



# La agricultura de conservación

## Una vía hacia el desarrollo sostenible

**Jesús A. Gil Ribes**  
 mc1giroj@uco.es  
**Emilio González**  
 egonzalez@aeac-sv.org  
 Asociación Española  
 de Agricultura de  
 Conservación

**H**ay una clara interdependencia entre la agricultura y el medio ambiente. En la Unión Europea, el 50% del territorio se dedica a la agricultura y el 27% a bosques. En las últimas décadas, la Política Agraria Común europea (PAC) ha favorecido la modernización de la agricultura. Sin embargo, dicha modernización ha venido acompañada de efectos perjudiciales para el medio ambiente por el laboreo intensivo del suelo y/o la quema de rastrojo.

La degradación de los suelos agrarios debido a los procesos de erosión es posiblemente el principal problema medioambiental causado por la agricultura convencional. En Europa, la erosión afecta actualmente a unos 157 millones de hectáreas (16% de la superficie europea, casi tres veces la superficie total de Francia). La tasa media de erosión de los suelos agrarios en Europa (17 toneladas por hectárea y año) supera ampliamente la tasa media de formación de suelo (1 tonelada por hectárea y año). La erosión afecta a la mayor parte de los países de la UE, y sobre todo al área mediterránea. En dicho área, caso de España, casi la mitad de su suelo agrícola tiene un riesgo de moderado a alto de erosión (ver figuras 1 y 2). La erosión de los suelos agrarios tiene una considerable incidencia económica negativa sobre la producción agrícola y sobre las infraestructuras próximas a las zonas agrícolas afectadas (corrimiento de tierras en carreteras, colmatación de embalses...).



Figura 1. Olivar en laboreo tradicional con procesos de erosión avanzados.



Figura 2. Pérdida de suelo por laboreo en naranjos.

Las prácticas de la agricultura convencional contribuyen al deterioro de la calidad de las aguas superficiales. Los sedimentos de los suelos agrí-

colas erosionadas que se transportan en las aguas de escorrentía, son el contaminante más importante de éstas (figura 3). Con los sistemas de agricultura de conservación se reduce en gran medida la erosión del suelo, lo que conlleva una disminución estimada de más del 70% de los herbicidas transportados, de más del 85% de los óxidos de nitrógeno y del 65% de los fosfatos solubles, y además se reduce en un 69% las pérdidas de agua por escorrentía, en comparación con las áreas en donde se llevan a cabo labores de suelo convencionales.



Figura 3. Erosión y arrastre de sedimentos en un suelo alomado.



Figura 4. Quema de rastrojo de trigo y pérdida de la cubierta vegetal del suelo.

En la *agricultura convencional*, debido a la quema de rastrojo y el laboreo intensivo del suelo (figura 4), se producen emisiones extras de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a la atmósfera y se reduce la capacidad de almacenamiento en el suelo de carbono (C). Esto se traduce, por un lado, en una disminución de su materia orgánica y, por otro, en un aumento del calentamiento global de la tierra. La biodiversidad se reduce considerablemente, puesto que el suelo permanece desnudo durante largos periodos de tiempo, sin suministrar alimento ni cobijo para gran parte de la fauna en periodos críticos de su desarrollo. Por el contrario, los sistemas de conservación, al dejar residuos vegetales en la superficie del suelo, proporcionan unas condiciones adecuadas para el desarrollo de numerosas especies.

Otro factor importante de la agricultura de conservación es su mayor rentabilidad económica en comparación con la convencional. En términos generales, reduce el trabajo que conllevan las operaciones propias del laboreo entre un 15-50%, y disminuye el consumo de energía, incrementándose el rendimiento energético entre el 25-50%.

### Definiciones y técnicas en la agricultura de conservación

De acuerdo con el consenso alcanzado entre el entonces Ministerio de Agricultura y la Asociación Española de Agricultura de Conservación-Suelos Vivos (AEAC-SV), la agricultura de conservación (AC) se define como “un sistema de producción agrícola sostenible, que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las exigencias del cultivo y a las condiciones locales de cada región, cuyas técnicas de cultivo y de manejo de suelo lo protegen de su erosión y degradación, mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyen a la preservación de los recursos naturales agua y aire, sin menoscabo de los niveles de producción de las explotaciones”.

