

# DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓN Y ASESORAMIENTO AL SECTOR AGROALIMENTARIO

## N24 | AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

Octubre 2007

**P03** Agricultura de conservación en Cataluña. Ventajas productivas, económicas y medioambientales **P08** Fertilización nitrogenada en agricultura de conservación **P12** Manejo de restos vegetales del cultivo en agricultura de conservación **P16** Agricultura de conservación y la biodiversidad **P19** Fijación de materia orgánica y secuestro de CO<sub>2</sub> **P24** La Entrevista



**ruralCat**

La comunitat virtual agroalimentària  
i del món rural

[www.ruralcat.net](http://www.ruralcat.net)



Generalitat de Catalunya  
**Departament d'Agricultura,  
Alimentació i Acció Rural**  
[www.gencat.cat/darp](http://www.gencat.cat/darp)





# PRESENTACIÓN



**José Luis Arrúe Ugarte**

Director de la Estación Experimental de Aula Dei, CSIC, Zaragoza

Como profesional dedicado al estudio y evaluación de tecnologías de manejo y conservación del agua y del suelo en sistemas agrícolas de secano, es un placer presentar este número de DOSSIER TÉCNIC dedicado a la Agricultura de Conservación (AC), por un doble motivo: la relevancia actual del tema, tanto desde el punto de vista agronómico como medioambiental; y por el interés de los datos y de los resultados básicos que se muestran en los distintos capítulos.

Aunque no disponemos de cifras oficiales sobre la superficie cultivada con técnicas de AC (trabajo de conservación en cultivos herbáceos y utilización de cubiertas vegetales en cultivos leñosos), el hecho es que la adopción de estas técnicas ha aumentado de forma muy notable en los últimos años, prácticamente en todas las Comunidades Autónomas. Estimaciones recientes del MAPA cifran en aproximadamente 600.000 las hectáreas cultivadas únicamente con técnicas de siembra directa en nuestro país. En cuanto a la superficie total cultivada con técnicas de AC, se podrían superar actualmente los tres millones de hectáreas, según la Asociación Española de Agricultura de Conservación / Suelos Vivos (AEAC/SV).

Ahora bien, para poder certificar la viabilidad de cualquier práctica de AC en una determinada localidad o comarca, se debe llevar a cabo una experimentación a medio y/o largo plazo, efectuada por el productor en su propia explotación, o por los investigadores y técnicos en ensayos de campo de larga duración. En este sentido cabe señalar que la información presentada en este número de DOSSIER TÉCNIC es el

resultado de un trabajo sistemático desarrollado en experimentos de larga duración, algunos de ellos iniciados hace más de veinte años.

El capítulo sobre AC en Cataluña informa claramente de las ventajas y de los motivos del grado de adopción actual de esta tecnología, entre otros, el ahorro de tiempo en labores y de combustible, y una mayor acumulación de agua y materia orgánica en el suelo. En el capítulo dedicado a la eficiencia de la fertilización nitrogenada en AC, los autores presentan importantes resultados sobre la influencia del sistema de laboreo en la respuesta del cultivo a la mencionada fertilización, así como en el balance de nitrógeno en el suelo, en campañas de contrastada pluviometría.

Por otro lado, el éxito de las técnicas de AC viene determinado por un manejo correcto de los residuos de cosecha, aspecto particular sobre el cual los autores presentan los problemas que llevan asociados y sus recomendaciones para el manejo de la cubierta vegetal en zonas de alta y baja producción de residuos. El aumento de la diversidad biológica en los ecosistemas agrícolas es otro de los beneficios de la AC. Con referencia a este hecho, los autores nos muestran observaciones sobre los efectos del laboreo y del no laboreo en la población de lombrices y nos hacen unas recomendaciones para el control de malas hierbas, plagas y enfermedades.

Por último, en el capítulo dedicado al secuestro de carbono en sistemas de AC, que algunos expertos han llamado "el cultivo del carbono", los autores nos presentan resultados fundamentales sobre la influencia del sistema de laboreo en la acumulación de materia orgánica en la capa de labor y en las emisiones de CO<sub>2</sub> desde ésta a la atmósfera.

Estoy plenamente convencido de que los lectores del DOSSIER TÉCNIC interesados en mejorar su conocimiento en materia de agricultura de conservación encontrarán en este número respuesta a muchos de los interrogantes que plantea la práctica de esta tecnología.

**Dossier Tècnic. Núm. 24**  
**"Agricultura de conservació"**  
Octubre de 2007

#### Edició

Direcció General d'Agricultura, Ramaderia i Innovació. Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural de la Generalitat de Catalunya.

#### Consejo de Redacción

Joan Gené Albesa, Ramon Lletjós Castells, Ramon Jové Miró, Jaume Sió Torres, Elisabet Cardoner Martí, Xavier Esteve Guiu (DG02), Agustí Fonts Cavestany (IRTA), Santiago Riera Lloveras (Premsa), Joan S. Minguet Pla y Josep M. Masses Tarragó.

#### Coordinació

Josep Maria Masses Tarragó.

#### Producció

Teresa Boncompte Ribera y Josep Maria Masses Tarragó.

#### Traducció del catalán

Marta Flores.

#### Correcció estilística y lingüística

Teresa Boncompte Ribera.

#### Asesoramiento lingüístico

Joan Ignasi Elias Cruz.

#### Grafismo y maquetación

Quin Team!

#### Impressió

El Tinter  
(Empresa certificada ISO 14001 y EMAS)  
Papel 50% reciclado y 50% ecológico.

#### Depósito legal

B-16786-05  
ISSN: 1699-5465

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores. DOSSIER TÉCNIC no se identifica con el mismo necesariamente. Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos citando su fuente y autor.

DOSSIER TÉCNIC se distribuye de forma gratuita. Pueden solicitar más ejemplares en la dirección: [dossier@ruralcat.net](mailto:dossier@ruralcat.net)

Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural  
Gran Via de les Corts Catalanes, 612, 4a planta  
08007 - Barcelona  
Tel. 93 304 67 45. Fax. 93 304 67 02  
e-mail: [dossier@ruralcat.net](mailto:dossier@ruralcat.net)

Más recursos, enlaces y versión electrónica en la web de RuralCat:  
[www.ruralcat.net](http://www.ruralcat.net)

#### Foto portada:

Campos de siembra directa de colza en la Segarra.  
Foto: C.Cantero.

# AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN CATALUÑA

## VENTAJAS PRODUCTIVAS, ECONÓMICAS Y MEDIOAMBIENTALES



Explotación de siembra directa en Selvanera (La Segarra). 25 años de siembra directa. Foto: C. Cantero.



Campos experimentales de sistemas de laboreo y siembra directa en Agramunt (L'Urgell). 21 años. Foto: C. Cantero.

### 01 La Agricultura de Conservación

La Agricultura de Conservación (AC) ha nacido recientemente como un sistema de producción que busca la sostenibilidad de los sistemas agrícolas desde el ámbito de la conservación de los recursos naturales como son el suelo y el agua. La AC deriva de las técnicas de Laboreo de Conservación que se desarrollaron en EEUU en la primera mitad del siglo XX en respuesta a los problemas de erosión y pérdida de calidad de suelos en amplias zonas de las Grandes Llanuras americanas. Éstas fueron sometidas, con la llegada de los colonos y la mecanización, a intensos laboreos que convirtieron estas grandes praderas naturales en zonas agrícolas de producción de cereal.

El principal objetivo de los investigadores y técnicos americanos fue ver si reduciendo el laboreo se conseguían los mismos rendimientos evitando los problemas de erosión y degradación de suelo como consecuencia de las lluvias intensas y los fuertes vientos. Curiosamente, consiguieron incluso sembrar sin labrar (no laboreo-siembra directa) manteniendo los rendimientos. Para ello tuvieron la ayuda del desarrollo de la mecanización, consiguiendo diseñar y desarrollar maquinaria capaz de introducir la semilla en el suelo sin previo laboreo; y también de la aparición de herbicidas de síntesis que eran capaces de controlar las malas hierbas previas a la siem-

bra, sustituyendo el laboreo preparatorio que se utilizaba para este control.

El objetivo pretendido se cumplió y se redujeron drásticamente los procesos de erosión hídrica y eólica. Sin embargo, curiosamente, se dieron cuenta de que habían mejorado otros aspectos que favorecían la producción agrícola a través de la conservación del suelo y del agua. Rápidamente, a corto plazo y a nivel general, comprobaron que la acumulación del agua en el suelo era mayor conforme reducían el sistema de laboreo incluso llegando al no laboreo; había más agua disponible para los cultivos, se mejoraba la producción y sobre todo la estabilidad del rendimiento. También observaron a más largo plazo que la materia orgánica del suelo se mantenía o incluso se recuperaba; en contraposición a lo que sucedía en los sistemas de laboreo intensivo, donde existía una continua pérdida de la misma. Se recuperaba, así: la estructura del suelo, se incrementaba la capacidad de almacenamiento de agua y se recuperaba la actividad biológica del suelo. Posteriores estudios han visto que también se afectan positivamente otros aspectos, aunque a más largo plazo, relacionados con la recuperación biológica y la biodiversidad de los sistemas agrícolas. En definitiva se consigue a medio y largo plazo un sistema de producción más sostenible desde los ámbitos productivo, agronómico y medioambiental.

Actualmente la AC incluye a las diferentes variantes de sistemas de laboreo reducido (laboreo vertical con chisel, laboreo mínimo con cultivador, laboreo en las bandas de siembra), siembra directa – no laboreo, utilización de cubiertas vegetales en frutales de regadío y secano, cultivos cubierta y algunas otras más particulares. En cualquier caso todas ellas deben mantener una cubierta vegetal muerta o viva que tiene como objeto proteger el suelo. El Centro Tecnológico para la Conservación de Suelos de Estados Unidos lo cuantificó en que la cubierta debía producir una cobertura de más del 30 % de suelo para tener efectividad.

Todas las ventajas de la AC se consiguen en base a dos pilares básicos. El primero es la disminución radical y casi total de la intervención (laboreo) sobre el suelo, que permite recuperar su estructura; y el segundo es el mantenimiento de los residuos de cosecha (paja, rastrojo, etc.) sobre la superficie del suelo: es lo que también se denomina en el lenguaje técnico "mulching". Este mantenimiento es beneficioso para la economía y conservación del agua, pues disminuye el impacto de la lluvia sobre el suelo y genera un menor encostramiento, una menor escorrentía y más oportunidad de infiltración del agua dentro del suelo. Por otra parte, el rastrojo y la paja evitan la evaporación del agua que ya se encuentra almacenada en el suelo y que es entonces disponible para nuestro cultivo. También estos residuos y las raíces de los



La AC es un nuevo concepto de Sistema de Producción Integrada Sostenible donde la tecnología de cultivo está ajustada a aspectos agronómicos, medioambientales y económicos.



Arriba, parcela experimental en Agramunt (L'Urgell). Foto: C. Cantero.  
Abajo, campo experimental de manejo de paja y rastrojo en Coscó (L'Urgell). Foto: C. Cantero.

cultivos que no son intensamente labrados entran dentro de un ciclo de menor mineralización y de más lenta descomposición de la materia orgánica. Esto permite reconstruir la estructura del suelo en base a sus agregados, aportando alimento para la fauna y los microorganismos del suelo, que le dan mayor capacidad biológica.

Desde luego no todo son ventajas y también han surgido inconvenientes en el desarrollo y estabilización de estas técnicas. En algunos suelos mal estructurados y con una textura extrema (muy arenosos, muy limosos o muy arcillosos) la viabilidad de las técnicas ha sido muy costosa, resultando incluso imposible llegar al no laboreo. Han surgido problemas con plagas y enfermedades favorecidas por el mantenimiento del residuo y también por la no intervención sobre el suelo. La inversión de flora ha hecho desarrollar especies a veces de difícil control. El cambio de régimen de mineralización ha provocado, en ocasiones, depresiones en la correcta nutrición del cultivo. Todos estos inconvenientes han sido resueltos o se están intentando resolver, pero nos hacen ver que estas técnicas no son sólo un sistema de labrar o no labrar, o de sembrar (arrastrar otro tipo de sembradora). La AC es un nuevo concepto de sistema de producción en el cual debemos considerar y reajustar de nuevo las otras técnicas de producción como son: el control de plagas, enfermedades o malas hierbas, establecer nuevas estrategias de fertilización o incluso considerar el uso de otras variedades o de fechas y dosis de siembra diferentes a las que habitualmente utilizamos con el laboreo intensivo. El premio final es que tenemos un sistema de producción más sostenible y ajustado a las consideraciones agronómicas y medioambientales.

Las técnicas de AC son en definitiva un componente muy importante de lo que podríamos definir como los sistemas de Producción Integrada; que son, hoy por hoy, el modelo más sostenible, considerando una propuesta de agricultura sostenible para todo el planeta.

## 02 Estado actual de la AC en Cataluña

Las técnicas de laboreo de conservación, y por tanto la AC, iniciaron su desarrollo en Cataluña hace ya más de 25 años, si consideramos estrictamente el sistema de siembra directa - no laboreo. Si por el contrario consideramos la reducción del laboreo como un inicio de estas técnicas quizás podríamos hablar de algo antes.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el concepto de laboreo mínimo o laboreo reducido que se utiliza a veces entre nuestros agricultores no es estrictamente laboreo de conservación; pues aunque se reduce la profundidad del laboreo y no se realiza volteo, el número de pases y el tipo de labor no deja ni mantiene residuos en la superficie y por ello no se obtienen todas las ventajas de la AC. También hay zonas en Cataluña donde el laboreo mínimo es ya bastante utilizado, especialmente en las zonas de regadío de cultivos extensivos. Por ello se puede considerar Cataluña junto con Navarra dos de las zonas donde antes se estabilizó el uso habitual de esta tecnología dentro de España. Sus comienzos en las zonas de secano del interior (comarcas de La Segarra y L'Urgell) fueron irregularmente distribuidos y aceptados entre los agricultores como en cualquier sistema innovador. También hay que considerar que hace 25 años la maquinaria para siembra directa estaba en sus comienzos de desarrollo y distribución en España, y ahora disponemos de una amplia oferta de maquinaria en el mercado.

