



La AC como la aportación del campo al freno del cambio climático

Manejo de suelo en la producción de escorrentía y erosión en el olivar

Uso correcto de herbicidas en agricultura de conservación

Normativa agroambiental y AC en las comunidades autónomas

Los niveles de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera han subido vertiginosamente desde la revolución industrial. Como respuesta a este problema, el Protocolo de Kioto establece unos límites a las emisiones de GEI y, teniendo en cuenta que a nivel mundial el sector agrícola produce casi una quinta parte de los GEI, motivado entre otros por el laboreo de volteo de suelo, las técnicas de AC pueden ser la aportación de la agricultura para combatir el cambio climático.

Armando Martínez Vilela, Emilio J. González Sánchez, Manuel R. Gómez Ariza.
Ingenieros agrónomos de la Asociación Española de Agricultura de Conservación/Suelos Vivos.
CIFA Alameda del Obispo. Córdoba

La agricultura de conservación (AC) comprende una serie de técnicas que tienen como objetivo fundamental conservar, mejorar y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales, mediante un manejo integrado del suelo, el agua, los agentes biológicos y los inputs externos (FAO, 2001). Permite de esta forma la conservación del medio ambiente así como una producción agrícola sostenible. Se trata de conseguir una agricultura sostenible en el tiempo, sin degradar los recursos naturales, pero sin renunciar a mantener los actuales niveles de producción, o incluso incrementándolos.

La agricultura de conservación mantiene una cubierta orgánica permanente o semi-permanente sobre el suelo. Esta cubierta puede estar constituida por vegetación viva o



un calentamiento más rápido del suelo y un mejor aprovechamiento de la humedad.

La AC en cultivos leñosos y explotaciones forestales

Para los cultivos perennes se han desarrollado igualmente una serie de técnicas cuyo objetivo final es que el suelo permanezca cubierto y/o inalterado a lo largo del año.

- Cubiertas vegetales. Es el sistema de cultivo que ha demostrado mayores beneficios medioambientales. Consiste en establecer franjas de vegetación, espontánea o sembrada, entre las hileras de árboles. Estas cubiertas son segadas, mecánicamente, químicamente o con ganado, a finales de invierno-principios de primavera, antes de que empiecen a competir con el cultivo, dejándose los rastrojos sobre el suelo.

Situación de la AC en el mundo y España

La revolución de la siembra directa (la modalidad de agricultura de conservación en cultivos anuales con mayores beneficios medioambientales) a nivel mundial comenzó hace unos 25 años, fruto de la labor de una serie de agricultores pioneros y de investigadores que poco a poco consiguieron poner a punto esta técnica en sus diversos aspectos: control de malas hierbas, maquinaria, rotaciones de cultivos, etc. Así se fue preparando el camino para que a finales de los años 80 se produjera la gran expansión de esta técnica. En los últimos años se ha producido un incremento de la superficie a nivel mundial cercano al 600% (**figura 1**). Si bien fueron los positivos efectos medioambientales los que motivaron las primeras investigaciones y la puesta a punto de esta técnica, el principal responsable del rápido desarrollo en los últimos años ha sido el aspecto económico por el ahorro de costes que tienen los agricultores que la practican.

Actualmente se estima la superficie en siembra directa a nivel mundial en 72 millones de hectáreas (Derpsch y Benites, 2003) y la de agricultura de conservación en unos 220 millones. Esta expansión se ha producido fundamentalmente en tres grandes zonas: América del Norte (Estados Unidos, Canadá y México), América de Sur (Brasil, Argentina y Paraguay) y Australia. Especialmente espectacular ha sido la evolución en Latinoamérica. En Ar-

por restos vegetales muertos. Su función es proteger físicamente el suelo de la lluvia, el viento y la intensa radiación solar, además de proporcionar alimento a la fauna del suelo (lombrices y demás). En la agricultura de conservación, estos organismos son los que provocan los beneficios de aireación buscados con el laboreo intensivo.