Las prácticas agronómicas englobadas en los sistemas de AC se fundamentan en tres principios: i) mínima alteración del suelo; ii) cobertura permanente del suelo, y iii) rotación de cultivos, siendo las más representativas, tanto en cultivos anuales como en cultivos leñosos, las siguientes:

#### La siembra directa

Es “una práctica agronómica de agricultura de conservación en cultivos anuales, en la que no se realizan labores; al menos el 30% de su superficie se encuentra protegida por restos vegetales, y la siembra se realiza con maquinaria habilitada para sembrar sobre los restos del cultivo anterior”. Se trata de la práctica agronómica de mayor grado de conservación en cultivos anuales. Un indicador válido para evaluar la correcta implantación de la *siembra directa* es el incremento de materia orgánica producido en los primeros centímetros en el perfil del suelo. El resto vegetal podrá estar compuesto por: rastrojo (el resto de cultivo que queda en pie tras la cosecha), paja (el resto de cultivo cortado tras la cosecha) y flora adventicia. Las técnicas de cultivo a emplear en la siembra directa son las siguientes:

- Se ha de realizar una labor de picado y/o esparcido de la paja, de cara a conseguir una cobertura homogénea sobre el suelo (figura 5).

- El control de las hierbas adventicias se realiza con productos autorizados para esos usos.
- La aplicación de fertilizantes podrá realizarse mediante inyección o incorporación en bandas.
- En algunos casos concretos, en los que las condiciones edafológicas de la explotación así lo aconsejen, puede ser necesario realizar cada cierto periodo de tiempo (número de años) una labor de descompactación del suelo con aperos que permita mantener el porcentaje de suelo cubierto exigible.



Figura 5. Picado de paja con la cosechadora.

### El mínimo laboreo

Es “una práctica agronómica de agricultura de conservación en cultivos anuales, en la que las únicas labores de alteración del perfil del suelo que se realizan son de tipo vertical y han de permitir que, al menos, el 30% de su superficie se encuentre protegida por restos vegetales”. El *mínimo laboreo* es una práctica de menor grado de conservación, pero fundamental para los agricultores que quieran hacer AC y no tengan medios para implantar la *siembra directa* en sus explotaciones. Ofrece la posibilidad de realizar agricultura de forma sostenible y respetuosa con el medio ambiente sin reducir la rentabilidad de las explotaciones. Puede ser frecuente que con ella no se consiga el 30% de cobertura. En todo caso, se exige que no se realicen labores de volteo del suelo, y se recomienda catalogar la maquinaria de laboreo en función del grado de alteración del perfil del suelo y del porcentaje de restos vegetales que quedan en superficie después de la labor (figura 6). En función de dicha catalogación, la maquinaria se consideraría como “apta” o “no apta” para su utilización en ML. Las técnicas de cultivo a emplear en esta práctica de mínimo laboreo son las siguientes:

- Se recomienda que, en las labores verticales a realizar, la separación entre los brazos del apero sea suficiente para conseguir el porcentaje de cubierta exigible.

- El control de las hierbas adventicias se ha de realizar con productos autorizados para esos usos o con cultivadores en la preparación de la siembra que permitan un porcentaje de cobertura de suelo acorde con los niveles exigibles.



Figura 6. Labranza vertical que permite la pervivencia de gran parte del rastrojo.

### Las cubiertas

Son “una práctica agronómica de agricultura de conservación en cultivos leñosos, en la que, al menos, un 30% de la superficie del suelo libre de copa se encuentra protegida por una cobertura viva o inerte”. El periodo de tiempo en el que ha de mantenerse la cubierta para una eficaz protección frente a la erosión, ha de comprender la totalidad del ciclo vegetativo del árbol, por lo que se trata de un sistema de cultivo permanente y no de temporada. Como “cobertura viva” se entiende cubierta vegetal sembrada, cubierta vegetal espontánea y/o restos vegetales (figuras 7 y 8). Como “cobertura inerte” se entiende piedras y/u otros compuestos inertes. En el caso de cubiertas vegetales vivas, el crecimiento puede ser controlado de manera mecánica, química o mediante pastoreo controlado.



Figura 7. Cubierta vegetal viva de vegetación espontánea antes de su control.

▼  
En la agricultura convencional, debido a la quema de rastrojo y el laboreo intensivo del suelo, se producen emisiones extras de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera y se reduce la capacidad de almacenamiento en el suelo de carbono (C)



Figura 8. Cubierta vegetal viva a la que se incorporan los restos picados de poda.