Actualmente las técnicas de AC son conocidas, en general, por nuestros agricultores y su práctica es habitual sin considerarse algo que "no puede ser". En las zonas de mayor utilización, que son las comarcas de secano del interior de Lleida y Barcelona y algunas zonas de L'Alt Urgell, la Ribagorça y el Pallars, los agricultores son altamente especialistas de las técnicas y plantean y resuelven muchas de sus limitaciones realizando variaciones sobre las mismas adaptándolas a sus condiciones. Las zonas de Girona son conocedoras de las técnicas, pero tienen una utilización menor de las mismas y las comarcas de Tarragona son las que menos utilizan estas posibilidades.

Los cultivos sobre los que se aplican son generalmente los cultivos herbáceos extensivos de secano. Hay algo de experiencia en cultivos herbáceos de regadío donde su efectividad y limitaciones están ligadas a la estructura actual del suelo (bastante deficiente) y al sistema de riego (p.e. en regos de superficie tienen más problemas por la mala distribución de los residuos). En los cultivos frutales de regadío de Lleida no se labra entre líneas y en los cultivos de secano frutales como almendro, olivo y viña se abre una amplia posibilidad que no se ha utilizado todavía, pero donde hay ya algunas pruebas realizadas por agricultores y también por el INCAVI.

Las ventajas que se valoran principalmente y que han sido decisivas para la adopción son:



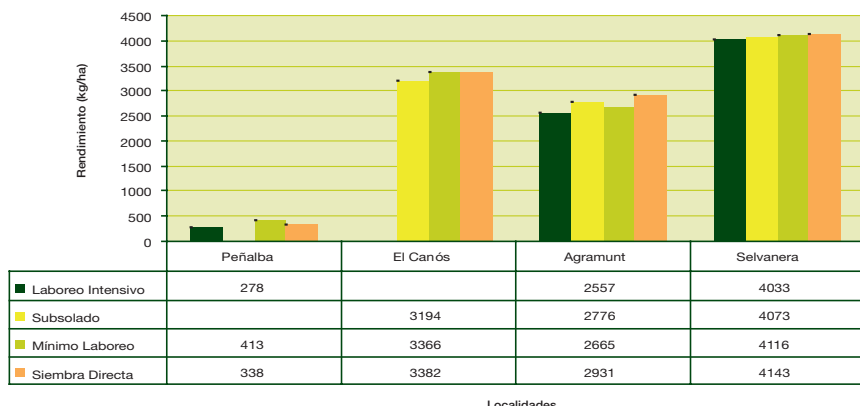


Figura 1. Rendimientos medios en ensayos de comparación de distintos sistemas de laboreo en Selvanera (20 años), Agramunt (16 años), El Canós (10 años) y Peñalba (1 año).

el ahorro en combustible al reducir ampliamente los gastos de laboreo, el ahorro de tiempo (mano de obra) y el menor gasto en maquinaria de labores y potencia del tractor. En un momento en el cual estos conceptos están gravando ampliamente los costes de producción de los cultivos, dicho ahorro permite un mayor margen económico. Asimismo, el ahorro en mano de obra ha permitido la dedicación del agricultor a otras actividades (producción animal, frutales, turismo rural, etc.) y un mejor reparto del tiempo durante el año.

Otras ventajas que el agricultor ha ido apreciando en el transcurso de la adopción y mantenimiento de la técnica ha sido la mayor acumulación de agua. Este hecho implica mejores rendimientos, sobre todo en las zonas y años más secos; y menor erosión de los campos. Algunos agricultores

reconocen que hay más biodiversidad (fauna) y que no han tenido que modificar substancialmente otras técnicas de cultivo.

Los inconvenientes surgidos han sido múltiples desde sus comienzos. Al principio de la adopción surgieron problemas de compactación superficial en algunos suelos, de utilización inadecuada de la maquinaria, algunas enfermedades y plagas fueron asociadas al cambio a sistemas de siembra directa, las infestaciones de Bromus han sido y siguen siendo problemáticas en algunas zonas, etc. Aún así, los agricultores más tecnificados han sabido resolver particularmente muchas de ellas. Actualmente hay una demanda sobre la optimización de la tecnología de la AC en aspectos como el control de malas hierbas, el manejo del residuo y la aplicación de fertilizantes (sobre todo las aplicaciones de estiércoles y purines), fechas y dosis



Las principales ventajas que han sido decisivas para la adopción de la AC son el ahorro en combustible, el ahorro de tiempo y el menor gasto en maquinaria de labores y potencia del tractor.

de siembra óptimas y se plantea incluso observar si hay variedades que estén más adaptadas a los sistemas de laboreo mínimo y siembra directa.

### 03 Rendimientos y beneficios económicos en los cultivos herbáceos extensivos de secano

Tras años de pruebas y también de investigación comparando los distintos sistemas de laboreo, se puede concluir que no hay diferencia excesiva de rendimiento en los sistemas de AC, si se compara con sistemas de laboreo intensivo más convencionales o tradicionales. Sí que se observa, en algunas zonas y con la estabilización del sistema, que el rendimiento puede llegar a ser un 10 -15 % mayor en AC, sobre todo en años secos. Así, en la Figura 1, se muestran resultados medios de varios campos de ensayo en distintos lugares de Cataluña y Aragón donde se observa esta afirmación.

#### SISTEMAS DE LABOREO-SELVANERA RENDIMIENTO

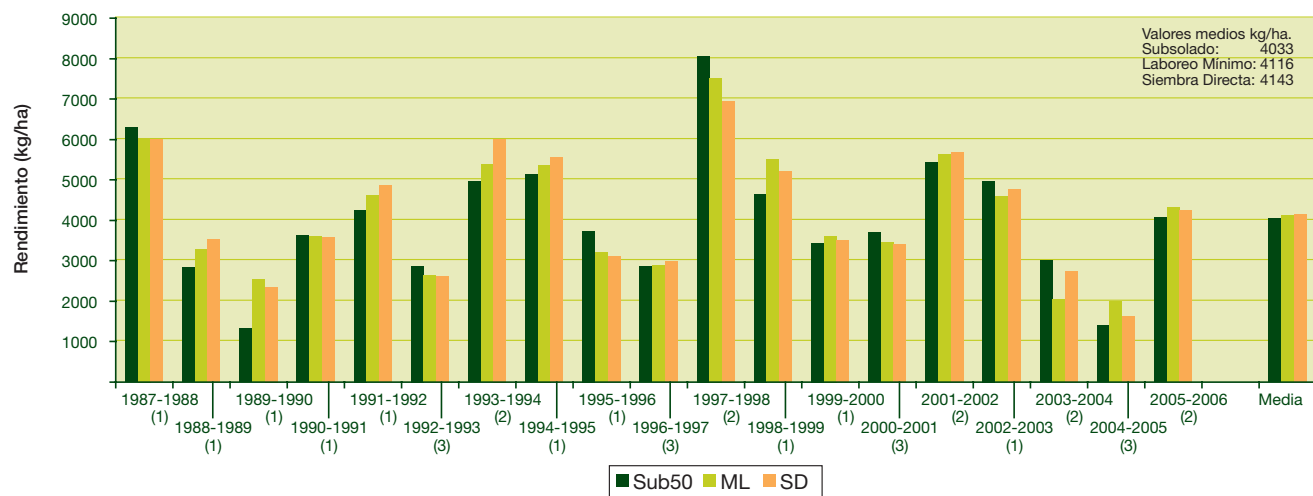


Figura 2. Rendimientos medios en los ensayos de comparación de distintos sistemas de laboreo (Subsolado-Sub50; Mínimo laboreo con Vibrocultor-ML; y Siembra directa-SD) en Selvanera (20 años). (1) Cultivo de Cebada, (2) Cultivo de Trigo, (3) Cultivo de Colza.

**Tabla 1. Margen neto (Euros/ha) en comparación de diversos sistemas de laboreo en tres zonas agroclimáticas de Cataluña (zona árida, zonas semiáridas y zonas semifrescales) considerando tres tipos de explotaciones tipo (75, 150 y más de 300 ha). Siembra directa/No Laboreo\* se ha calculado en base al alquiler de maquinaria de siembra directa. Estudio realizado por Carles San Martín en el año 2004.**

Zonas / hectáreas de la explotación tipo	Laboreo Intensivo horizontal	Laboreo Intensivo vertical	Laboreo Mínimo o Reducido	No laboreo/ Siembra directa	No laboreo*/ Siembra directa
Árida / 300	257.11	268.54	316.94	305.62	302.15
Árida / 150	256.08	266.47	310.64	297.06	295.56
Árida / 75	242.98	246.75	289.59	268.96	280.66
Semiárida / 300	203.51	241.09	246.69	265.16	261.69
Semiárida / 150	202.40	239.0	240.3	256.6	255.1
Semiárida / 75	189.38	219.30	219.34	228.50	240.20
Semifrescal / 300	365.04	376.47	403.27	401.97	398.50
Semifrescal / 150	364.01	374.40	396.97	393.41	391.91
Semifrescal / 75	350.91	354.68	375.92	365.31	377.01

En general los rendimientos son muy variables año tras año (Figura 2) y las diferencias entre sistemas de laboreo se aprecian más en los años secos, cuando los sistemas de AC (mínimo laboreo con chisel o cultivador y siembra directa) acumulan más agua que luego tiene un efecto sobre el rendimiento.

Así, el mayor rendimiento no es la ventaja principal que el agricultor considera para su adopción. Sin embargo, lo que sí califica muy positivamente es el resultado económico. La ventaja económica es más patente incluso que el rendimiento. Para nuestras condiciones, esto se puede observar en un estudio realizado en la Universitat de Lleida por Carles San Martín (2004), donde se consideraron para el estudio distintos tipos de explotaciones según su tamaño (75, 150 y más de 300 ha), en diferentes áreas agroclimá-

ticas (secano árido, secano semiárido y secano subhúmedo). Si observamos la Tabla 1 se puede ver que los beneficios en los sistemas de AC (mínimo laboreo y siembra directa) pueden llegar a superar hasta en más de 50 Euros/ha en algunos casos al laboreo intensivo.

#### 04 Conservación del agua en AC

Como se ha comentado en el apartado anterior, el mejor rendimiento o por lo menos la mejor estabilidad del mismo en condiciones más secas

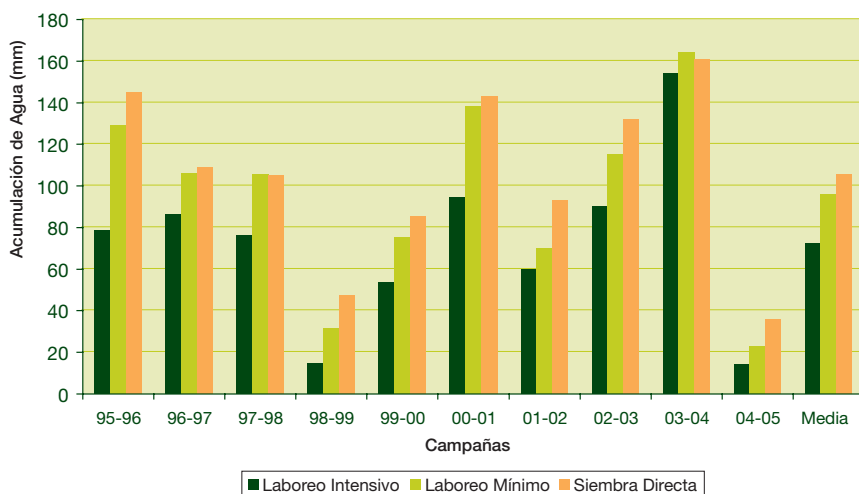
o en años más secos por la mayor acumulación de agua en el suelo, se da en los sistemas de AC. Como se ha mencionado en los principios básicos de la AC, una ventaja general apreciada en la mayor parte de los estudios es que el mantenimiento del residuo permite una mayor infiltración y una menor evaporación y escorrentía de la lluvia.

En nuestras condiciones, y después de largos años de investigación, se ha visto que los sistemas de AC acumulan como media entre 20 y 70 mm más de lluvia en el periodo de cultivo; y que fundamentalmente se da en la lluvia de otoño, que es también en condiciones medias de clima la que más cantidad aporta y la que es más efectiva para la producción de los cultivos de invierno (cereales, colza, etc.). La Figura 3 muestra esta mayor acumulación de agua en un campo experimental de comparación de sistemas de laboreo en Agramunt.

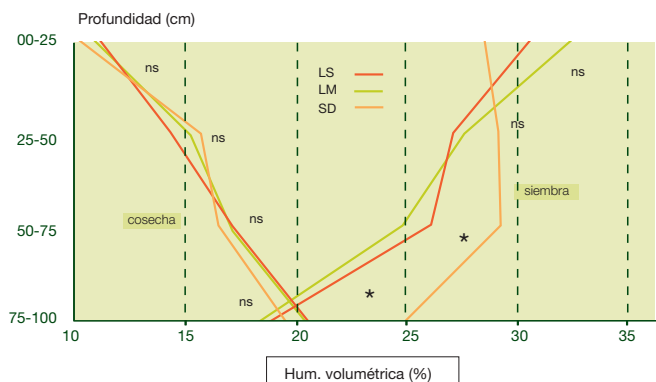
La eficiencia en el uso del agua de lluvia por parte del cultivo, que es mayor en los sistemas de AC, se basa en que el agua se reparte uniformemente en el perfil del suelo y es capaz de llegar a las zonas profundas del mismo, incluso a 1 m, donde queda almacenada (Figura 4). Esto permite que el cultivo la pueda absorber en etapas finales de su crecimiento (llenado del grano) y por ello esta agua es únicamente transpirada y utilizada en producción de biomasa, en este caso grano. Esto se puede observar en la Figura 5, donde se aprecia que el sistema radicular está más desarrollado en sistemas de mínimo laboreo y siembra directa - no laboreo en zonas

→

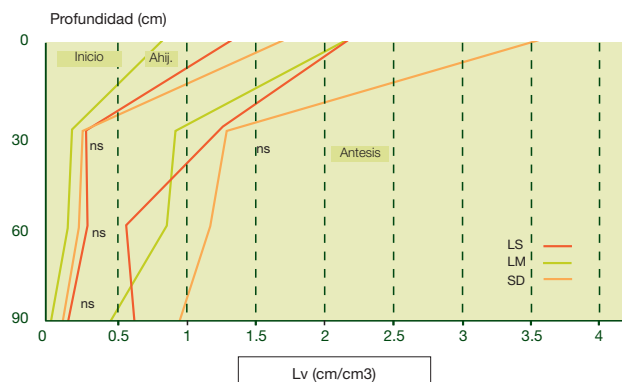
El mayor rendimiento no es la ventaja principal que el agricultor considera para la adopción de los sistemas de AC y lo que sí califica muy positivamente es el mejor resultado económico.