Laboreo de conservación en cultivos herbáceos

Los rastrojos del cultivo se dejan sobre la superficie del suelo, eliminándose su quema y aquellas labores que entierran gran cantidad de restos vegetales, especialmente las labores de volteo como las realizadas con la vertedera y el arado de discos. De esta forma se reduce la mineralización de nutrientes y se elevan los niveles de materia orgánica. Con este fin, se han puesto a punto desde la década de los treinta diversas técnicas de agricultura de conservación, todas ellas adaptadas a distintas condiciones de suelo, clima y cultivos:

- Laboreo mínimo: en este sistema se realizan labores entre los sucesivos cultivos. Las variantes son muchas, empleándose aperos como el arado cincel ("chísel"), gradas de discos, cultivadores y vibrocultivadores. La cantidad final de rastrojo dependerá del número de operaciones, de la agresividad de las mismas (profundidad, velocidad, etc.) y del tipo de apero.

- Siembra directa: no se realiza ninguna labor entre la cosecha y el establecimiento del siguiente cultivo. El control de malas hierbas se consigue con herbicidas de mínimo impacto medioambiental. Se trata del sistema ideal desde el punto de vista del medio ambiente y, en la mayoría de los casos, agronómico.

- Laboreo en caballones: la siembra se realiza sobre caballones permanentes que son reconstruidos durante el cultivo anterior, normalmente mediante dos operaciones, permitiendo

FIGURA 1.
Evolución de la siembra directa en el mundo



gentina, por ejemplo, en tan solo diez años se ha pasado de 1 millón de hectáreas bajo siembra directa a 14,5 millones, representando actualmente el 52% de la superficie agrícola argentina (Trucco, 2001). En Brasil actualmente ocupa cerca del 45% y en Paraguay el 90% (Derpsch y Benites, 2003).

La introducción de estas técnicas en los países de la UE ha sido más lenta que en los anteriormente reseñados. Aunque no existen estadísticas oficiales sobre la aplicación de estas técnicas, estimaciones realizadas en diversos países a partir de datos de venta de maquinaria de siembra directa o fitosanitarios indican que la penetración en la mayoría de las zonas es inferior al 5% de la superficie. No obstante, se detecta en algunos países un creciente interés y existen comarcas agrícolas en las que gracias a productores pioneros se ha producido una rápida expansión de estos sistemas agrícolas.

Los beneficios para el campo español

España es, por una serie de factores intrínsecos, uno de los países en que las técnicas de agricultura de conservación pueden aportar mayores beneficios:

- Nuestras condiciones climatológicas, topográficas y edafológicas favorecen enormemente los procesos erosivos, acentuados en las últimas décadas por el laboreo intensivo. Más de 50% del suelo agrario tiene un riesgo de erosión medio-alto, cifra que en algunas regiones alcanza el 70%.

- Escasez del recurso agua y gran variabilidad interanual. El agua es, sin duda, el factor limitante de la producción en muchas zonas agrícolas españolas.

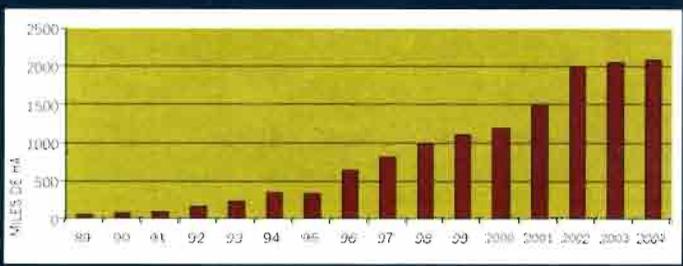
- Bajo contenido de materia orgánica, inferior en muchos suelos españoles al 1,5%, consecuencia en gran parte de los sistemas de manejo del suelo empleados.

Dadas las potenciales ventajas de la AC y su alta aceptación en diversas partes del mundo, con el objeto de comprobar la adaptación de estas técnicas a nuestras condiciones, se iniciaron a principios de los ochenta una serie de ensayos. El número de estas experiencias es considerable, abarcando gran número de grupos de investigación, con ensayos de mínimo laboreo y siembra directa comparándolos a los sistemas convencionales típicos en la mayor parte de los sistemas agrarios españoles. Todos ellos han mostrado la viabilidad económica de los sistemas conservacionistas, con importantes ahorros de costes y tiempo, así como las ventajas medioambientales y agronómicas constatadas científicamente en otros países.