### Factores a tener en cuenta en la agricultura de conservación

#### La agricultura de conservación comienza en la recolección

El manejo de los residuos vegetales debe comenzar en el momento de la recolección de la cosecha con una distribución apropiada del rastrojo tras el paso de la cosechadora. El nivel de cobertura del rastrojo que queda depende principalmente de dos factores: el tipo de cultivo y el rendimiento obtenido. En casi todos los casos la cobertura de residuo tras la cosecha es del 70% o aún mayor. Las cosechadoras deben utilizar cabezales de entre 5 y 6 m. No se debe dejar acumular en franjas el residuo del cultivo tras el paso de la cosechadora. Los problemas asociados con una mala distribución del residuo por parte de la cosechadora son los siguientes:

- > Insuficiente control de las malas hierbas por la interceptación de los herbicidas.
- > Mal funcionamiento y mayores exigencias en las máquinas de siembra directa.
- > Mal contacto semilla-suelo (como consecuencia de un embutido de la paja) y excesivo residuo sobre los surcos de siembra.
- > Aumento de las plagas (insectos y roedores).
- > Mayor concentración de semillas de malas hierbas.
- > Mala absorción de los nutrientes por la planta (por interceptación).

#### Flora adventicia en el no laboreo

En numerosas situaciones de *siembra directa* es aconsejable usar una mezcla de herbicida total (contacto o traslocación) con otro herbicida de acción residual. El herbicida total actúa sobre la vegetación existente, antes o inmediatamente después de la siembra del cultivo. El herbicida residual se aplica normalmente antes o después

de la siembra del cultivo, para controlar la nueva emergencia de las hierbas. Además de lo anterior, en muchos cultivos se necesitará la aplicación de herbicidas de posemergencia para controlar las gramíneas (de hoja estrecha), dicotiledóneas (de hoja ancha) o ambas. Esta última aplicación de herbicidas *ex-post* suele ser similar a la que requieren los cultivos en régimen convencional de laboreo. El programa de control de herbicidas debe basarse en una inspección de las parcelas del terreno, en las que se constaten las infestaciones (especies y desarrollo de las mismas).

El agricultor de AC es conocedor de que debe manejar las hierbas adventicias de una manera racional. Hay que saber qué producto aplicar en el momento adecuado y a la dosis adecuada para hacer un tratamiento eficaz. Recomendaciones fundamentales son el empleo de semillas libres de hierbas, de buena calidad y alto poder germinativo, que haga que el cultivo cubra el suelo, sombreándolo y evitando germinaciones de hierbas.

El equipo de tratamientos es clave en el éxito de estas técnicas (figuras 9 y 10), pues debe *estar en buenas condiciones y bien regulado*. Deben usarse boquillas antideriva de chorro plano o abanico, uniformemente distribuidas y distanciadas 50 centímetros entre sí y a una altura uniforme de 50 centímetros del suelo. Las boquillas se deben sustituir cada campaña, ya que es más barato hacerlo que asumir el coste del producto que se desperdicia si no se sustituyen. El manómetro debe calibrarse o sustituirse cada dos o tres años.



Figura 9. Barra de tratamientos con boquillas antideriva (izq.) y normales (derecha).

#### Rotaciones de cultivos

La flora arvense es más fácil de controlar en unos cultivos que en otros. Así, las hierbas gramíneas se controlan con dificultad en el maíz y trigo, y pueden ser más fácilmente controladas en el al-

▼  
**El herbicida total actúa sobre la vegetación existente, antes o inmediatamente después de la siembra del cultivo. El herbicida residual se aplica normalmente antes o después de la siembra del cultivo, para controlar la nueva emergencia de las hierbas**

Figura 10. Tratamiento en la zona de los pies de olivar con mala altura de boquillas. Obsérvese el nacimiento de la cubierta sembrada sobre los restos de anterior año.

godón o girasol. De forma similar, las hierbas crucíferas se controlan con dificultad en el cultivo de colza y girasol, y por el contrario son fáciles de controlar en los cereales de invierno. Los ejemplos anteriores ilustran la importancia de la rotación de cultivos como una estrategia más en el control de las malas hierbas. Por otro lado, la rotación de cultivos normalmente también lleva consigo el uso de diferentes herbicidas con diferente modo de acción, lo que es importante para prevenir la aparición de hierbas “difíciles de controlar” y de hierbas “resistentes” (con resistencia adquirida a un herbicida o familia de herbicidas con un específico modo de acción).