**Figura 3.** Acumulación de agua (mm) en el suelo en el periodo de julio, tras la cosecha, hasta enero en establecimiento del cultivo siguiente, en la localidad de Agramunt, en un campo de ensayo de comparación de sistemas de laboreo (Laboreo intensivo con Arado de vertedera, Laboreo mínimo con cultivador chisel superficial, y siembra directa - no laboreo). Valores medios: Laboreo Intensivo: 69 mm; Mínimo Laboreo: 96 mm; Siembra Directa: 107 mm.



**Figura 4.** Contenido de agua del suelo en el momento de la siembra y en cosecha de un cultivo de cebada en la localidad de El Canós. En un ensayo de comparación de sistemas de laboreo (L.S. Laboreo intensivo con Subsulado y pases de cultivador; L.M. Laboreo mínimo con pases de cultivador; S.D. Siembra directa – no laboreo). **ns.** Valores medios, no son diferentes estadísticamente. \* Valores medios, son diferentes estadísticamente.



**Figura 5.** Desarrollo radicular (Lv densidad de longitud radicular en cm de longitud de raíz por cm<sup>3</sup> de suelo) a inicio del ahijamiento y en floración-antesis de un cultivo de cebada en la localidad de El Canós en un ensayo de comparación de sistemas de laboreo (L.S. Laboreo intensivo con Subsulado y pases de cultivador; L.M. Laboreo mínimo con pases de cultivador; S.D. Siembra directa – no laboreo). **ns.** Valores medios, no son diferentes estadísticamente. \* Valores medios, son diferentes estadísticamente.

superficiales y en zonas profundas del perfil del suelo, indicando que está utilizando el agua que ha sido acumulada.

### 05 Conclusiones y recomendaciones

La Agricultura de Conservación en Cataluña es una posibilidad hecha realidad. Aunque heterogéneamente repartida, hay zonas donde se utiliza desde hace más de 25 años con éxito, permitiendo una mayor sostenibilidad a las explotaciones agrarias basado en sus ventajas económicas, agronómicas y también medioambientales. La mejora en el balance económico, conservación del agua y del suelo y la mejora biológica del sistema han hecho posible su mantenimiento y su desarrollo. Hay sin embargo posibilidad para una mejora basada en el ajuste y optimización de otras técnicas de cultivo asociadas a la práctica de estos sistemas como son: la fertilización, manejo de residuos de cosecha o control de malas hierbas.

Queda todavía mucho campo para su investigación y desarrollo en sistemas arbóreos de: secano en olivo, almendro y viña; así como en los cultivos herbáceos de regadío, donde hay muchas posibilidades para la mejora de la calidad del suelo, el ahorro y uso más eficiente del agua.

La recomendación general es que se debe tender a la práctica de este sistema de producción, realizarlo lo mejor posible y, ante los inconvenientes surgidos, preguntar a los técnicos especialistas y a otros agricultores con amplia experiencia en el mismo.

Este sistema de producción debe formar parte de los sistemas de producción integrada y debería ser propuesto como medida agronómica y medioambiental para la conservación de los sistemas agrícolas.

### 06 Para saber más

Cantero-Martínez C., Lampurlanés J., Angás P. 1996. *Economía del agua y Laboreo de Conservación*. Congreso Nacional Agricultura de Conservación, Rentabilidad y Medio Ambiente. Ponencia Primer Congreso Nacional de la Asociación de Laboreo de Conservación/Suelos Vivos. Actas del Congreso. Córdoba. Octubre 1996.

Cantero-Martínez C., Vilardosa JM., Lloveras J. 1995. *Laboreo de conservación en cultivos herbáceos extensivos en Cataluña*. Vida Rural, 19-20: 36-43.

Cantero-Martínez C., Gregori J. 2005. *Tècniques de Conreu*. Dossier Tècnic núm. 5: 14-18. Cereals d'hivern. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya.

Cantero-Martínez, C., Angás, P., Lampurlanés, J. 2007. *Long-term yield and Water-use efficiency under various tillage systems in Mediterranean Rainfed conditions*. Aceptado en Applied Biology 150, 293-305.

Lampurlanés J., Angás P., Cantero-Martínez C. 2001. *Root growth, soil water content and yield of barley under different tillage systems on two soils in semiarid conditions*. Field Crops Research., 69:27-40.

Lampurlanés J., Angás P., Cantero-Martínez C. 2001. *Tillage effect on water storage efficiency during fallow, and soil water content, root growth and yield of the following barley crop on two different soils in semiarid conditions*. Soil and Tillage Research. Soil and Tillage Research, 65:207-220.



Campos experimentales de sistemas de laboreo y siembra directa en Agramunt (L'Urgell), 21 años. Foto: C. Cantero.



La eficiencia en el uso del agua de lluvia por parte del cultivo es mayor en los sistemas de AC. El agua se reparte uniformemente en el perfil del suelo y queda almacenada en zonas profundas del suelo para el uso del cultivo al final del ciclo.

# FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN



Campos experimentales de comparación de sistemas de laboreo y siembra directa y dosis de fertilización nitrogenada en Agramunt (L'Urgell). 11 años. Foto: C. Cantero.



Parcela experimental con siembra directa y sin aplicación de fertilización nitrogenada durante 10 años en Agramunt (L'Urgell). Foto: C. Cantero.

## 01 Introducción

La fertilización proporciona al cultivo los elementos necesarios para su óptimo crecimiento, desarrollo y calidad del producto. El nitrógeno es el fertilizante principal de la producción agraria y explica por sí solo una buena parte de los incrementos de rendimiento experimentados en los últimos decadas. En la actualidad, el fuerte incremento de precio experimentado por el fertilizante nitrogenado y las diferentes restricciones medioambientales existentes, obligan a los agricultores a utilizar el nitrógeno de una manera cada vez más eficiente.

## 02 La fertilización nitrogenada. Optimización

En la agricultura de secano la respuesta del rendimiento al nitrógeno está condicionada por el potencial productivo de la zona. Este potencial

presenta una gran variabilidad interanual, por lo que la utilización del nitrógeno debe ser optimizada para conseguir el máximo rendimiento económico con el menor impacto ambiental posible.

El uso eficiente del nitrógeno puede ayudar a maximizar la utilización del agua disponible por el cultivo. En estas zonas es esencial adecuar la fertilización nitrogenada al potencial productivo del año. Altas dosis de N promueven un rápido crecimiento y una mayor transpiración del cultivo; bajas dosis de N promueven una menor cobertura vegetal, reduciendo la transpiración e

incrementando la evaporación. En condiciones de sequía moderada a extrema, reducir la dosis de N puede servir para ajustar el agua disponible a la demanda de la planta.

Como se observa en la Figura 1, la respuesta de la cebada al N en una zona de la Segarra Baja, varía en función de la campaña. La mayoría de los años no hay respuesta por encima de los 60 kg ha<sup>-1</sup> y en algunos casos esta respuesta es negativa (1986-87). El único caso en que es positiva, (1988-89) el aumento de rendimiento justamente compensa el valor del fertilizante a aplicar.

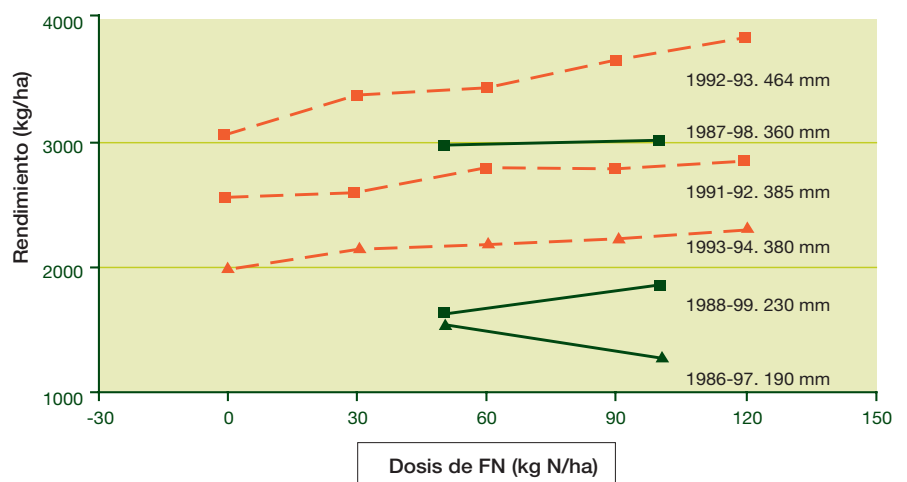


Figura 1. Respuesta a la fertilización nitrogenada del cultivo de cebada en laboreo intensivo en la localidad de El Canós. Lleida. Campañas 1986-97, 1987-88, 1988-89, 1991-92, 1992-93 y 1993-94.



El uso eficiente del nitrógeno puede ayudar a maximizar la utilización del agua disponible por el cultivo.



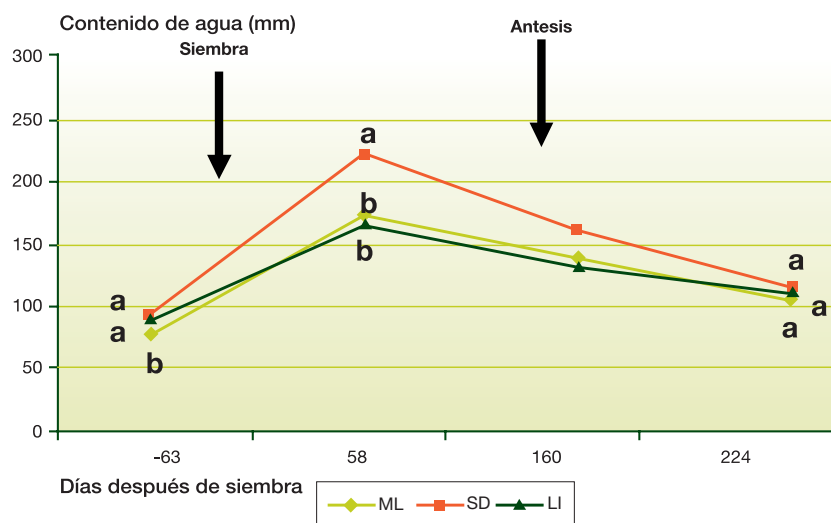


Figura 2. Modelo medio de la variación del contenido de agua del suelo según el sistema de laboreo en Agramunt y El Canós. Lleida. Media de 8 años. LI. Laboreo Intensivo con arado de vertedera, ML. Mínimo laboreo con cultivador, SD. Siembra directa-No laboreo.



En zonas semiáridas del Valle del Ebro se ha constatado una mayor disponibilidad de agua por el cultivo en no laboreo.

### 03 El sistema de laboreo y la fertilización nitrogenada

La transición del laboreo tradicional a la siembra directa - no laboreo puede tener unos efectos sobre la dinámica del nitrógeno del suelo que posteriormente pueden repercutir de forma significativa sobre el desarrollo del cultivo. El laboreo afecta al transporte y al destino del nitrógeno, por cambios en la estructura del suelo, aireación, continuidad de los macroporos, localización de los residuos y en las tasas de mineralización de la materia orgánica. Así, también, por la modificación de la cantidad de agua disponible y la lixiviación.

#### 03.01 Efecto del laboreo sobre el agua disponible

Como ya se ha comentado en el capítulo anterior, en zonas semiáridas del Valle del Ebro se ha constatado una mayor disponibilidad de agua por el cultivo en siembra directa - no laboreo (SD). En la Figura 2 se observa un mayor contenido de agua en el suelo en SD en el periodo de crecimiento del cultivo. Este hecho implica que el potencial productivo es mayor. Este mayor potencial de producción tendrá repercusiones en la fertilización nitrogenada, lo que implica una mayor respuesta al N en SD, como se pudo constatar los años secos en los ensayos realizados en Agramunt a lo largo de 3 años. En la Figura 3 se observa cómo los años secos, que representan un 60 % de los años, la producción en SD es mayor que bajo laboreo intensivo (LI) así como la respuesta al N.

#### 03.02 Efecto del laboreo sobre el N-mineral disponible. Respuesta al nitrógeno

El laboreo acelera la descomposición y mineralización de los residuos ya que incorpora los restos de cosecha en el suelo poniéndolos a disposición de los microorganismos. La tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo también aumenta con el laboreo.

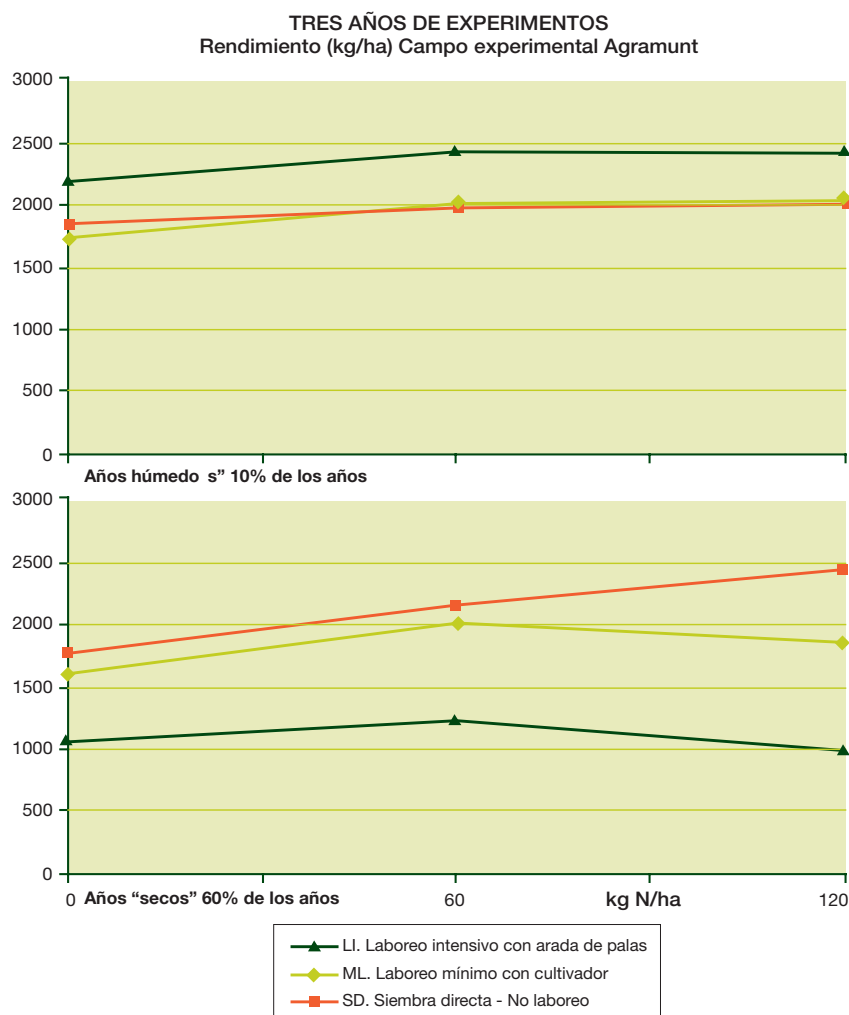


Figura 3. Modelo de respuesta del rendimiento de cultivo de cebada a la fertilización nitrogenada según el sistema de laboreo en función de las características pluviométricas del año en Agramunt (Lleida).