La situación en España (**figura 2**) es similar al resto de Europa, apreciándose en la última década un continuo incremento de la superficie bajo AC, especialmente en mínimo laboreo.

FIGURA 2.

Evolución de la AC en España. (Fuente: AEAC/SV)



Siembra Directa

ELIJA **KUHN**, ELIJA
LA DIFERENCIA



SD 3000 - 4000 - 4500 y F 6000 SD

**MAYOR POLIVALENCIA
PARA UN MAYOR AHORRO**



Discos asurcadores



Discos sembradores

El porvenir pertenece a aquellos que sabrán elegir una máquina con una polivalencia garantizada. Para conseguir este reto, KUHN ha inventado el sistema triple-disco que garantiza una siembra homogénea en todo tipo de suelos: rastrojado, siembra directa o bajo cubierta.

Sistema triple-disco óptimo.
Una exclusividad KUHN.



www.kuhn.es

175
Years of Excellence

La preocupación por el cambio climático. El Protocolo de Kioto

El clima mundial ha evolucionado siempre de forma natural. Los científicos creen, no obstante, que ahora estamos asistiendo a un nuevo tipo de cambio climático. Los niveles de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera han subido vertiginosamente desde la revolución industrial. Como demostración de esta realidad, la temperatura media anual de Europa ha aumentado entre 0,3 y 0,6 °C desde 1990, y se espera que siga aumentando (EEA, 1998).

Los gases con efecto invernadero son:

- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)
- Carburos hidrofluorados (HFC)
- Carburos perfluorados (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Las elevadas emisiones de CO₂ a la atmósfera debido al uso de combustibles fósiles es la principal causa del referido calentamiento global. Se estima que el CO₂ explica el 50% del efecto global de calentamiento derivado de actividades humanas.

Como respuesta a este problema global, en 1992 se firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que entró en vigor en 1994, al que ya se han adherido 188 países. Obliga a todos sus signatarios a establecer programas nacionales de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a presentar informes periódicos, además de exigir a los países signatarios industrializados, aunque no a los países en vías de desarrollo, que establezcan sus emisiones de gases de efecto invernadero en los niveles de 1990 para el año 2000. Sin embargo, este objetivo no es vinculante.

Ya se reconoció en 1994 que los compromisos iniciales de dicha Convención no bastarían para atajar el aumento mundial de las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que el 11 de diciembre de 1997, los Gobiernos dieron un paso más y adoptaron un protocolo anejo en la ciudad japonesa de Kioto. Partiendo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Protocolo de Kioto establece unos límites jurídicamente vinculantes a las emisiones de gases de efecto invernadero en los países industrializados y contempla mecanismos de ejecución innovadores basados en el mercado, cuyo objeto es mantener bajos los costes de poner límite a las emisiones. Después de la adopción del Protocolo de Kioto, siguieron las negociaciones sobre los detalles de los mecanismos que contempla y sobre las reglas de aplicación. Las negociaciones finales concluyeron con la celebración de los Acuerdos de Marrakech en 2001. A día de hoy, el Protocolo todavía no ha entrado en vigor, aunque existen perspectivas optimistas por las recientes declaraciones de los gobernantes rusos, dado que la ratificación por Rusia permitiría la puesta en marcha.

Intervención de la UE en el Protocolo de Kioto

España, como todos los países de la UE-15, aparece como parte firmante en el Anexo I del citado Protocolo. En el centro mismo del Protocolo se encuentran sus objetivos sobre emisiones, jurídicamente vinculantes para las partes (Anexo I). Equivalen a una reducción agregada y compartida entre dichas partes de al menos el 5% con respecto a los niveles de 1990

no más tarde de 2008-2012. Todas las partes (Anexo I) tienen objetivos individuales de emisión, que se enumeran en el Anexo B del Protocolo y que se decidieron en Kioto después de intensas negociaciones. Los 15 Estados miembros de la Comunidad Europea acordaron recurrir a un sistema de cálculo previsto en el Protocolo –la “burbuja comunitaria”– para distribuir proporcionalmente entre ellos sus objetivos globales de reducción. La UE tiene la obligación de reducir sus emisiones globalmente en un 8% (336 millones de toneladas equivalentes de CO₂). Muchos de los aspectos que quedaron abiertos en el Protocolo fueron definidos en los Acuerdos de Marrakech en 2001, entre ellos la inclusión de los sumideros en los suelos agrícolas.