Un cultivo que cubra pronto el suelo (por ejemplo, trigo o cebada, sembrado con una alta densidad de semilla de siembra) “sombrea” pronto las hierbas y, en definitiva, hace difícil su desarrollo. Por el contrario, los cultivos sembrados en surcos espaciados (maíz y soja sembrados a unos 60-70 cm entre surcos, por ejemplo) compiten más débilmente con ellas. En el caso de que el control herbicida no haya tenido éxito, realizar pases de bina en posemergencia de los cultivos puede ayudar a controlar las malas hierbas.

### Fertilización

El laboreo de conservación altera mucho menos el suelo que el laboreo convencional, y además mantiene la superficie cubierta con los residuos de las cosechas anteriores. Con este sistema se originan unas condiciones distintas al laboreo convencional, que modifican el ciclo de los nutrientes e influyen en el aprovechamiento de los fertilizantes. Entre los factores que más incidencia tienen en el comportamiento y eficiencia de los abonos se pueden destacar los siguientes:

- El cambio del régimen de humedad de los suelos.

- Los suelos se vuelven algo más fríos y las oscilaciones térmicas de la superficie disminuyen.
- Se produce una acumulación superficial de los nutrientes menos móviles.
- La materia orgánica y la actividad biológica crecen en los primeros centímetros del suelo.
- La superficie tiende a acidificarse.
- Los sistemas radiculares de las plantas se modifican.
- La estructura del suelo mejora y se desarrolla de forma natural, y los agregados incrementan su estabilidad.
- La densidad aumenta y se mantiene constante a lo largo del año agrícola, y en ciertos suelos pueden presentar, en especial en los primeros años, una tendencia a la compactación.

El laboreo agota los ya escasos contenidos iniciales de materia orgánica, fuente principal de nitrógeno para las plantas. Esta escasez hay que suplirla con el nitrógeno de los fertilizantes. Su empleo ha de ser lo más correcto posible, pues son caros y, en general, muy solubles. La urea y los nitratos no son retenidos en el suelo, por lo que los riesgos de pérdidas por lavado y de contaminación difusa de las aguas son mucho mayores que en otros abonos.

En la AC existe riesgo de disminuir la eficiencia de estos fertilizantes y, por tanto, una mayor necesidad de un aporte extra de nitrógeno. Sin embargo, las modificaciones que sufre el suelo a largo plazo (entre las que destaca el incremento de la materia orgánica en superficie), así como la presencia de abundantes restos de cosechas en la superficie, la ausencia de labores, la menor temperatura, un sistema de poros inalterado, un contenido de agua mayor en el perfil y una mayor actividad microbiana en los primeros centímetros del suelo, son factores que influyen en el ciclo del nitrógeno y que, al parecer, contrarrestan esta potencial pérdida de efectividad de los fertilizantes nitrogenados en la AC.

Por todo lo anterior se aconseja no variar las dosis normalmente empleadas y observar el comportamiento de los cultivos, procurando utilizar nitratos con preferencia a otras fuentes y fertilizar antes de unas lluvias moderadas. Si se puede, se aconseja localizar los fertilizantes con la siembra a unos centímetros al lado y por debajo de las semillas (figuras 11 y 12).

En la AC se puede utilizar cualquier abono de fósforo soluble. Las dosis han de ser las mismas que se recomiendan para el laboreo convencional, independientemente del sistema de reparto elegido. La asimilabilidad del potasio puede ser mayor en la AC. En los climas templados y en

suelos con un nivel adecuado de potasio, el tipo de laboreo no parece tener una influencia decisiva en la absorción de potasio y en su incidencia en la producción final.



Figura 11. Sembradora directa con doble tolva para siembra y abonado localizado. No tiene disco de corte de rastrojo y dispone de disco doble de apertura del surco.



Figura 12. Sembradora directa con equipo de inyección-localización de abono. Carece de disco de corte de residuos y tiene disco simple de apertura del surco.

### La operación de siembra

Un exceso de paja, sobre todo si no está bien picada y distribuida, y no se dispone o no se maneja adecuadamente la maquinaria de siembra directa, puede dificultar la siembra del cultivo siguiente. El picado y distribución de los restos vegetales de los cultivos deben llevarse a cabo durante la cosecha. En el caso de los cereales (trigo, cebada, avena), si se empaqueta gran parte de la paja se facilita la siembra del cultivo siguiente, al permanecer sobre el suelo poca cantidad de residuos; no obstante, en este caso disminuye la presencia de cubierta protectora del suelo.



Figura 13. Sistema de esparcido de paja acoplable a cosechadora.