La lixiviación de N en forma de nitratos es posible de forma puntual en otoños húmedos y en suelos que tienen grandes acumulaciones de N-mineral.

Todo ello produce un aumento de la cantidad de N-mineral del suelo en condiciones de LI respecto del SD. Por ello hay una falta de respuesta al nitrógeno en parcelas labradas, como se constata en la Figura 4. La falta de respuesta se da tanto los años secos como los húmedos. Los años secos (98-99,99-00,04-05 y 05-06) la falta de respuesta se debe a la poca disponibilidad de agua y los años húmedos (96-97,97-98 y 03-04) a la gran cantidad de N-mineral presente en las parcelas no fertilizadas. Esta acumulación proviene de la mayor mineralización de la materia orgánica y de la falta de extracción de N los años precedentes.

La respuesta a la fertilización nitrogenada es mayor bajo SD que bajo LI (Figura 5). Esta mayor respuesta se constata los años 97-98, 99-00,00-01 y 02-03.

### 03.03 Efecto del laboreo sobre la lixiviación

En las condiciones agroclimáticas del Valle del Ebro el régimen de humedad del suelo es no percolante, lo que implica que en la mayoría de los años el agua del suelo no se pierde en profundidad por debajo de la zona explorada por las raíces (entre 1 y 1,2 m). Sin embargo, esto no quiere decir que no haya lixiviación. La lixiviación de N en forma de nitratos es posible de forma puntual en otoños húmedos en suelos que tienen grandes acumulaciones de N-mineral de los años precedentes.

En la Figura 6 se puede observar la evolución del N-mineral del suelo en 1 m de profundidad al inicio del cultivo y a lo largo de 10 años. El N-mineral aumenta en el suelo en los tratamientos labrados de forma que en el año 2006 un suelo labrado, sin fertilización nitrogenada, (LI0) presentaba 400 kg ha<sup>-1</sup> frente a los 150 kg ha<sup>-1</sup> que presentaba la siembra directa - no laboreo (SD0). La acumulación de N mineral en los tratamientos fertilizados en 2006 es mayor debido a la falta de extracción causada por la sequía de los años 2005 y 2006.

Estas acumulaciones de nitratos pueden ser lavadas en otoños especialmente húmedos.

### 03.04 Efecto del laboreo en la volatilización del amonio

En el Valle del Ebro se dan unas condiciones climáticas secas, los contenidos del agua del suelo son normalmente bajos y el pH básico. Estas condiciones favorecen la pérdida de nitrógeno por volatilización del amonio. Existe una diferencia en la disponibilidad del fertilizante nitrogenado cuando se compara la siembra directa-no laboreo con el laboreo tradicional que depende de la fuente de nitrógeno y de su forma de localización. En esta zona las fuentes de nitrógeno más utilizadas en los abonados de presembrado son formulaciones que tienen una alta predisposición a perder amonio vía volatilización, como son el sulfato amónico y el fosfato biamónico. Cuando se usa urea las pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal suelen ser también más importantes bajo siembra directa - no laboreo ya que la actividad de la ureasa en los residuos sin descomponer es mayor que en la

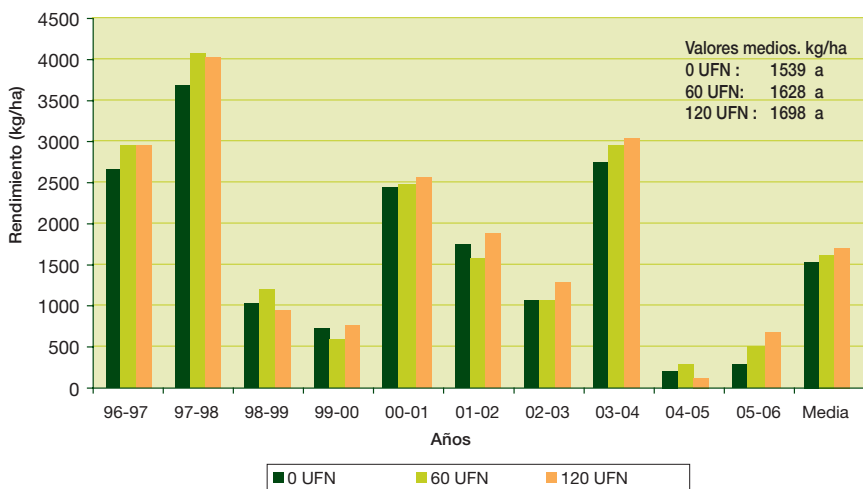


Figura 4. Rendimiento de cebada según diferentes dosis de fertilización nitrogenada bajo el sistema de laboreo intensivo con arado de vertedera en 10 años de ensayos en la localidad de Agramunt.

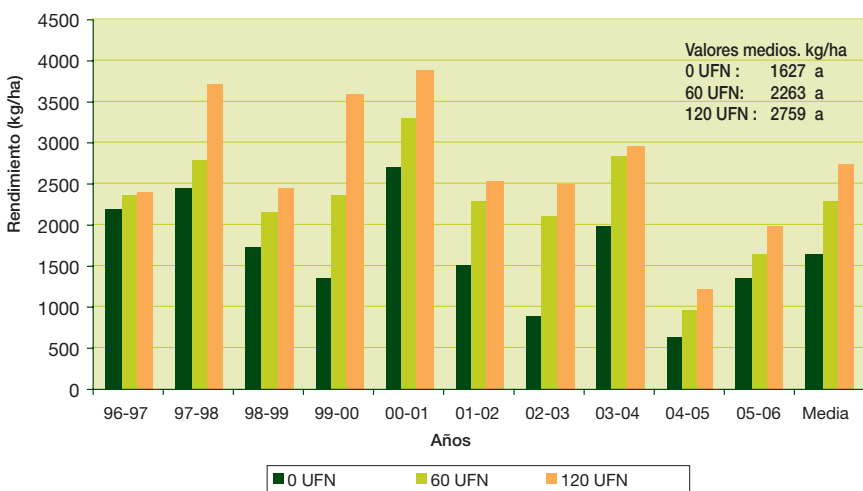


Figura 5. Rendimiento de cebada según diferentes dosis de fertilización nitrogenada bajo el sistema de siembra directa-no laboreo en 10 años de ensayos en la localidad de Agramunt.

superficie del suelo mineral. Por otra parte, los equipos de incorporación del abono en la línea de siembra son muy poco utilizados.

En los secanos de muchas comarcas cerealísticas catalanas la fertilización se realiza a base de purines. En la mayoría de los casos estas aplicaciones se hacen en superficie, por lo que si no se incorporan de forma rápida, como es el caso de la siembra directa - no laboreo, las pérdidas de amonio vía volatilización pueden ser bastante importantes, aunque difíciles de cuantificar.

### 04 Conclusiones

A dosis mayores de N hay una mayor acumulación de N mineral en el suelo que puede incrementar las pérdidas de este elemento en el sistema suelo-planta.

La eficiencia de utilización del N se reduce cuando se incrementa la dosis de N aplicada.

Cuando se utilizan sistemas de laboreo intensivo se debería reducir mucho más la fertilización N que en el caso de siembra directa - no laboreo. No hay respuesta y hay un incremento significativo y acumulativo de nitrógeno mineral en el suelo que podría incrementar el riesgo de lixiviación.

En sistema de siembra directa - no laboreo hay una respuesta positiva y se pueden utilizar dosis de fertilizante nitrogenado medias o cercanas a las habituales. Esto es debido a una mayor disponibilidad y reparto de agua por parte del cultivo y no es probable que haya una limitación del N disponible (inmovilización) dados los niveles altos de N mineral que se miden en el suelo.

Para las condiciones mediterráneas se debe contemplar un nuevo modelo de respuesta de la fertilización nitrogenada al sistema de laboreo, donde el limitante principal es el agua y en un segundo nivel el N disponible.

### 05 Para saber más

Angás P., Lampurlanés J., Cantero-Martínez C. 2006. *Tillage and N fertilization. Effects on N dynamics in Barley yield under semiarid Mediterranean conditions*. Soil and Tillage Research, 87: 59-71.

Cantero-Martínez C., Villar JM., Romagosa I., Fereres E. 1995. *Nitrogen fertilization of barley under semi-arid rainfed conditions*. European Journal of Agronomy, vol.4 nº3: 309-316.

Cantero-Martínez C., Villar JM., Romagosa I., Fereres E. 1995. *Growth and yield responses of two contrasting barley cultivars in a Mediterranean environment*. European Journal of Agronomy, vol.4 nº 3: 317-326.

Cantero-Martínez C., Angás P., Lampurlanés J., Gregori J. 1997. *La fertilización en el Laboreo de Conservación*. Congreso Nacional Agricultura de Conservación, Rentabilidad y Medio Ambiente. Segundo Congreso Nacional de la Asociación de Laboreo de Conservación/Suelos Vivos. Actas del Congreso. Burgos. Diciembre 1997.

Cantero-Martínez C., Angás P., Lampurlanés J. 2003. *Growth yield and water productivity of barley (Hordeum vulgare L.) affected by tillage and N fertilization in Mediterranean semiarid, rainfed condition of Spain*. Field Crops Research 84: 341-357.

Cantero-Martínez C. 2004. *Fertilización nitrogenada en cereal de secano*. III Reunión de la Red de Uso Eficiente de Nitrógeno en la Agricultura (RUENA). ETSEA-Universitat de Lleida. Lleida. Mayo 2004.

Cantero-Martínez C., Santiveri P., Angás J. 2005. *Optimización de la fertilización nitrogenada bajo sistemas de laboreo de conservación en el valle del Ebro*. Seminario: La gestión del nitrógeno a la agricultura. Institució Catalana d'Estudis Agraris. Barcelona. Mayo 2005.

Cantero-Martínez C., Angás P., Gregori J., Martí S., Cortes C. 2006. *Experiencias sobre Fertilización Nitrogenada bajo sistemas de Laboreo de Conservación en el Valle del Ebro*. Tierras de Castilla y León, 128: 76-84.

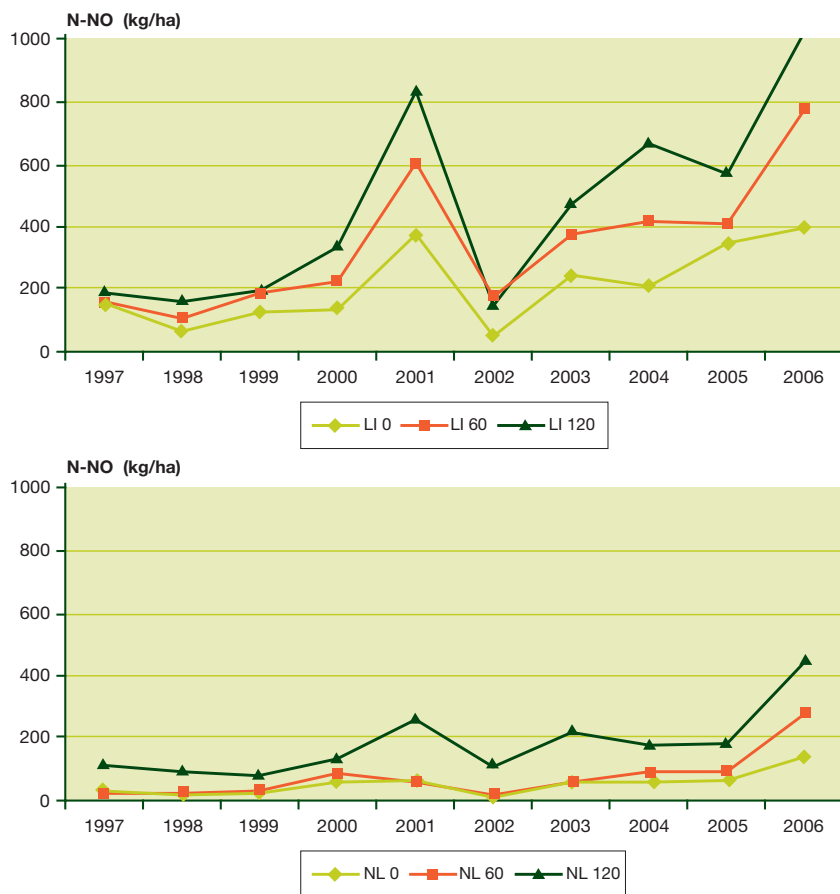


Figura 6. Nitrógeno mineral en el suelo (N-NO3 kg/ha) disponible en inicio de cultivo en dos sistemas de laboreo (LI- Laboreo intensivo con arado de vertedera y NL- No laboreo/siembra directa) y tres dosis de fertilización nitrogenada (0, 60 y 120 kg N/ha) en 10 años de ensayos en la localidad de Agramunt.



# MANEJO DE RESTOS VEGETALES DEL CULTIVO EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN



Máquina picadora. Detalle de las cuchillas. Foto: C. Cantero.



Detalle de corte alto de rastrojo (25-30 cm). Foto: C. Cantero.

## 01 Importancia de la cubierta de restos vegetales del cultivo

El mantenimiento de la cubierta vegetal con restos de cultivos anteriores (herbáceos o arbóreos), como son los rastrojos, la paja, la leña pequeña de poda e incluso las malas hierbas secas de los barbechos; es uno de los principales pilares de la agricultura de conservación. La conservación del suelo, el agua y la materia orgánica del suelo está directamente relacionado con la cantidad, distribución y ritmo de descomposición de estos restos de tejido vegetal. La protección del impacto de la lluvia o del riego, la disminución de la escorrentía, la evaporación del agua en el suelo y la infiltración, están relacionados con la formación y conservación de esta cubierta de residuos llamada "mulching".