El Protocolo introdujo tres mecanismos innovadores –de ejecución conjunta, para un desarrollo limpio y de comercio de derechos de emisión– cuyo objetivo es conseguir que las medidas de mitigación del cambio climático sean eficaces en relación a los costos, ofreciendo a las partes medios para recortar las emisiones o incrementar los sumideros de carbono, con menos gastos en el exterior que en el propio país.

Establecimiento de grupos de trabajo

Como respuesta a este proceso, la Comisión de la Unión Europea presentó la Comunicación COM (2000) 88 “Sobre políticas y medidas de la UE para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero: Hacia un Programa Europeo sobre el Cambio Climático (PECC)” en el que se establecía un calendario de acciones y se advertía sobre la dificultad de cumplir los compromisos de Kioto, por lo que se hacía un reforzamiento de las políticas. Asimismo se establecía e iniciaba la primera fase



En AC el contenido de carbono del suelo aumenta una o más toneladas/hectárea/año.

del Programa Europeo sobre Cambio Climático de la Comisión Europea, que reunía a todas las partes interesadas para que cooperen en los trabajos preparatorios de políticas y medidas comunes y coordinadas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Se establecieron nueve grupos de trabajo, entre ellos uno sobre agricultura. Como resultado de los Acuerdos de Marrakech se establecieron dos nuevos grupos de trabajo incluyéndose uno sobre sumideros en suelos agrícolas que comenzó su trabajo en el año 2002. El PECC ha presentado hasta la fecha dos informes de progreso, el último en abril de 2003.

Conforme al Protocolo de Kioto, la UE-15 se ha comprometido a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 8% durante el primer período de compromiso comprendido entre 2008 y 2012. Los Estados miembros comparten este objetivo con arreglo a un acuerdo jurídicamente vinculante de reparto de la carga, que fija objetivos individuales de emisión para cada Estado miembro (decisión del Consejo 2002/358/CE de 25 de abril de 2002). El 31 de mayo de 2002, la UE y todos sus Estados miembros (15) ratificaron el Protocolo de Kioto. A España se le posibilita un aumento del 15% respecto al nivel de emisiones en 1990.

Comercio de derechos de emisión

Por otra parte, la UE está poniendo en marcha su propio régimen de comercio de derechos de emisión, en línea con los mecanismos flexibles descritos en el Protocolo. Este régimen afectará a los sectores más intensivos en el uso de energía. Son los llamados "sectores regulados". A través de él, se asignarán a las empresas cuotas para sus emisiones de GEI, que posteriormente pueden intercambiar con otras empresas, siendo la cantidad global de cuotas para las empresas reguladas junto con la cuota para los sectores no regulados fija y coincidente con el objetivo de reducción de Kioto. La Directiva que lo regula se publicó el 13 de octubre de 2003 en el DOCE, y el régimen de comercio de derechos de emisión entrará en funcionamiento el 1 de enero de 2005.

El déficit de derechos de emisión con que se encontrará España tras la asignación será previsiblemente importante, teniendo en cuenta que en el año 2000 nuestras emisiones ya se situaban un 33,7% por encima de las de 1990. Las posibilidades de cumplir este compromiso son escasas. Las previsiones de crecimiento de nuestras emisiones, tras considerar la puesta en marcha de importantes inversiones para alcanzar una mayor eficiencia energética, y la introducción de tecnologías de menor índice de emisiones que las actuales, se elevan a más del 55% de crecimiento: cuarenta puntos por encima de las emisiones de gases de efecto invernadero permitidas por Kioto. El exceso de emisiones en que se incurrirá, estimado en 123 millones de toneladas de CO₂, no será gratuito: tendrá un precio en el mercado europeo de emisiones y en otros mercados a los que es posible acudir que podría oscilar entre 15 y 30 euros la tonelada. Esto supondría un desembolso para la economía española de entre 1.800 y 3.600 millones de euros anuales (Carbajal, 2004).