En el caso de que no se empaque la paja, ésta se debe de picar y esparcir, operaciones que pueden llevarse a cabo con la propia cosechadora, dotándola del sistema de picado-esparcimiento correspondiente (figura 13). Dicho sistema se adosa en su parte posterior en el caso del trigo y de la cebada, o en la barra de corte, en el caso de otros cultivos, como el maíz y el girasol (figura 14). En algunos casos se han desarrollado aperos específicos para el manejo de las cañas del girasol (figura 15).



Figura 14. Sistema de picado de las cañas de girasol en el cabezal de la cosechadora.



Figura 15. Apero para el derribo y picado de las cañas de girasol sin alterar el suelo.

En el *laboreo mínimo* (labranza vertical o reducida antes de la siembra) la presencia de residuos disminuye y la operación de siembra es menos comprometida. En la *siembra directa*, en cambio, se requiere maquinaria específicamente diseñada o la adaptación de componentes originalmente destinados a sembrar en suelo labrado sin residuo, para que sean capaces de operar con restos de cosechas de distintas formas y situaciones (anchos o estrechos, largos o cortos, en pie o tendidos, unidos al suelo o sueltos). En ningún caso se puede esperar que las sembradoras específicas o adaptadas a la siembra directa trabajen adecuadamente en suelos en los que los restos vegetales no están bien pi-

cados y distribuidos. Las sembradoras directas deben reunir las siguientes características:

- > Peso suficiente para atravesar los residuos vegetales.
- > Capacidad de abrir un surco lo suficientemente ancho (varios cm) y profundo (de hasta 4-6 cm) como para albergar adecuadamente la semilla.
- > Rigidez y resistencia de sus elementos para soportar las mayores cargas.
- > Posibilidad de regular la dosificación y esparcimiento de semillas de distinto tamaño y asegurar su adecuado recubrimiento.
- > Poder modificar su configuración para adaptarse a diferentes cultivos y aceptar la inclusión de elementos de abonado y tratamientos.

Para ello disponen de una serie de componentes que pueden clasificarse en seis tipos: de corte de residuos y suelo; de preparación de la hilera; de apertura del surco; de fijación y cubrición de la semilla; de cierre del surco, y elementos de abonado y tratamientos. Los elementos de corte de residuos, si se usan separadamente, preceden a todos los demás; cortan y/u orientan los residuos superficiales en la hilera de siembra y cortan o aflojan el suelo para mejorar la acción de los siguientes componentes (figuras 16 y 17). Para el corte de residuos, los discos son los elementos que mejor se comportan, existiendo de diversos tipos: lisos, acanalados, estriados, ondulados.



Figura 16. Sembradora directa de precisión con disco de corte de residuos, disco doble de apertura del surco de siembra, control de profundidad en cada cuerpo por rueda neumática y cierre del surco por dos ruedas en V.

Los elementos de apertura del surco de siembra pueden estar precedidos o no por los elementos de corte de residuos y preparación de la hilera, siendo frecuente que el corte de residuos y apertura del surco los realice un mismo elemento. Su trabajo depende de la velocidad de avance, tipo y estado del suelo y residuo, y de la profundidad de siembra. Se emplean discos simples (figura 12), dobles (figura 11) y triples y accionados, así como rejas (cultivador, chisel, tipo sable, ala ancha) (figuras 18 y 19). Los discos suelen ser más pequeños que los de corte de re-

siduos, para reducir la fuerza de corte necesaria. Las rejas deben ser agudas y atacar con un ángulo elevado, lo que lleva a que necesiten bastante menos peso por unidad (figura 20).



Figura 17. Sembradora directa de precisión con disco de corte de residuo con patín de control, ruedas de limpieza del surco y disco doble de apertura del surco de siembra.



Figura 18. Sembradora directa de chorrillo de disco único, con rueda fijadora y cierre por rueda inclinada.



Figura 19. Sembradora directa de chorrillo con disco de corte de residuos delantero y apertura del surco con disco doble.



Figura 20. Sembradora directa de reja.