En Agricultura de Conservación es muy importante la formación y el mantenimiento de la cubierta vegetal con restos de cultivo, para la protección del suelo, del agua y de la materia orgánica.

Como restos de tejidos vegetales que componen la cubierta vegetal protectora están la paja y los restos del cultivo, el rastrojo, la leña de poda y los restos de malas hierbas que quedan secas en el cultivo y en el barbecho tras los tratamientos (aplicación de herbicidas, siegas, etc.) e incluso los restos de material orgánico de estiércoles y purines. Todos estos materiales, junto con los restos de las raíces del cultivo que quedan tras la cosecha, son las entradas de material que nutrirán el suelo para incrementar sus niveles de materia orgánica, y que tan importante es para la buena calidad del suelo.

Ha sido una práctica habitual en la agricultura tradicional el quemado de rastrojos y paja. Sólo después de las prohibiciones debidas al riesgo de incendios forestales se ha limitado su práctica. También es reconocido por los agricultores más tecnificados y modernos que estos restos de cosecha suponen más beneficio dejándolos sobre el campo que quemándolos. Hoy en día no existe una razón poderosa para realizar las quemas generalizadas de los rastrojos, además del riesgo de incendio que suponen y de que genera desertificación y degradación de los suelos. Las razones agrícolas que han querido justificar su uso, como la infestación de malas hierbas, el control de algunas plagas y enfermedades, y el propio manejo de la paja para evitar problemas de acumulación en la preparación del suelo y la siembra, no son suficientemente poderosas comparado con el riesgo que suponen. En muy pocos casos esta medida ha producido el control

de malas hierbas efectivo, pues siguen habiendo malas hierbas; y tampoco de las enfermedades y plagas sobre las que se ha aplicado. Para ello se necesita conocer su biología y ciclo, que nos permitirá obtener estrategias de control, que en casi todos los casos no están asociadas a quemas de rastrojo, y que son mucho más efectivas. Nos referimos a rotaciones de cultivo, barbecho, retraso o adelanto de fechas de siembra, etc.

## 02 Problemática del manejo de la cubierta vegetal de restos vegetales

Hay diversos problemas y limitaciones que surgen al utilizar las técnicas de agricultura de conservación por el hecho del mantenimiento de esta cubierta protectora a base de restos vegetales.

Cuando se utilizan sistemas de laboreo y hay mucha paja acumulada, a veces, es difícil la incorporación de la misma. Esto no debería ser un problema en sistemas de siembra directa, ya que lo que pretendemos es dejar esta cubierta con la paja y el rastrojo.

Cuando el objetivo es labrar menos o no labrar (y utilizar el sistema de siembra directa), el primer problema y más aparente para el agricultor y que se da en los cultivos herbáceos, es la acumulación de paja u otros restos y que incide negativamente en la colocación de la semilla en el surco de siembra. Este problema es menos importante cuando utilizamos sistemas de laboreo mínimo, pues



Foto 1: Paja y rastrojos cortados por el disco de sembradora. Foto: C. Cantero.



Foto 2: Nascencia defectuosa por mala colocación de la semilla. Mala distribución de la paja. Foto: C. Cantero.



siempre incorporamos algunos residuos y quedan menos residuos sobre la superficie del suelo.

Para evitar el problema de la siembra con la cubierta vegetal se han desarrollado sembradoras específicas de distintos tipos. Las sembradoras de discos, cuyo sistema de corte es uno o varios discos, deben cortar la paja y los residuos y colocar la semilla a la profundidad deseada (Foto 1). Un problema que a veces tienen estas sembradoras, cuando los discos están mal regulados o gastados, es que no cortan el residuo y lo introducen junto con la semilla dentro del surco (Foto 2). El efecto inmediato es un fallo estrepitoso en la nascencia y establecimiento del cultivo, pues introducen el residuo y la semilla en el surco y cuando la semilla germina lo hace mal y no es capaz de establecer un sistema radicular efectivo. Es importante, por lo tanto, llevar los discos en buenas condiciones y también sembrar cuando el residuo de paja no esté muy húmedo.

Las sembradoras de rejas tienden a arrastrar el residuo, sobre todo si está cortado muy largo y mal dispersado en el suelo. Para ello, los diseñadores han dispuesto las rejas en un mayor número de filas que hacen un pasillo y permiten al residuo escapar del arrastre (Foto 3).

Otro problema que puede ser importante es la acumulación excesiva de rastrojos y paja que puede incrementar el riesgo de incendios. En este caso la dispersión de todos los residuos es mejor que dejarlos acumulados en las hileras de la cosechadora donde hay más masa para arder a causa de colillas o chispas de elementos mecánicos y eléctricos de coches, tractores, cosechadoras, etc.



**La acumulación de paja y restos de cosecha puede generar problemas, pero pueden ser evitados con una buena gestión desde la cosecha.**

Puede haber problemas en las acumulaciones excesivas de residuos debido a una mayor concentración de enfermedades por una mayor cantidad de inóculo, o también en lugares donde se depositan los huevos, larvas o pupas de los insectos. Esto es muy específico de estas enfermedades e insectos y la mejor forma de prevenir es dispersar bien los restos y procurar que no sean excesivas las acumulaciones de paja.

Otro problema detectado en nuestras condiciones han sido los fenómenos alelopáticos. Esto es, fitotoxicidad sobre la nascencia y las plántulas establecidas del cultivo precedente por la descomposición de la paja y el rastrojo en condiciones, habitualmente, de humedad y bajas temperaturas (Foto 4). Para evitar este problema, volvemos a lo mismo: evitar excesivas acumulaciones de paja y distribuir bien tanto la paja como los restos de menor tamaño.

Otra situación anómala es, por el contrario, la falta de restos de cosecha. Estas situaciones se dan en condiciones de años muy secos y en lugares

Foto 3: Sembradora de rejas. Distribución de la hilera de rejas con pasillo de clareo de la paja. Foto: C. Cantero.

Foto 4: Establecimiento defectuoso del cultivo a causa de efectos alelopáticos por descomposición de la paja. Foto: C. Cantero.





En siembra directa es mejor cortar el rastrojo alto y dejar la pajar restante, picada en trozos de tamaño mediano.

muy áridos, como son de las condiciones de secano de algunas comarcas del sur de Lleida y de Aragón (Monegros), en el valle del Ebro. También se puede dar en condiciones de barbechos muy secos donde el poco residuo que permanece se descompone durante este largo período. En este caso, deberemos decidir si es mejor realizar un mínimo laboreo que genere una rugosidad mínima, antes que dejar un suelo liso y desnudo.

### 03 Manejo de los restos vegetales del cultivo en siembra directa

Como se ha podido observar en los dos anteriores apartados, las ventajas y sobre todo la problemática de los restos vegetales de la cubierta, se aprecian con mayor intensidad en el caso de siembra directa. Como manejar o gestionar los restos de cosecha para generar una cubierta protectora adecuada se convierte, en determinadas circunstancias, en una prioridad para agricultores que utilizan los sistemas de siembra directa-no laboreo.

Para establecer sistemas de manejo de estos restos vegetales de la cubierta se realizó un ensayo que pretendía obtener datos que determinasen las mejores opciones de éste tipo. Este fue un ensayo donde se compararon en siembra directa, el manejo de dejar la paja o retirarla, combinado con un corte de rastrojo muy bajo (el que se hace habitualmente con objetivo de aprovechar la paja como subproducto) o de altura mayor, para obtener una distribución mejor de todo el residuo vegetal.

En la Figura 1, se expresan los rendimientos medios de un ensayo de seis años y se ve cómo los tratamientos que acumulan más paja tienen un ligero mejor resultado; pero sobre todo se observa cómo dejar los restos con un rastrojo alto, es mejor que un rastrojo bajo.

El mejor rendimiento cuando hay más paja y rastrojo (tratamientos de paja picada y mantenida,

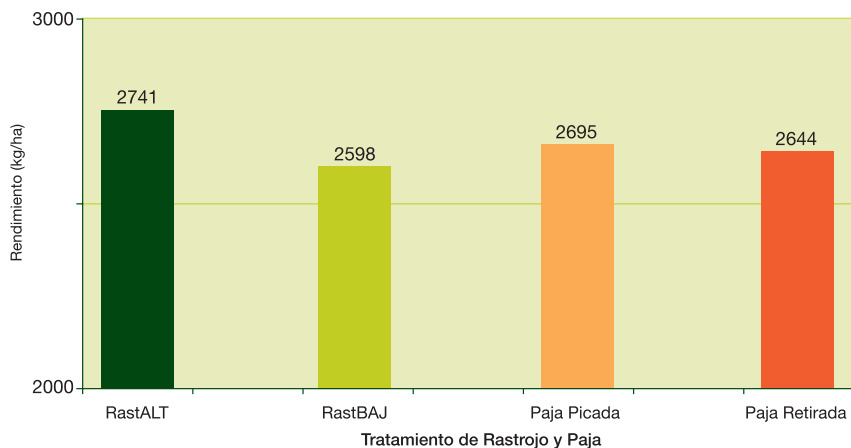


Figura 1. Rendimientos medios durante 6 años de ensayos, de comparación de manejo de paja y rastrojo en cultivo de cereales de invierno, en la localidad de Vilanova de Bellpuig, en Lleida.

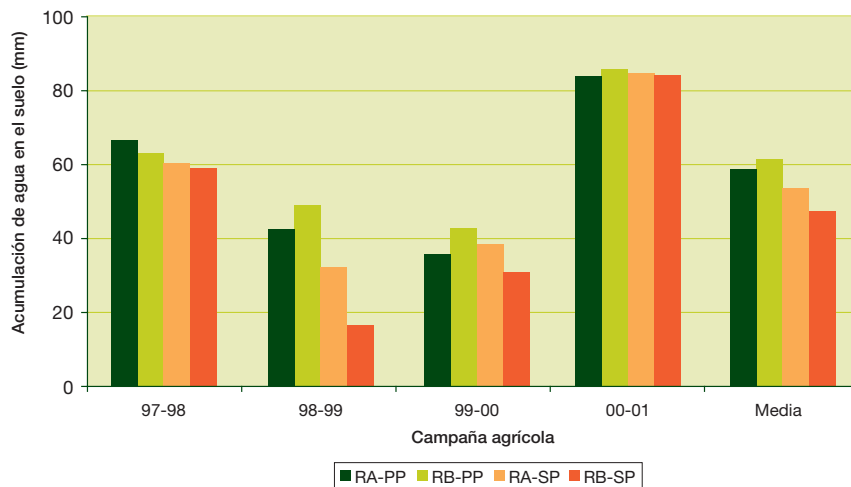


Figura 2. Agua acumulada en el periodo de septiembre a diciembre en un ensayo de comparación de manejo de paja y rastrojo en cultivo de cereales de invierno en la localidad de Vilanova de Bellpuig, en Lleida. RA-PP, Rastrojo cortado alto y la paja picada y mantenida. RB-PP, Rastrojo cortado bajo y la paja picada y mantenida. RA-SP, Rastrojo cortado alto y la paja recogida. RB-SP, Rastrojo cortado bajo y la paja recogida.

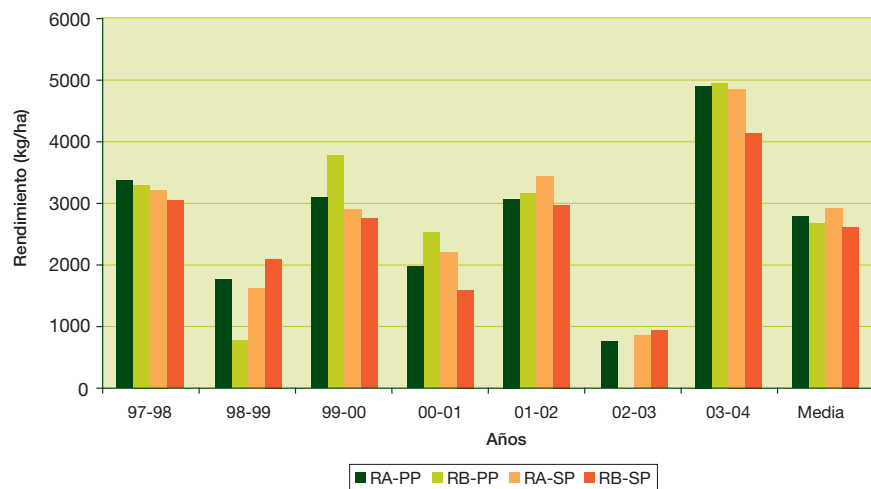


Figura 3. Rendimientos medios de 6 años de ensayos de comparación de manejo de paja y rastrojo en cultivo de cereales de invierno en la localidad de Vilanova de Bellpuig, en Lleida. RA-PP, Rastrojo cortado alto y la paja picada y mantenida. RB-PP, Rastrojo cortado bajo y la paja picada y mantenida. RA-SP, Rastrojo cortado alto y la paja recogida. RB-SP, Rastrojo cortado bajo y la paja recogida.





Campo experimental de manejo de cubierta vegetal de paja y rastrojo en Vilanova de Bellpuig (Lleida). Foto: C. Cantero.

sean con rastrojo cortado alto o rastrojo cortado bajo), es debido a que hay una mayor cantidad y cubierta vegetal de restos de cosecha que provoca, como se esperaba, una mayor acumulación de agua en el suelo en el período de septiembre a diciembre (Figura 2).

La falta de una mayor diferencia entre los tratamientos de paja picada y mantenida sobre el suelo, o de paja retirada, se debe a los problemas de alelopatías que se tuvieron en dos años en los tratamientos con mayor cantidad de residuos (paja mantenida). La Figura 3 muestra estos fallos de rendimiento en los años 1998-99 y 2002-2003 en los tratamientos mencionados.

Para un correcto picado y dispersión de la paja y otros restos vegetales, las cosechadoras llevan sistemas que permiten dejarla adecuadamente. Hay que remarcar que esto debe ser realizado con precisión, el tamaño de corte debe estar entre 15 y 30 cm y el sistema debe incluir ventiladores que distribuyan perfectamente los restos de tamaño pequeño (foto). Recordar que una buena siembra directa comienza en la cosecha del cultivo anterior.

#### 04 Conclusiones y recomendaciones

El mantenimiento de la cubierta con restos vegetales y su adecuada gestión es fundamental para la sostenibilidad de la producción bajo las técnicas de AC.