Efectos sobre la economía española

A la luz de los resultados de este estudio (Carbajal, 2004) se concluye que la economía española experimentará los siguientes efectos:

- Un impacto inmediato, en forma de un incremento del

LO PRIMERO, LA INVESTIGACION



TRIGO DURO:
SIMETO, CICCIO,
COLOSSEO,
ITALO, GIANNI,
CANNIZZO,
CONCADORO

TRIGO BLANDO:
SERIO, GENIO

CEBADA:
ALISEO, NURE

VEZA:
MARIANNA, JOSE,
FRANCESCA,
NIKIAN, PEPE

GIRASOL:
ELIOGEN, LAURA

FORRAJERAS



PRO.SE.ME. SEMILLAS, S.L.

Avda. Gran Capitán, 46. Pl. 3°. Of. 7

14006 - CORDOBA (ESPAÑA)

Tfno: 957 490 799 - Fax: 957 486 587

E-mail: proseme.semillas@proseme.com

www.proseme.com

0,651% en el Índice de Precios Industriales (IPRI) en un único período, así como un aumento del 2,551% en el Índice de Precios de Consumo (IPC) y de 0,556% en el Deflactor del Producto.

- El incremento anterior será del 1,124% en el IPRI, del 2,724% en el IPC y del 0,961% en el Deflactor del Producto, si los salarios se revisan con el IPC durante el año siguiente a la subida de los precios.

- Una reducción del producto de entre 0,29% y 0,96%, bajo la hipótesis de que, al crear un mercado de compra-venta de derechos de emisión, las industrias (o el Gobierno) adquieren los necesarios para no reducir sustancialmente sus emisiones.

- Una pérdida del producto acumulado real entre 2008-2012 (expresada en euros de 2003) de algo más de 4.000 millones de euros, es decir, casi el doble de la factura directa inicial.

Los GEI en agricultura

A nivel mundial, el sector agrícola produce algo menos de una quinta parte de los gases de efecto invernadero (GEI) que provocan dicho calentamiento global (**cuadro I**), siendo el causante del 50% al 70% de las emisiones de metano y de óxido nítrico, y de un 5% de las de CO₂ (Cole, 1996a). La deforestación, los incendios forestales y otros cambios de uso del territorio causan otro 14% de emisión adicional. La práctica de laboreo de inversión-volteo del suelo en sí mismo es la causa principal de las emisiones de CO₂ en las áreas cultivadas (Lal, 1997).

El secuestro de carbono en los suelos agrarios puede considerarse en las contabilidades de emisiones de CO₂ de acuerdo al artículo 3.4 del Protocolo de Kioto. En el Acuerdo de Bonn de julio de 2001 se clarificó este artículo estableciéndose que se podrán considerar como actividades elegibles los cambios de sistemas de manejo de cultivos siempre que hayan ocurrido después de 1990 y sean inducidos por el hombre. El Acuerdo de Marrakech estableció reglas jurídicamente vinculantes para el informe y la contabilidad de los sumideros agrícolas. Por tan-

to, el secuestro de C en los suelos agrarios es un mecanismo que España puede utilizar para cumplir con sus objetivos de emisiones para el período 2008-2012.

El beneficio de emplear agricultura de conservación

Históricamente, el laboreo intensivo de las tierras agrícolas ha causado pérdidas sustanciales (desde un 30% al 50%) del carbono del suelo (Davidson y Ackerman, 1993). Si tenemos en cuenta que una reducción del 1% en el carbón orgánico en los primeros 30 centímetros de suelo provoca unas emisiones a la atmósfera de alrededor de 166 toneladas de CO₂ por hectárea (Reicosky, 2001), nos daremos cuenta del impacto que la agricultura tuvo y puede tener en la emisión de CO₂ cuando las prácticas de manejo conducen a una disminución del contenido de materia orgánica. El laboreo de los suelos facilita el contacto del carbono presente en el suelo con el oxígeno del aire. Esto produce la oxidación del carbono liberando CO₂ a la atmósfera, a la vez que se pierde el carbono del suelo.