▼  
Los elementos de apertura del surco de siembra pueden estar precedidos o no por los elementos de corte de residuos y preparación de la hilera, siendo frecuente que el corte de residuos y apertura del surco los realice un mismo elemento

Cuadro 1

### PRINCIPALES BENEFICIOS MEDIOAMBIENTALES DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

<b>PARA EL SUELO</b>	Reducción de la erosión Incremento en los niveles de materia orgánica Mejora de la estructura Mayor biodiversidad Incremento de la fertilidad natural del suelo
<b>PARA EL AIRE</b>	Fijación de carbono Menor emisión de CO <sub>2</sub> a la atmósfera
<b>PARA EL AGUA</b>	Menor escorrentía Menor contaminación de aguas superficiales Mayor capacidad de retención de agua Menor riesgo de inundaciones

### La AC y los principales problemas ambientales de España

El Plan Estratégico Nacional de Desarrollo Rural 2007-2013 reconoce a la erosión, la escasez de agua y al cambio climático como problemas a los que se debe hacer frente en España. Los principales beneficios ambientales de la AC se reflejan en el cuadro 1, presentándose como una eficaz herramienta a disposición del agricultor y el legislador.

#### Disminución de los procesos erosivos

Conviene recordar que la erosión es el mayor problema ambiental que padece nuestro país. Según el Mapa de Erosión de España de 1991 del ICONA, el porcentaje de suelos con riesgo medio o alto de erosión supera el 40% de nuestra superficie agrícola, lo que facilita los procesos de desertificación, que son especialmente graves en el sureste de España. En general, aunque existen variaciones en función del tipo de suelo y condiciones locales, las técnicas de agricultura de conservación (siembra directa y laboreo de conservación) reducen la erosión del suelo hasta un 90% y 60%, respectivamente, en comparación con el laboreo convencional.

#### Mejora de los contenidos de materia orgánica

Está ampliamente contrastado que cuando se cambia de la agricultura convencional (laboreo intenso) a la de conservación, el contenido en materia orgánica del suelo aumenta con el tiempo, con todas las consecuencias positivas que ello conlleva. Aproximadamente, el 50% del peso de los residuos de cosecha corresponde a carbono, por lo que es clave como fuente de carbono orgánico en suelos

agrícolas (Crovetto, 2002). En ensayos realizados con una rotación trigo-girasol-leguminosa en la finca Tomejil en Carmona (Sevilla), tras más de veinte años de ensayos en *siembra directa*, comparando con el sistema convencional, el suelo ha aumentado en torno al 40% su contenido en materia orgánica, incrementándolo en 18 t/ha en los primeros 52 cm del perfil (figura 1). Asimismo, los contenidos de nitrógeno, de potasio y fósforo disponibles también resultaron superiores en el sistema conservacionista (Ordóñez et al., 2007).

#### Aumento de la biodiversidad

Los sistemas agrícolas con abundantes restos de cosecha sobre el suelo, como son los de agricultura de conservación, proveen de alimento y refugio a muchas especies animales durante períodos críticos de su ciclo de vida. De ahí que con la AC prospere gran número de especies de pájaros, pequeños mamíferos, reptiles y lombrices, que viven en equilibrio ecológico en beneficio del ecosistema. Este equilibrio es fundamental y se constata haberse logrado en los campos de AC. En el caso de lombrices, en ensayos realizados en España (Cantero y Ojeda, 2004), con *siembra directa* se han alcanzado 200 individuos por metro cuadrado en los primeros 20 cm de suelo, frente a sólo 30 individuos en agricultura convencional. En *siembra directa*, esta cifra equivale a unos 600 kg de biomasa por hectárea (casi un 700% más que en convencional). Asimismo, la práctica de AC incrementa la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas en la superficie del suelo, como registraron Madejón et al. (2007) en un ensayo comparativo de laboreo convencional y siembra directa bajo una rotación trigo-girasol iniciada en 1991, donde las técnicas conservacionistas mejoraron el estado biológico del suelo.

▼  
Según el Mapa de Erosión de España de 1991 del ICONA, el porcentaje de suelos con riesgo medio o alto de erosión supera el 40% de nuestra superficie agrícola, lo que facilita los procesos de desertificación, que son especialmente graves en el sureste de España