Sin embargo, todavía se necesita algo más de información, según las condiciones locales de nuestros sistemas de cultivo, para establecer adecuadamente el manejo y la gestión de los restos de cosecha, con la finalidad de generar y mantener la cubierta vegetal en los sistemas de agricultura de conservación. Específicamente se necesita saber las cantidades de paja que se deben dejar para mantener la protección sin crear excesivos proble-

mas como los mencionados anteriormente. Se están realizando ensayos para cuantificar los límites para esta gestión bajo diferentes supuestos y condiciones de cultivo. No obstante, de la información y observaciones obtenidas se pueden establecer algunas recomendaciones que optimizan la formación y el mantenimiento de la cubierta vegetal. Algunas de estas recomendaciones son:

- En las condiciones de baja producción de residuos vegetales, no se debe retirar la paja ni labrar los rastrojos.
- Es adecuado dejar el rastrojo alto, elevando la altura de corte a 20 - 30 cm sobre la superficie del suelo, cuando se pueda. De esta forma se mantienen los restos de tallos erectos, y se evita la pérdida del residuo por arrastre del agua y del viento.
- Evitar un picado excesivo de la paja reduciendo la velocidad del cortador. Los trozos de paja picada muy corta son más fácilmente arrastrados por el agua y el viento. Asimismo, un tamaño largo de paja forma un entrelazado con los tallos erectos que permite una mayor retención del residuo. Una longitud de picado entre 15 y 30 cm puede ser la adecuada en el caso de los cereales de invierno.
- Es muy interesante la colocación de ventiladores que realicen una buena distribución de los restos de paja más pequeños y de los restos de las espigas, cubiertas del grano, etc.
- En caso de cosechadoras con gran amplitud de corte, deberemos asegurar la buena distribución de la paja.
- En zonas de alta humedad y con exceso de restos de rastrojo y paja, puede ser adecuado cortar alto el rastrojo y retirar el exceso de paja. Este favorece el secado de la excesiva humedad y mantiene una suficiente protección del suelo.

- En zonas de baja producción de residuos y en el caso de restos de leguminosas grano, puede ser interesante la siembra de un cultivo cubierta o una ligera incorporación de residuo con un mínimo laboreo.

Para mantener los residuos y evitar los incendios se pueden considerar diversas recomendaciones:

- Evitar la quema de rastrojos y paja indiscriminadamente.
- En caso de alto riesgo realizar una labor de mínimo laboreo en los alrededores del campo. Esto reducirá los niveles de residuos que pueden iniciar la combustión.
- En el caso de la quema de márgenes, se deberá realizar en épocas de otoño y primavera con un cierto nivel de humedad. Realizar un mínimo laboreo en los alrededores del campo.
- Para reducir el riesgo de ignición incontrolada se puede realizar una siembra de un cultivo cubierta, que mantiene un nivel de humedad más alto.
- En caso de necesidad de quema de los restos de paja realizarlo siempre bajo condiciones controladas (agua disponible para controlar el fuego, personal para realizar un control rápido, notificación a los servicios de extinción, etc.).

#### 05 Para saber más

Asociación Española de Laboreo de Conservación: <http://www.aeac-sv.org>

López-Granados F., Cantero-Martínez C., Ferreres A., García-Torres L., González P., Herranz JL., Martínez A., de Prado JL., Trapero A., 1998. *Guía de Agricultura de Conservación en Cultivos Anuales*. Asociación Española de Laboreo de Conservación/Suelos Vivos. Córdoba.

# AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN Y LA BIODIVERSIDAD



Infestación de *Bromus* en campos de siembra directa. Foto: C. Cantero.



*Sisión* en campos de cereales de siembra directa. Foto: C. Cortés.

## 01 Efectos beneficiosos de la AC sobre la biología del suelo. Efecto sobre las lombrices

Con demasiada frecuencia se ha visto el suelo como un material inerte sólo con capacidad para almacenar agua y nutrientes, y mantenerlos disponibles para la planta. Si bien esto es cierto en la mayoría de los sustratos artificiales que se utilizan en horticultura y jardinería, el suelo natural se caracteriza por estar vivo gracias a la presencia de una gran cantidad de micro y macro organismos (fauna del suelo). La actividad biológica del suelo es la que mantiene el ciclo de los nutrientes que es vital para la alimentación de las plantas. Por ello, las prácticas agrícolas deben ser, no sólo respetuosas con la actividad biológica de suelo, sino que potenciadoras de la misma.



La agricultura de conservación (AC) activa la biología del suelo y favorece la población de lombrices que generan gran cantidad de canales y permiten la circulación más efectiva del agua y su acumulación más eficiente en el suelo.

La agricultura de conservación (AC) activa la biología del suelo. En primer lugar, mantiene sobre la superficie del suelo los residuos de la cosecha anterior. Estos residuos son el alimento necesario de los microorganismos y de la fauna que viven en el suelo. En segundo lugar, mantiene unas condiciones de humedad más elevadas que favorecen el desarrollo de la actividad biológica. Por último, conserva mejor la estructura del suelo, haciéndolo más resistente a la erosión. De esta manera evitamos la pérdida de la capa de suelo con más actividad biológica, la superficial.

Las lombrices son los representantes más visibles de la fauna del suelo. Al tiempo que se alimentan de los residuos orgánicos, excavan galerías en el suelo mejorando la porosidad que favorece la infiltración del agua de lluvia y la aireación del suelo. Las deposiciones de las lombrices son ricas en nutrientes y junto con sus secreciones favorecen la formación de agregados estables que protegen el suelo de la erosión.

Desde la campaña 1986-87 en Selvanera y la 1990-91 en Agramunt se establecieron campos experimentales para comparar distintos tipos de laboreo de conservación con sistemas de laboreo tradicionales. En estos campos y a lo largo de 4 campañas (1995-96 a 1998-99) se realizó un seguimiento de las poblaciones de lombrices con los siguientes resultados:

- La siembra directa – no laboreo favorece las poblaciones de lombrices; mientras que el laboreo, cuanto más intenso es (vertedera), más las perjudica. Esto se observa tanto en el ensayo de Agramunt como en el de Selvanera (Figura 1).
- Existe una variación estacional del número de lombrices en los 20 primeros cm de suelo, siguiendo la evolución de la humedad del suelo (Figura 2), con un mínimo en los meses de verano. Por ese motivo y desde el punto de vista de la conservación de las poblaciones de lombrices, si se decide realizar labores el mejor momento es el verano, cuando el contenido de humedad del suelo es bajo en la superficie del mismo y las lombrices se han desplazado a regiones más profundas. Por el mismo motivo, es preferible que las labores sean poco profundas (Chisel).

## 02 Problemática de las malas hierbas en AC

Se tiene la idea de que con la AC aumentan los problemas de malas hierbas, pues supone una reducción o incluso supresión del laboreo cuya principal finalidad era la eliminación de la flora arvense. Esto no es del todo cierto ya que se sustituye el laboreo por la aplicación de un herbicida total no residual (generalmente glifosato).

Lo que sí es cierto es que se produce un cambio en las especies que aparecen como malas

hierbas (inversión de flora), especialmente cuando se realiza siembra directa. Así, algunas especies de hoja ancha disminuyen. También las especies perennes que pueden tener más incidencia. En cambio, algunas especies que en el sistema tradicional únicamente crecía en los márgenes pasan ahora a invadir el terreno de cultivo.

Éstas son parte de las observaciones que se registran en nuestras condiciones de secano. Tras bastantes años de utilización de sistemas de laboreo de conservación, que incluyen la siembra directa – no laboreo, se ha observado como la avena loca (*Avena sterilis*) suele ir desapareciendo y se reduce considerablemente su efecto negativo sobre los cultivos. El vallico (*Lolium rigidum*) se muestra bastante indiferente a los cambios de manejo del suelo. El bromo (*Bromus diandrus*) ha causado, y todavía crea, problemas en determinadas circunstancias. Esta especie invasora también puede ser dispersada desde los márgenes a través de la paja y los purines. Su control en siembra directa es bastante difícil, pero puede llegarse a un grado de control bastante adecuado a través de rotaciones de cultivo con veza y otras leguminosas, y con colza.

Utilizar el barbecho controlado y/o químico, las siembras tardías, o realizar un pase de grada por los bordes de la parcela (la infestación suele producirse de los bordes hacia el centro) pueden ser medidas igualmente interesantes. El tratamiento herbicida de los márgenes del campo puede prevenir su infestación. Finalmente nos queda el tratamiento selectivo, siempre en cultivo de trigo.

### 03 Enfermedades, plagas y enemigos naturales en AC

Aunque con la adopción de la AC puede existir un riesgo ligeramente mayor de sufrir ataques de plagas y enfermedades, los estudios realizados no muestran diferencias significativas respecto a los sistemas de laboreo convencional.

La incidencia de algunas enfermedades ha estado ligada a la permanencia del inóculo de las mismas en los restos de cosecha, en caso de siembra directa. Un buen modo de acción para su control es retirar el exceso de paja y cortar bajo el rastrojo, si eso sucede. En ningún caso está justificada la quema de la paja y del rastrojo

→  
**El cambio de manejo de suelo para la preparación y siembra puede afectar a la flora arvense y a las malas hierbas de los cultivos. En cultivos de cereales el Bromus puede ser un problema a considerar.**

para su control. Los daños por este motivo en erosión y riesgos de incendios siempre superan los daños sobre el cultivo. Es adecuado utilizar variedades resistentes y retrasar la fecha de siembra en algunos casos.

En otros casos, como en el del “Mal de pié” de los cereales, algunos estudios de la Universitat de Lleida (UdL) han observado una menor severidad en laboreo mínimo y siembra directa – no laboreo, frente a la vertedera. Esto es debido a una proliferación de otros hongos y microorga-

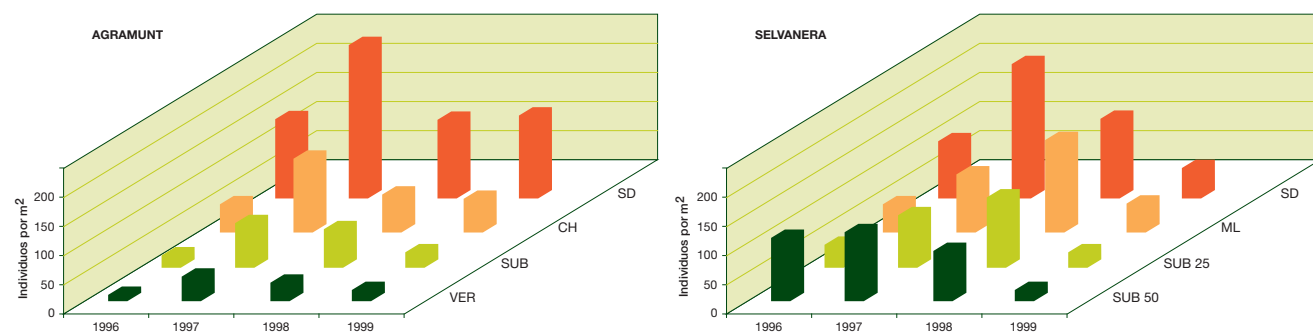


Figura 1. Promedio del número de lombrices/m<sup>2</sup> (huevos, formas juveniles y adultas) contabilizadas en los distintos sistemas de laboreo durante cada año en Agramunt y en Selvanera (SD: Siembra Directa – no laboreo, CH: Chisel, SUB: Subsolador (a 50 cm de profundidad), VER: Vertedera, ML: Mínimo Laboreo, SUB-25: Susolador a 25 cm, SUB-50: Subsolador a 50 cm).

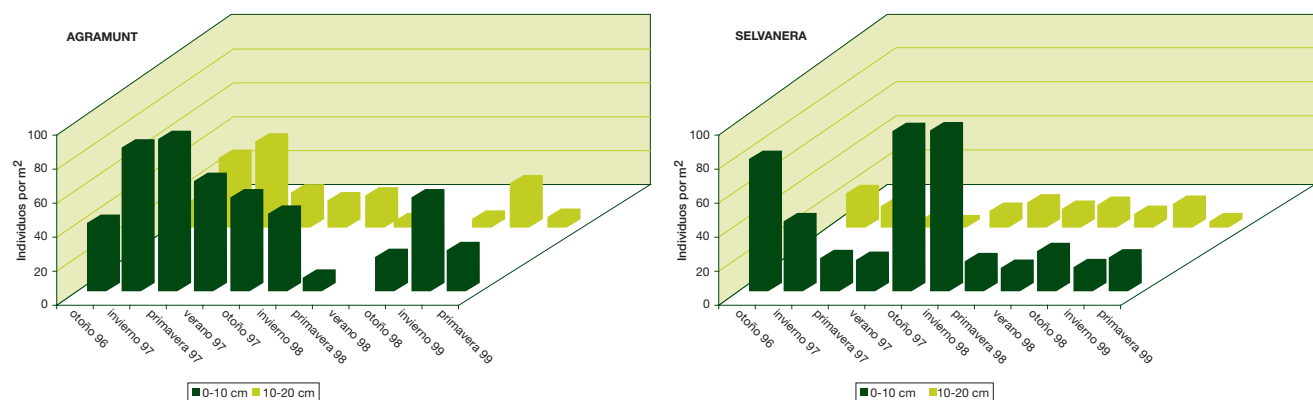


Figura 2. Promedio del número de lombrices/m<sup>2</sup> (huevos, formas juveniles y adultas) contabilizadas en los distintos sistemas de laboreo en cada muestreo, de 0-10 cm y de 10-20 cm en Agramunt y en Selvanera.





Para el control de plagas y de enfermedades se insiste en la importancia de la rotación de cultivos como medio para romper el ciclo biológico de los organismos perjudiciales para los cultivos.

nismos como enemigos naturales de aquellos que provocan esta enfermedad.

Se ha observado también, últimamente, depresiones muy intensas en especies de cereales (cebada y avena). Éstas son debidas a virosis, y no asociadas a sistemas de manejo de suelo. Las virosis son habitualmente transportadas por vectores, como pulgones, y éstos no son afectados por el sistema de laboreo.

En algunos casos se ha asociado en cereales de invierno la incidencia de Zabrus. En algunas zonas (Navarra) se relaciona directamente con la práctica de siembra directa. En nuestras condiciones, la incidencia tiene una componente climática más que del uso del sistema de siembra directa - no laboreo. Un retraso en la fecha de siembra puede ser útil para reducir la posibilidad de ataque.