Por el contrario, en la agricultura de conservación (siembra directa-no laboreo) el contenido de carbono del suelo se incrementa anualmente en una cantidad de una o más toneladas por hectárea (Arrúe, 1997). Por esto, se estima que en los 17 millones de hectáreas incluidas en el Programa de Conservación de EE.UU. (y que engloba terrenos con riesgo elevado de erosión que se han convertido en praderas de no laboreo permanente) se contribuirá a una reducción del 45% del CO₂ emitido en zonas agrícolas de dicho país (Gebhart et al, 1994). En consecuencia, y siempre en base a sólidos resultados científicos, hay actualmente una fuerte tendencia a favor de la adopción de las técnicas conservacionistas a fin de prevenir las pérdidas del carbono del suelo, las emisiones extra de CO₂ a la atmósfera y a la vez para aumentar el contenido de carbono del suelo (Lal, 1997; Pautian, 1998; Reicosky, 1995). Cuanto menos se laboreo el suelo, éste adsorbe y almacena más carbono y, por consiguiente, sintetiza más materia orgánica, lo que a

largo plazo aumenta su capacidad productiva y al mismo tiempo disminuye el CO₂ que se libera a la atmósfera. Sin embargo, la magnitud de la respuesta de estos sistemas de AC varía considerablemente en función de las condiciones edafológicas y climáticas (Álvaro et al, 2003).

Según un estudio reciente (Tebrügge, 2001) basado en la UE de los 15, en el caso de que el 70% de la superficie agrícola útil estuviese bajo siembra directa y mínimo laboreo, la reducción de emisiones de CO₂ sería de algo más de 135 Mt. Teniendo en cuenta las obligaciones asumidas con el Protocolo de Kioto, en el 2012 la UE-15 deberá reducir sus emisiones de CO₂ un 8% con respecto a las 4,33 Gt CO₂ emitidas en 1990. Esto supone una necesidad de reducción de 346,4 Mt CO₂, que mediante AC sería un objetivo alcanzable en menos de 3 años. En este estudio se asume que el almacenamiento de una tonelada de carbono produce una captura de 3,7 toneladas de CO₂ y que un consumo de 100 litros de gasoil produce la emisión de 303 kg de CO₂. Asimismo se asume que la siembra directa produce un aumento de carbono en el suelo de 0,77 t/ha/año y el mínimo laboreo de 0,5 t/ha/año. ■

CUADRO I. EMISIONES DE EQUIVALENTES DE CO₂ POR ACTIVIDADES

Emisiones GEI MILL T CO ₂ EQ	Año base 1990	2000 (Mt CO ₂)	2010 (Mt CO ₂)	Incremento emisiones 1990-2010	Déficit	Derechos a adquirir anuales (Mill)
Generación eléctrica	63.7	87.8	85.5	34%	19%	12.2
Refino de petróleo	12.2	14.5	16.6	36%	19%	2.6
Cemento	21.5	25.5	34.5	60%	45%	9.7
Cal, vidrio, cerámica	8.8	12.4	15.0	70%	55%	4.9
Papel y pasta de papel	2.7	3.5	3.7	36%	21%	0.6
Siderurgia	14.2	11.0	13.4	-6%	0%	0.0
TOTALES	123.2	154.7	168.6	37%		29.9
Transporte	70.1	99.9	138.7	98%	83%	58.2
Agricultura	37.4	43.6	46.0	23%	8%	3.0
Químico	7.1	9.2	12.0	70%	55%	3.9
Alimentación	3.7	3.5	4.8	29%	14%	0.5
Metal no ferr	2.4	3.1	4.4	80%	65%	1.6
Resto industria procesos	10.7	24.8	26.0	143%	128%	13.7
Residuos	9.4	14.6	14.6	55%	40%	3.8
Servicios	3.9	7.0	6.9	80%	65%	2.5
Residencial	14.2	18.2	22.8	60%	45%	6.4
Emis fugitivas	6.4	5.7	5.7	-10%	0%	0.0
TOTALES	165.3	229.6	282.0	71%		93.5
TOTALES	289	384	451	56%		123.4