**Cuadro 2**  
**CONSUMOS DE ENERGÍA Y PRODUCTIVIDADES ENERGÉTICAS EN ESPAÑA**

	CONSUMO DE ENERGÍA (Gj*ha <sup>-1</sup> )		PRODUCTIVIDAD ENERGÉTICA (toneladas de producto*Gj <sup>-1</sup> )	
	Lab. convencional	Agric. de conserv.	Lab. convencional	Agric. de conserv.
<b>ANDALUCÍA (Sevilla)</b>				
Girasol tras trigo (Tomejil)	4,00	2,10	0,23	0,50
Garbanzo tras girasol (Tomejil)	11,60	9,95	0,06	0,08
Trigo tras garbanzo (Tomejil)	17,80	16,20	0,31	0,32
<b>CASTILLA-LA MANCHA (Toledo)</b>				
Cebada tras veza (S. Olalla)	13,70	12,80	0,22	0,24
Veza tras cebada (S. Olalla)	7,90	5,60	0,45	0,60
<b>MADRID (Alcalá de Henares)</b>				
Trigo tras barbecho	18,00	16,20	0,26	0,31
Trigo tras veza	13,00	12,10	0,19	0,22
Veza tras trigo	5,60	5,00	1,36	1,60
Cebada invierno (monoc.)	12,20	11,10	0,24	0,27
Cebada primavera (monoc.)	13,10	12,10	0,20	0,19
Guisante forrajero	6,50	6,10	0,67	0,71
<b>NAVARRA</b>				
(Zona árida)				
Cebada invierno	8,30	6,50	0,26	0,27
(Zona media)				
Cebada invierno	13,80	11,70	0,30	0,39
Trigo invierno	14,70	12,60	0,38	0,44
Veza (heno)	7,40	5,90	0,50	0,85
(Zona B. Montaña)				
Trigo invierno	17,20	15,10	0,43	0,43
Cebada invierno	15,80	14,80	0,32	0,32
Colza	22,50	21,00	0,14	0,17
<b>GALICIA (Lugo)</b>				
Maíz forrajero	27,30	23,40	0,49	0,53
<b>CATALUÑA (Lérida)</b>				
Cebada invierno (Guissona)	13,40	11,70	0,28	0,36
Cebada invierno (Agramunt)	12,90	11,20	0,25	0,34
<b>ARAGÓN (Huesca)</b>				
Cebada invierno (Candasnos)	12,60	10,90	0,15	0,13

Fuente: Herranz (2005).

### Mejora de las aguas superficiales

El rastreo, o restos vegetales de la cosecha anterior sobre el suelo que caracteriza a la AC, retiene en gran medida los fertilizantes y pesticidas en la zona agrícola (Dillaha et al., 1989) en que fueron aplicados, hasta que son utilizados por el cultivo o descompuestos en otros componentes inactivos. Sánchez (2004), en un estudio comparativo de cultivo de maíz en regadío bajo sistemas de suelo con cubierta alomado (CCA), que utiliza avena como cultivo de cobertura invernal, y suelo sin cubierta alomado (SCA), obtuvo resultados favorables al sistema con cobertura. Se indican a continuación algunos datos. Se obtuvieron coeficientes de escorrentía del 22% (es-

correntía de 63 litros/m<sup>2</sup>) y pérdidas de suelo de 0,02 t/ha en CCA, frente a datos del 48% y 17 t/ha en SCA. Las pérdidas de nitrógeno (en forma de nitrato) fueron de 15 kg/ha en CCA, frente a 56 kg/ha en SCA, lo que implica una reducción del 73% con el uso de cobertura. Las pérdidas de fósforo totales fueron de 0,64 kg/ha en CCA frente a 7,21 kg/ha en SCA, con una reducción del 91%. Así, el uso de cultivo cubierta ha proporcionado resultados muy positivos en comparación con el suelo sin cobertura.

### Ahorro de agua

El manejo del suelo influye directamente en las propiedades físicas de éste y, con ello, en los pro-

cesos implicados en el balance de agua y en su aprovechamiento por los cultivos. Así, la capacidad de retención de agua del suelo se modifica por las condiciones de laboreo, siendo superior en las parcelas de *siembra directa* y en los primeros 20 cm. La mejora estructural y la retención del suelo ya expuesta con anterioridad llevan a una mayor infiltración de agua en el perfil en AC, a la par que los restos sobre la superficie del suelo reducen la evaporación. Estos factores unidos dan lugar a una mayor disponibilidad de agua para el cultivo, lo que es de especial interés en la España seca. Así, por ejemplo, Moreno et al. (1997), en un ensayo comparativo de girasol de secano en laboreo convencional y en AC, observó una mayor recarga de perfil (hasta 1 m de profundidad el laboreo convencional y 1,4 m en AC). Algunos días antes de la siembra (16/2/95), el contenido de agua en los primeros 1,4 m era superior en AC. Por tanto, la recarga del perfil durante otoño e invierno resultó más efectiva en el sistema conservacionista. Estos resultados coinciden con los de Jiménez et al. (2005), que indicó mayor contenido de agua en un suelo arcilloso del sur de España con sistemas de AC.