Aunque en general sobre la incidencia de las plagas no se observan diferencias según sistemas de laboreo, parece que el hecho de mantener el suelo indisturbado favorece algunas especies de depredadores naturales.

Restos de actividad de lombrices en un campo de siembra directa de, 20 años, en Agramunt. (Lleida)  
Foto: C. Cantero.



En estudios realizados por investigadores de la UdL, se observa una mayor proliferación de tipos insectos de suelo que no afectan a los cultivos y que, sin embargo, significan una mayor biodiversidad positiva para la fauna del suelo y su repercusión beneficiosa sobre los cultivos.

#### 04 Efecto sobre la fauna

Los restos de cosecha que permanecen en el suelo en AC proporcionan alimento y refugio para muchas especies de pájaros, pequeños mamíferos y reptiles en periodos críticos de su vida. Por este motivo se observa habitualmente una mayor densidad de aves y una mayor nidificación en zonas de AC. Además de la contribución que esto supone al mantenimiento e incremento de la biodiversidad, hace de la AC una opción muy interesante a considerar en los lugares donde se quiere potenciar los recursos cinéticos y lugares de protección faunística.

Por otro lado, la AC incrementa también las poblaciones de algunos roedores, caracoles y babosas que en determinadas ocasiones pueden llegar a ser perjudiciales para los cultivos.

#### 05 Conclusiones y recomendaciones

La AC incrementa la biodiversidad en los ecosistemas agrícolas. El incremento de las poblaciones de los diversos organismos hace que se establezcan nuevas relaciones y sea más fácil alcanzar un equilibrio. De esta manera es más difícil que alguna de las especies pueda crecer demasiado y convertirse en perjudicial para el cultivo.

Desde el punto de vista de la biodiversidad se recomienda:

- Reducir al máximo el laboreo y mantener sobre el suelo los residuos de la cosecha anterior.
- Establecer rotaciones de cultivos que faciliten el control de malas hierbas, plagas y enfermedades y que a su vez incrementen la diversidad de los cultivos en el ecosistema agrario. En caso de no ser económicamente sostenibles las rotaciones con otros cultivos, se puede utilizar el barbecho químico, las rotaciones de cereales; y también para el caso de herbicidas, las rotaciones de los mismos con el fin de evitar resistencias de las principales especies de malas hierbas.

#### 06 Para saber más

Asociación Española de Laboreo de Conservación: <http://www.aeac-sv.org>

Cantero-Martínez C. 2005. *La biodiversidad bajo sistemas de agricultura de conservación*. Actas del Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación. Córdoba, 9-11 de noviembre. Pp. 67-74.

Cantero-Martínez C.; Gregori J. 1998. *Laboreo de conservación en las comarcas de Cataluña*. III Seminario. Agramunt, 19 de mayo. 48 pp.

Federación Europea de Agricultura de Conservación: <http://www.ecaf.org/Espana/espana.htm>

Soil and Water Conservation Society. 1995. *Farming for a better environment*. Ankeny (USA). 67 pp.

# FIJACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA Y SECUESTRO DE CO<sub>2</sub>



Los residuos de cosecha son importantes para la formación de materia orgánica del suelo. Foto: C. Cantero.

## 01 Importancia de la materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo procede de:

- **Residuos de cosecha.** Tanto la paja y el rastrojo, como las raíces de los cultivos son la principal fuente de materia orgánica de los suelos agrícolas.
- **Subproductos ganaderos.** La aplicación de residuos ganaderos, como los purines y el estiércol, pueden suponer un importante aporte de materia orgánica al suelo.
- **Fauna del suelo.** Presencia de insectos, lombrices y microorganismos.
- **Otros:** plantas espontáneas presentes en los campos (malas hierbas, ricio,...) o aplicaciones de compost.

Una vez se incorpora la paja del cultivo o los residuos ganaderos al interior del suelo, se favorece la actividad de los microorganismos presentes en el mismo, en su lugar (principalmente hongos y bacterias). Estos microorganismos descomponen la paja o el residuo ganadero incorporado con el fin de obtener energía y nutrientes esenciales para su desarrollo. Durante este proceso de descomposición, también conocido como mineralización, se liberan al suelo nutrientes minerales que formaban parte de la composición de esta paja o residuo. Estos nutrientes minerales (Nitrógeno, Azufre, Fósforo,...) serán fácilmente

absorbidos por la planta. Por tanto, un buen nivel de materia orgánica en suelos agrícolas favorecerá la fertilización natural de los cultivos.

Además de la fertilización natural de los cultivos, la materia orgánica del suelo participa en otros procesos que afectan de manera directa al rendimiento de nuestras cosechas, como por ejemplo:

- Incremento de la retención de nutrientes esenciales en el suelo.
- Mejora de la estructura del suelo.
- Disminución de la erosión del suelo.
- Favorece la presencia y el desarrollo de la fauna y los microorganismos del suelo.

A su vez, durante el proceso de descomposición de la materia orgánica, además de nutrientes minerales, también se libera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este gas proviene de la respiración de los microorganismos durante el proceso de descomposición. La producción de este CO<sub>2</sub> tiene una importancia destacada en los suelos agrícolas que será tratada más adelante en este mismo capítulo.

## 02 Conservación de la materia orgánica en Agricultura de Conservación

Durante décadas, el laboreo sistemático del suelo ha llevado a una disminución de los

contenidos de materia orgánica de los suelos agrícolas. En contra de lo que siempre se había pensado, la utilización del arado de vertedera, como herramienta principal de trabajo del suelo, ha acelerado la descomposición de la materia orgánica de los suelos disminuyendo, así, la fertilidad natural de los mismos.

El laboreo genera unas condiciones más óptimas en el suelo para la descomposición de la materia orgánica. El laboreo facilita la incorporación de los residuos desde la superficie al interior del suelo y genera unas condiciones de humedad, temperatura y aireación más favorables para la actividad de los microorganismos que descompondrán los compuestos orgánicos localizados en el interior del suelo.



El mantenimiento de un elevado contenido de materia orgánica en nuestros suelos resulta de vital importancia con el fin de conseguir un óptimo desarrollo de nuestros cultivos.

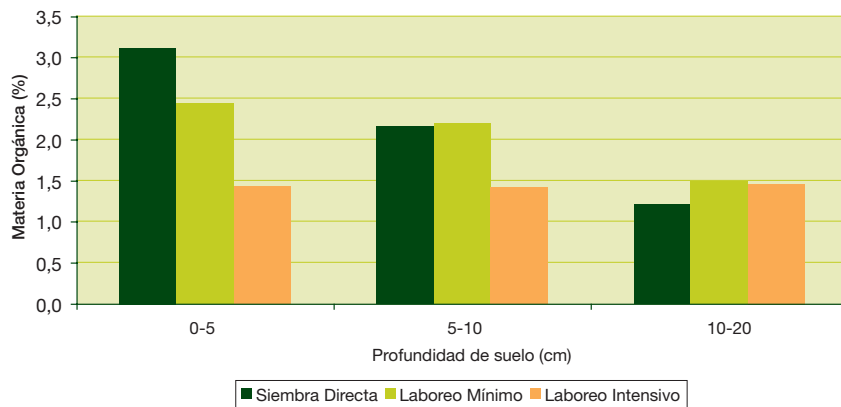


Figura 1. Materia Orgánica en el suelo en %, en diferentes sistemas de laboreo. Campo experimental de Agramunt. Lleida.

La aparición de técnicas de agricultura de conservación (AC) ha llevado a la reducción del laboreo del suelo y, por tanto, a una disminución de las pérdidas de materia orgánica de los suelos. El grupo de Agronomía de la Universitat de Lleida lleva varios años estudiando la influencia de los sistemas de laboreo en la acumulación de materia orgánica. Después de más de 15 años de ensayo en secano, en la localidad de Agramunt, en los primeros 5 cm de suelo se observa el doble de materia orgánica en siembra directa - no laboreo respecto a un laboreo intensivo con arado de vertedera (Figura 1). El nivel de materia orgánica en el mínimo laboreo se sitúa entre la siembra directa - no laboreo y el laboreo intensivo. A medida que nos vamos a una mayor profundidad de suelo, las diferencias entre sistemas de laboreo se hacen más pequeñas y, de esta manera, de 10 a 20 cm los valores de materia orgánica son algo mayores en el laboreo intensivo que en la siembra directa - no laboreo (Figura 1).

Por tanto, tal y como se muestra en estos resultados, la siembra directa tiene un efecto de acumulación de materia orgánica en los primeros centímetros de suelo respecto al laboreo intensivo. La acumulación de residuos en la superficie del suelo, junto a unas condiciones menos óptimas para la actividad de los microorganismos del suelo (limitación de oxígeno, condiciones climáticas más limitantes), genera una menor descomposición de materia orgánica del suelo bajo siembra directa.

El mayor contenido de materia orgánica bajo siembra directa, en los primeros centímetros de suelo, se traduce en unas mejores condiciones en la estructura del suelo. La estructura del suelo es una característica física muy importante en los suelos agrícolas ya que influye de una manera directa en el rendimiento de nuestras cosechas. Una buena estructura del suelo implica la agregación de las partículas del suelo, formando

bloques o agregados de tamaño adecuado y, sobre todo, estables. Los agregados del suelo son uniones de materia orgánica con las partículas minerales del suelo (limos y arcillas). Así, cuando un suelo está formado por agregados uniformes, de tamaño medio y estables (es decir, que resisten a la rotura ya sea por las gotas de la lluvia o por el laboreo) tendremos un suelo con una estructura óptima que permitirá un correcto desarrollo de las raíces de nuestros cultivos. A su vez, tendremos un suelo en el que será más fácil trabajar, con una mayor capacidad de infiltrar y acumular agua y, sobre todo, más resistente a los procesos de erosión. Una adecuada formación de agregados, tanto de tamaño como de estabilidad, viene condicionada por el contenido de materia orgánica de un suelo. Así, mayores contenidos de materia orgánica generarán agregados más estables y uniformes que nos permitirán unas mejores condiciones para la práctica agrícola. En el mismo experimento de Agramunt de la Figura 1 y en otro situado en la localidad de Selvanera, los agregados de siembra directa en superficie fueron aproximadamente el doble de estables que los agregados del laboreo intensivo (Figura 2). Por tanto, el mayor contenido de materia orgánica presente en la siembra directa respecto al laboreo intensivo, observado en la Figura 1, conduce a una mayor estabilidad de los agregados de siembra directa respecto a los del laboreo intensivo.

### 03 Contribución de la Agricultura de Conservación a la fijación de CO<sub>2</sub>

El CO<sub>2</sub> es un gas actualmente de moda debido a su implicación en el llamado efecto invernadero y en el cambio climático. Concentraciones altas de este gas en la atmósfera llevan a un incremento



La siembra directa acumula residuos en la superficie del suelo favoreciendo un secuestro de materia orgánica en los primeros centímetros del suelo.

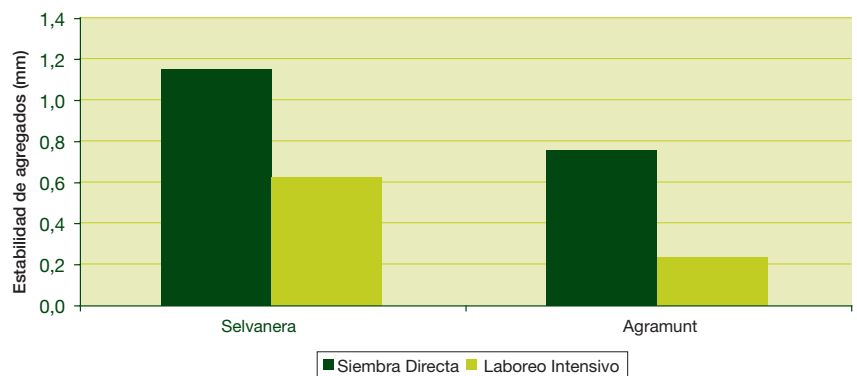


Figura 2. Distribución del tamaño de agregados estables al agua en mm, en diferentes sistemas de laboreo, en los primeros 5 cm del suelo. Campos experimentales de Selvanera y Agramunt. Lleida.



de las temperaturas terrestres y a una alteración de los regímenes de lluvias. En los últimos años, se han establecido políticas (como por ejemplo el Protocolo de Kioto) encaminadas a disminuir estas emisiones de CO<sub>2</sub>, por parte de los diferentes sectores, con el fin de disminuir y controlar la concentración de CO<sub>2</sub> así como de otros gases de efecto invernadero en la atmósfera.

El desarrollo de los cultivos requiere de una importante cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis. Las plantas captan este CO<sub>2</sub> de la atmósfera y gracias a este proceso los cultivos son capaces de transformar el agua y los nutrientes minerales absorbidos en azúcares útiles para su actividad. De esta manera los cultivos eliminan una gran cantidad de CO<sub>2</sub> de la atmósfera y lo incorporan a su estructura mediante el proceso de fotosíntesis.

Sin embargo, después de la cosecha, los residuos de los cultivos pasan al suelo donde son descompuestos por los microorganismos presentes. Tal y como ya hemos comentado anteriormente, la descomposición de estos residuos generará CO<sub>2</sub> que se almacenará en el suelo y se irá liberando a la atmósfera. Por tanto, si se disminuye o bien se ralentiza la descomposición del residuo, se conseguirá un almacenamiento del CO<sub>2</sub> atmosférico (fijado en la estructura del cultivo y devuelto al suelo en forma de residuo) en el suelo. De esta manera, el suelo tendrá la función de almacén de CO<sub>2</sub> atmosférico ayudando, así, a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por otras actividades.

Ensayo	Campaña de cultivo	Sistema de laboreo		
		Siembra directa	Mínimo laboreo	Laboreo intensivo
Selvanera (Lleida)	03-04	1.56	1.65	1.76
	04-05	0.47	0.55	0.47
Agramunt (Lleida)	03-04	0.87	0.92	1.03
	04-05	0.45	0.45	0.51
Peñaflor (Zaragoza)	03-04	1.23	1.43	1.42
	04-05	0.39	0.56	0.58

**Tabla 1. Promedio de emisiones de CO<sub>2</sub> (g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) del suelo a la atmósfera a lo largo de dos campañas agrícolas (2003-2004 y 2004-2005) y en función del sistema de laboreo.**

Tal y como se ha comentado en el apartado anterior, la agricultura de conservación conduce a un incremento de los contenidos de materia orgánica. Por tanto, técnicas de laboreo reducido y, muy en especial, la siembra directa, llevan a una menor descomposición de los residuos de las cosechas, generando un menor CO<sub>2</sub> en el suelo, que poco a poco se emitirá a la atmósfera. En tres ensayos llevados a cabo a lo largo del valle del Ebro, las menores emisiones de CO<sub>2</sub> del suelo a la atmósfera se obtuvieron, en general, en la siembra directa, y las mayores emisiones en el laboreo intensivo (Tabla 1).

