe por un lado a las diferencias encontradas en los estudios revisados respecto al tipo de operaciones realizadas en el sistema de laboreo que ha servido de base para la comparación, y por otro, a la escasez y falta de uniformidad de los trabajos, provocando así una mayor dispersión de los resultados.

### ► Coeficientes de Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al menor consumo energético

En general, todos los cultivos estudiados en AC requieren una menor cantidad de energía que en laboreo convencional, siendo en éste último, el mayor consu-

**TABLA 3 / Reducción media en el consumo energético y su equivalente en emisiones de CO<sub>2</sub> de las prácticas de AC respecto las prácticas basadas en el laboreo**

Práctica Agrícola	Reducción de consumo energético (M ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Reducción en emisiones de CO <sub>2</sub> (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
Siembra Directa	2,944	217,86
Mínimo Laboreo en Agricultura de Conservación	1,152,3	85,27
Cubierta en Agricultura de Conservación	417,3	30,88

**// EN GENERAL, TODOS LOS CULTIVOS ESTUDIADOS EN AC REQUIEREN UNA MENOR CANTIDAD DE ENERGÍA QUE EN LABOREO CONVENCIONAL, SIENDO EN ÉSTE ÚLTIMO, EL MAYOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE EL PRINCIPAL RESPONSABLE EN ESTA DIFERENCIA //**

mo de combustible en la preparación del terreno el principal responsable en esta diferencia.

No hay que olvidar que las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera en el proceso productivo agrario no sólo dependen de la combustión del combustible producida en las distintas operaciones de cultivo. Siendo éste el componente más importante en el balance global de emisiones, hay que tener en cuenta además el resto de los procesos energéticos que intervienen en la cadena productiva, como síntesis de fertilizantes y productos fitosanitarios, obtención de semilla, entre otros. En base a ello, las reducciones en el consumo ener-

gético y su equivalente en emisiones de CO<sub>2</sub> son las que se muestran en la **Tabla 3**.

### CONCLUSIONES

En la actualidad, no se han encontrado estudios que evalúen de manera integral las fuentes y sumideros de carbono en el manejo de los cultivos, y menos en AC, por lo que resulta arriesgado proponer un valor global de la huella de carbono que suponen estas técnicas a partir de los estudios analizados.

Los trabajos analizados sí permiten evaluar la importancia relativa de cada uno de los procesos implicados en la reducción

de las emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen gracias a las técnicas de AC.

De todos los mecanismos de mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub> que se dan en la AC, el que ha resultado ser más relevante por su impacto sobre la reducción de emisiones, ha sido el efecto sumidero derivado de la fijación del carbono atmosférico en el suelo.

Respecto a los estudios realizados para evaluar las tasas de emisión de CO<sub>2</sub> tras la realización de una labor sobre el suelo, se observa que si bien en todos ellos se repite el mismo patrón, existe una gran variabilidad en los resultados, incluso con un mismo tipo de apero, fruto de la influencia que pueden tener las condiciones climáticas y edáficas.

En base al análisis conjunto de los valores de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se dan en AC, la disminución del número de las labores realizadas sobre el suelo es más determinante que la no alteración mecánica del suelo.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la ayuda para este estudio al proyecto LIFE08 ENV/E/000129 LIFE+ AGRICARBON "Agricultura Sostenible en la Aritmética del Carbono" financiado por el Instrumento LIFE de la Unión Europea.

### BIBLIOGRAFÍA

Queda a disposición del lector en los correos: [egonzalez@aeacsv.org](mailto:egonzalez@aeacsv.org) y [redaccion@editorialagricola.com](mailto:redaccion@editorialagricola.com)