### Reflexiones finales: el freno al cambio climático y la eficiencia energética en la agricultura

Históricamente, el laboreo intensivo de las tierras agrícolas ha causado pérdidas sustanciales (desde un 30% al 50%) del carbono del suelo. Estas pérdidas se deben a la fragmentación del suelo que ocasiona el laboreo y que facilita el intercambio de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> desde el suelo a la atmósfera y vi-

ceversa. En el Real Decreto 1730/2006, por el que se aprobó el Plan Nacional de asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (2008-2012), se insta a que España debe hacer esfuerzos por aumentar la superficie bajo agricultura de conservación y así conseguir aumentar los contenidos de carbono en los suelos.

La AC ahorra, por un lado, el uso de combustibles fósiles y, por otro, fija carbono al suelo, disminuyendo las emisiones de este gas de efecto invernadero. Como es conocido, mediante las técnicas de agricultura de conservación (fundamentalmente la siembra directa y el uso de cubiertas vegetales en frutales) se elimina el laboreo del suelo, con el ahorro de combustibles fósiles que ello conlleva. El suelo se deja cubierto de los restos de los cultivos, que nutren y aportan carbono al suelo. Además, en una típica rotación de cultivos del sur de España (trigo-girasol-leguminosa), el ahorro de combustible por pasar a AC se cifra en unos 50-70 litros de gasoil por hectárea.

No sólo es necesario reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, sino que las emisiones que se hagan deben realizarse de la manera más eficiente posible. En el ámbito agrario, las técnicas de *siembra directa* han demostrado ser las más rentables energéticamente. Por cada unidad de energía que se introduce en el sistema, comparativamente la *siembra directa* es la que más producción provee al agricultor (cuadro 2). Es, por tanto, una manera rentable energéticamente de producir. De hecho, en el Plan de Acción 2005-2007 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética para España, el IDAE, perteneciente al Ministerio de Industria, establecía la agricultura de conservación como una actividad a promover. ■

#### ▼ Referencias bibliográficas

- CANTERO, C. y L. OJEDA (2004), "Efectos sobre la población de lombrices de las técnicas de laboreo del suelo en zonas de secano semiárido", *Agricultura: Revista agropecuaria*, año 73, nº 866, pp. 724-728.
- CROVETTO, C. (2002), *Cero labranza. Los rastros, la nutrición del suelo y su relación con la fertilidad de las plantas*, Trama, Talcahuano, Chile.
- DILLAHA, T.A.; R.B. RENEAU, S. MOSTAGHIMI y D. LEE (1989), "Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source pollution control", *Transactions of the ASAE*, vol. 32 (2), pp. 513-519.
- HERNANZ, J.L. (2005), "Agricultura de Conservación: una revisión a la rentabilidad energética", en *Actas del Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación: el reto de la agricultura, el medio ambiente, la energía y la nueva política agraria común*, Córdoba, 9-11 noviembre, pp. 173-182, AEAC/SV, ECAF y Diputación de Córdoba.
- ICONA (1991), *Plan Nacional de lucha contra la erosión*, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Madrid.
- JIMÉNEZ, J.A.; I. GARCÍA; K. VANDERLINDEN, F. PEREA y J.L.

- MURIEL (2005), "Balance de agua en suelos arcillosos bajo laboreo convencional y siembra directa", en *Actas del Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación: el reto de la agricultura, el medio ambiente, la energía y la nueva política agraria común*, Córdoba, 9-11 noviembre, pp. 397-402, AEAC/SV, ECAF y Diputación de Córdoba.
- MADEJÓN, E.; F. MORENO; J.M. MURILLO y F. PELEGRÍN (2007), "Soil biochemical response to long-term conservation tillage under semi-arid Mediterranean conditions", *Soil and Till Res*, nº94, pp. 346-352.
- MORENO, F.; F. PELEGRÍN; J.E. FERNÁNDEZ, y J.M. MURILLO (1997), "Soil physical properties, water depletion and crop development under traditional and conservation tillage in southern Spain", *Soil and Till Res*, nº 41, pp. 25-42.
- ORDÓÑEZ, R.; P. GONZÁLEZ; J.V. GIRÁLDEZ, y F. PEREA (2007), "Soil properties and crop yields after 21 years of direct drilling trials in southern Spain", *Soil & Till Res*, nº94, pp. 47-54.
- SÁNCHEZ, M.A. (2004), *Efecto de la cubierta vegetal sobre la erosión, pérdida de suelo y fertilidad en la finca La Parrilla, Fuente Palmera (Córdoba)*, Trabajo Profesional de Fin de Carrera, Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales, Universidad de Córdoba.