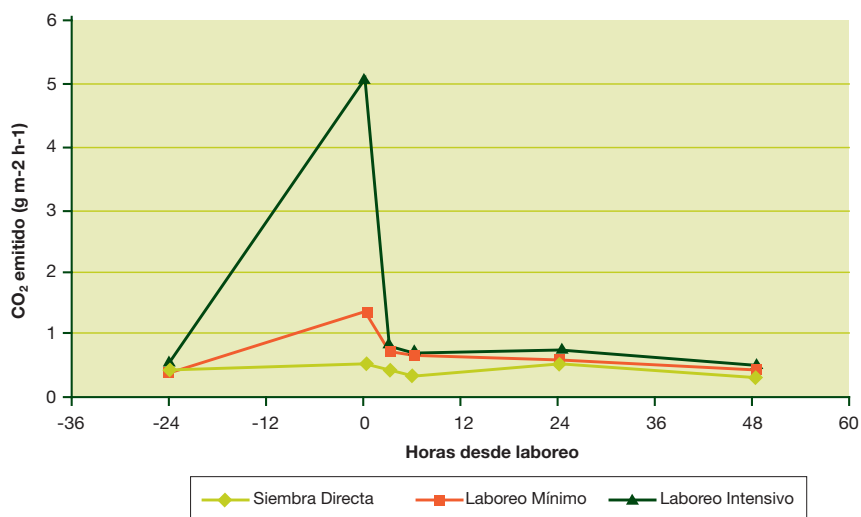
Además de esta mayor emisión del laboreo intensivo durante la campaña respecto al mínimo laboreo y, sobre todo, a la siembra directa, el laboreo intensivo del suelo genera una fuerte liberación de CO<sub>2</sub> atrapado en el suelo, durante el momento de la labor. Así, en un experimento lle-

vado a cabo en Agramunt se obtuvo seis veces más de emisiones de CO<sub>2</sub> en el laboreo intensivo respecto a la siembra directa en el momento de las labores (Figura 3). El laboreo produce una liberación del CO<sub>2</sub> que se había acumulado en el suelo como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica del suelo.

#### 04 Conclusiones y recomendaciones

La materia orgánica del suelo es un parámetro básico de los suelos agrícolas. El mantenimiento de un alto contenido de materia orgánica tiene una doble repercusión en cuanto a la productividad y a la calidad ambiental de nuestros agrosistemas.

La materia orgánica influye positivamente en un elevado número de procesos que se dan en los suelos agrícolas. Procesos como el almacenamiento de agua en el suelo, el control de la erosión y la fertilidad del suelo son ejemplos claros de procesos controlados en parte por la materia orgánica del suelo. Por tanto, el mantenimiento de unos altos niveles de producción, a lo largo



**Figura 3.** Emisiones de CO<sub>2</sub> (g m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) del suelo a la atmósfera inmediatamente después de labrar en noviembre 2004 en Agramunt, Lleida.



**El laboreo intensivo lleva a una pérdida de la materia orgánica almacenada en el suelo y, por tanto, a unas mayores emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.**



Medidas de emisiones de CO<sub>2</sub> desde el suelo.  
Foto: C. Cantero.

del tiempo en nuestras zonas, requiere de unos elevados contenidos de materia orgánica.

La adopción de técnicas de agricultura de conservación lleva a un incremento del contenido de materia orgánica de nuestros suelos. En concreto, la reducción del laboreo y, en especial, la siembra directa son las prácticas más recomendables para este fin. La siembra directa, a diferencia del laboreo intensivo, lleva a una acumulación de residuos vegetales en superficie y a unas condiciones menos óptimas para la descomposición de estos residuos en el interior del suelo. De esta manera, en poco tiempo, la utilización de esta técnica nos permite un incremento de los contenidos de materia orgánica en comparación con el laboreo intensivo, favoreciendo unas mejores condiciones para la productividad de nuestros suelos.

Además, incrementos de materia orgánica en nuestros suelos comportan la fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico ayudando, de esta manera, a la eliminación de este gas de efecto invernadero de la atmósfera. Esta fijación de CO<sub>2</sub> atmosférico debido a la reducción o eliminación del laboreo permitirá compensar parte de las emisiones GEI que se generan en otros sectores tales como la industria o el transporte. A pesar de que el

incremento de C orgánico en los suelos agrícolas es un proceso limitado y, según zonas, con poco potencial, tiene el interés de que es un procedimiento rápido, sin elevados costes y con un impacto positivo en la calidad y productividad de nuestros sistemas. Asimismo, esta fijación de CO<sub>2</sub> puede ser, en un intervalo no muy largo de tiempo, motivo de algún tipo de compensación o ayuda para la actividad agrícola debido a la urgente necesidad que existe de disminuir los niveles de CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

## 05 Para saber más

Álvarez-Fuentes J., M.V. López, R. Gracia, Arrúe J.L.. 2004. *Effect of tillage on short-term CO<sub>2</sub> emissions from a loam soil in semiarid Aragón (NE Spain)*. Options Méditerranéennes. Series A: Séminaires Méditerranéens 60, 51-54.

Arrúe, J.L. 1997. *Impacto potencial del laboreo de conservación sobre el suelo como sumidero de carbono atmosférico*. P. 189-200. A: García Torres y González Fernández (Ed). Agricultura de conservación: fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos. Asociación Española Laboreo de Conservación/Suelos Vivos (AELC/SV)

Los residuos de cosecha son importantes para la formación de materia orgánica del suelo.  
Foto: C. Cantero.



Labrador Moreno J. 2002. *La materia orgánica en los agrosistemas*. 2ª edición. Mundi-Prensa. Madrid.

Paul EA., Paustian K., Elliot ET., Cole CV. 1997. *Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems: Long-term Experiments in North America*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.

<http://www.ipcc.ch/>

## 06 Autores



**Álvaro Fuentes, Jorge**  
 Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal  
 ETSEA. UdL  
[jalvaro.fuentes@gmail.com](mailto:jalvaro.fuentes@gmail.com)



**Angás Pueyo, Pedro**  
 Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal  
 ETSEA. UdL  
[pedroangas@hotmail.com](mailto:pedroangas@hotmail.com)



**Cantero Martínez, Carlos**  
 Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal  
 ETSEA. UdL  
[carlos.cantero@pvcf.udl.cat](mailto:carlos.cantero@pvcf.udl.cat)



**Cortés Moragrega, Carlos**  
 Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal  
 ETSEA. UdL  
[ccortes@pvcf.udl.cat](mailto:ccortes@pvcf.udl.cat)



**Gregori Punyet, Jaume**  
 Oficina Comarcal de l'Urgell. DAR  
[jaume.gregori@gencat.net](mailto:jaume.gregori@gencat.net)



**Lampurlanés Castel, Jorge**  
 Departament d'Enginyeria Agroforestal  
 ETSEA. UdL  
[jlampur@eagrof.udl.cat](mailto:jlampur@eagrof.udl.cat)



**Martí Noguero, Silvia**  
 Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal  
 ETSEA. UdL  
[silvia.marti@pvcf.udl.cat](mailto:silvia.marti@pvcf.udl.cat)



**Moncunill Geniz, Judit**  
 Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal  
 ETSEA. UdL  
[judit.moncunill@gmail.com](mailto:judit.moncunill@gmail.com)



**Morell Soler, Francisco J.**  
 Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal  
 ETSEA. UdL  
[pacomorell@yahoo.com](mailto:pacomorell@yahoo.com)

## 07 Agradecimientos y reconocimiento

La Agricultura de Conservación se desarrolló en Cataluña hace casi 30 años y durante este tiempo se ha ido estabilizando. Actualmente, y desde el año 1991, es el grupo de Agronomía del Departamento de Producción Vegetal y Ciencia Forestal de la Universitat de Lleida, el que lleva a cabo proyectos de investigación y actividades de transferencia de tecnología y desarrollo de estas técnicas. Sin embargo, hay personas, agricultores, técnicos y estudiantes, que durante estos años han participado en estas actividades. A todos ellos nuestro agradecimiento y reconocimiento. Entre ellos citar, por su constancia y entusiasmo, a las familias Gabernet y Gomá de El Canós; a Joan Codina, de Massoteres; a Jaume Ramón, Josep María Penella, familia Albareda, Jaume Avellana, Francesc Maquilles, Josep María Gené y Joan Ribes, de Agramunt; a Xavier Llobet, de Vilanova de Bellpuig; a Josep María Besora, de Selvanera. A los técnicos del SEA en aquel momento, Joan Salvadó Minguet, Andreu Bosch y Guillem Puertas que lo plantearon en el campo de Selvanera.



*Campos de siembra directa en la Segarra.*





Familia Albareda-Salvador. A la derecha, Francesc Xavier

→

**“La agricultura de conservación es algo más que siembra directa”**

La agricultura de conservación se basa en una serie de prácticas agronómicas que permiten un manejo del suelo que altera menos su composición, estructura y biodiversidad. La familia Albareda-Salvador, propietaria agrícola, ganadera y rural, hace muchos años que cultiva sus tierras con esta técnica, con cultivos de maíz, trigo y alfalfa, en regadío; y cereales de invierno. Hablamos con Francesc Xavier Albareda sobre el presente y el futuro de la agricultura de conservación en las comarcas catalanas.

**¿Cuántos años hace que utiliza la siembra directa como sistema de la agricultura de conservación? ¿Qué les hizo decidirse a aplicarla?**

El paso a la siembra directa como sistema de laboreo, la llamada agricultura de conservación (AC), no ha sido una decisión precipitada.

Empezamos hace 24 años pasando del laboreo tradicional con arado al subsolador. El paso siguiente fue aplicar la técnica del mínimo laboreo y posteriormente la siembra directa, técnica con la que cultivamos actualmente toda la superficie de nuestra explotación.

El sistema de la siembra directa permite reducir el consumo de carburante, sembrar la máxima superficie en el momento oportuno y provoca menor escorrentía del agua durante las tormentas. Además, ofrece la posibilidad de aumentar la producción y disponer de más tiempo.

**Este tipo de agricultura, ¿está muy presente en su zona?**

Actualmente, casi la totalidad del cultivo de la subcomarca de la Ribera del Sió se realiza con agricultura de conservación.

Más del 60 % de la superficie de secano se cultiva con siembra directa a causa de la buena respuesta de los cultivos a este sistema, así como de la

# LA ENTREVISTA

**Francesc Xavier Albareda Salvadó**

Agricultor. Coscó (l'Urgell)

## “LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN ES ALGO MÁS QUE SIEMBRA DIRECTA”

buena armonía establecida entre la investigación (Universitat de Lleida), y la divulgación y asesoramiento de la Oficina Comarcal del Urgell.

El éxito de este tipo de siembra viene también motivado por el entusiasmo y la ilusión de un grupo de empresarios que formaron parte de los grupos de trabajo del desaparecido Servicio de Extensión Agrària.

**“Hemos comprobado que con la AC se aprovecha mejor el agua de la lluvia y el nitrógeno utilizado como abono.”**

**¿Qué ventajas considera que aporta la agricultura de conservación?**

En nuestra explotación hemos comprobado que con la AC se aprovechan mejor el agua de la lluvia y el nitrógeno utilizado como abono, se reduce la erosión del suelo y supone un ahorro de carburante en el trabajo del suelo. Además, permite aumentar el nivel de materia orgánica, al mismo tiempo que se favorece la retención de CO<sub>2</sub> y aumenta la producción.

**Por el contrario, ¿qué aspectos negativos plantea respecto a la agricultura convencional?**

Uno de los pocos aspectos negativos es el elevado precio de la maquinaria. Además, deberíamos prestar más atención al tema de las malas hierbas y la gestión de los restos de cosecha.

**En cuanto a la acumulación del agua y la protección contra la erosión, ¿qué diferencias presenta esta técnica en comparación con la convencional?**

Desde un punto de vista práctico, con la acumulación del agua observamos que la cosecha tiene una nascencia y un desarrollo más uniforme. De esta forma se mantiene verde más tiempo al final del ciclo.

Respecto a la erosión, prácticamente han desaparecido los badenes causados por las escorrentías, puesto que la siembra directa mejora la infiltración de agua en el suelo y los restos de la cosecha anterior frenan el agua, evitando así la escorrentía.

**“La siembra directa es una opción muy interesante para los cultivos de regadío.”**

**¿Qué problemas plantea el mantenimiento de la tecnología de conservación?**

En general no tenemos demasiados problemas, salvo dificultades puntuales en el control del bromus (“escaldaboques”). Este problema se ha superado con la alternativa de cultivo y el uso de un herbicida específico, si es necesario.

**En su explotación, ¿han probado la agricultura de conservación en cultivos de regadío?**

En estos casos estamos aplicando la agricultura de conservación pero, de momento, no hacemos siembra directa de forma generalizada. De todos modos, nuestro grupo de trabajo está investigando sobre el tema, ya que parece una opción muy interesante.

**“El futuro de la AC es muy esperanzador si se dispone de un asesoramiento eficaz.”**

**En su opinión, ¿cree que esta agricultura es sostenible para los agricultores?**

Es el camino a seguir. No obstante, no quiere decir que todo el mundo y en todas partes se pueda hacer siembra directa. La agricultura de conservación es algo más que la siembra directa.

**¿Qué papel juega la Administración en el desarrollo y promoción de esta técnica? ¿Qué cree que se podría mejorar?**

Se piensa que la Administración no ha dado apoyo a este sistema de laboreo con suficiente firmeza. En otros lugares del Estado español he observado una apuesta más decidida, ya sea en el aspecto técnico o en el económico.

Para poder mejorar hace falta una inversión técnica (investigación, divulgación y asesoramiento) y económica (una línea de ayuda agroambiental). La sostenibilidad de las producciones y la mejora del medio ambiente no ofrecen ninguna duda.

**¿Cómo ve el futuro de la AC en las comarcas catalanas?**

El futuro es muy esperanzador, siempre que se disponga de un asesoramiento eficaz para la adecuación del sistema de siembra directa a las diferentes comarcas de Cataluña.

RuralCat.  
redaccio@ruralcat.net