

Agricultura

Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura 12

Ahorro y Eficiencia Energética con Agricultura de Conservación



MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO

IDA E Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

Agricultura

Ahorro y Eficiencia Energética con Agricultura de Conservación

12 Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura



MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO

IDAE Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

TÍTULO

Ahorro y Eficiencia Energética con Agricultura de Conservación

CONTENIDO

Esta publicación ha sido redactada por Jesús A. Gil Ribes y Óscar Veroz González de la Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos y Universidad de Córdoba, José Luis Hernanz Martos de la Universidad Politécnica de Madrid, coordinados por Emilio J. González Sánchez de la Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos y Universidad de Córdoba, para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

.....
Esta publicación está incluida en el fondo editorial del IDAE, en la serie “Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”.

Cualquier reproducción, total o parcial, de la presente publicación debe contar con la aprobación del IDAE.

ISBN: 978-84-96680-44-9

IDAE

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

c/ Madera, 8

E - 28004 - Madrid

comunicacion@idae.es

www.idae.es

Madrid, marzo 2009

Índice

Página

Prólogo	5
Introducción	7
1 Breve historia de la agricultura de conservación	9
2 Beneficios agroambientales de la agricultura de conservación	11
2.1 Disminución de los procesos erosivos.	11
2.2 Mejora de los contenidos de materia orgánica	13
2.3 Disminución de las emisiones directas de CO ₂ a la atmósfera. Sumidero de carbono	13
2.4 Aumento de la biodiversidad.	14
2.5 Mejora de la calidad de las aguas superficiales	14
3 Técnicas de agricultura de conservación en España, itinerarios de operaciones	17
3.1 La siembra directa	17
3.2 El mínimo laboreo en agricultura de conservación.	19
3.3 Las cubiertas vegetales en cultivos leñosos	20
4 Análisis energético de las prácticas de agricultura de conservación	23
4.1 Consumos energéticos y de gasóleo de las prácticas de agricultura de conservación	24
4.2 Productividad energética en agricultura de conservación en diversas zonas de España	29

5 La agricultura de conservación en campo	31
5.1 Mecanización de la agricultura de conservación	31
5.2 Quince preguntas básicas que todo agricultor debe saber sobre la agricultura de conservación: ayuda a la iniciación	40
6 Marco Legislativo	43
Bibliografía	49

Prólogo

En los últimos años, la toma de conciencia por parte de la sociedad del deterioro medioambiental se ha ido incrementando paulatinamente. Fruto de esta creciente preocupación, las políticas nacionales e internacionales han ido incorporando de manera sucesiva criterios medioambientalistas a sus correspondientes normativas, en pos de asegurar un desarrollo sostenible, que preserve los recursos naturales y aumente la eficiencia energética.

El sector agrario no ha sido ajeno a esta progresiva medioambientalización de la legislación. La agricultura constituye una actividad necesaria para la producción de alimentos. En las últimas décadas, la humanidad ha sido capaz de aumentar los rendimientos de los cultivos, gracias a la revolución que ha supuesto la mecanización y tecnificación de los sistemas de manejo de suelo y la aparición de nuevas moléculas herbicidas y de abonos más eficaces.

Este incremento de producción está vinculado, habitualmente, con un incremento del consumo de energía. Energía que se utiliza principalmente en el tractor que desarrolla las labores agrícolas. Cuando esta energía se incrementa de precio por coyunturas adversas, hace que los precios de los alimentos producidos se incrementen, repercutiendo en mayor medida en una disminución de la rentabilidad de las explotaciones agrarias.

No obstante, existe la posibilidad de aplicar técnicas capaces de responder a la demanda social de producir más y mejores alimentos asegurando la sostenibilidad medioambiental y manteniendo o incluso incrementando la rentabilidad de las explotaciones.



El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), creyendo que todo esto es posible, además con un aumento de la eficiencia energética, ha desarrollado y agrupado diversas medidas y actuaciones en la Estrategia de Eficiencia Energética en España desarrollada mediante sus Planes de Acción 2005-2007 y 2008-2012.

En estos Planes de Acción, como una de las primeras medidas en favor del ahorro y la eficiencia energética, se prevé la realización de medidas de formación e información de técnicas de uso eficiente de la energía en la agricultura, con el fin de introducir y concienciar a los agentes del sector sobre la importancia del concepto de eficiencia energética.

Por todo lo anterior, y siendo conscientes de que el agricultor y el ganadero pueden tener una incidencia en el ahorro energético, el IDAE, siempre contando con la colaboración del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, está realizando una serie de acciones en materia de formación, información y difusión de técnicas y tecnologías de eficiencia energética en el sector. Una de estas acciones es el desarrollo de una línea editorial en materia de eficiencia energética en el sector agrario mediante la realización de diversos documentos técnicos, como el que se presenta, donde se explican los métodos de reducción del consumo de energía en las diferentes tareas agrarias.

En este sentido, ya se han publicado y están disponibles en nuestra página web (www.idae.es) los trece primeros documentos de esta línea editorial:

- Documento especial (coeditado con el MAPA): “Consumos Energéticos en la Operaciones Agrícolas en España”.
- Tríptico promocional: “Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura”.
- Documento nº 1: “Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola”.
- Documento nº 2: “Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío”.
- Documento nº 3: “Ahorro y Eficiencia Energética en Instalaciones Ganaderas”.
- Documento nº 4: “Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola”.
- Documento nº 5: “Ahorro, Eficiencia Energética y Estructura de la Explotación Agrícola”.

- Documento nº 6: “Ahorro, Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada”.
- Documento nº 7: “Ahorro y Eficiencia Energética en Invernaderos”.
- Documento nº 8: “Protocolo de Auditoría Energética en Invernaderos. Auditoría energética de un invernadero para cultivo de flor cortada en Mendi gorría”.
- Documento nº 9: “Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes”.
- Documento nº 10: “Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes”.
- Documento nº 11: “Ahorro y Eficiencia Energética en los Cultivos Energéticos y Agricultura”.

Desde el IDAE trabajamos activamente para la mejora de la eficiencia energética y pensamos que el agricultor debe incorporar en su desarrollo y gestión la eficiencia energética como un criterio básico para la viabilidad. Pensamos con optimismo que el uso racional de la energía deberá formar parte de todas las decisiones que afecten al sector, convencidos de que los profesionales que actúen en este sector sabrán valorar las iniciativas que se proponen.

Es de vital importancia que los programas públicos de apoyo incorporen la eficiencia energética como un elemento prioritario, partiendo de la formación de formadores y agentes, y primando aquellos equipos más eficientes.

Introducción

En general, las técnicas agrarias convencionales actuales conllevan un deterioro considerable para el medio ambiente, además de constituir un modelo de producción manifiestamente mejorable desde el punto de vista energético. La agricultura convencional, al incluir prácticas como el laboreo intensivo, incrementa considerablemente la escorrentía y la erosión del suelo y la contaminación de los ríos por sedimentos, fertilizantes y pesticidas. Dichas prácticas, además de reducir la sostenibilidad de la agricultura, disminuyen la biodiversidad e incrementan las emisiones de CO₂ a la atmósfera contribuyendo así al calentamiento global del planeta (Agencia Europea de Medio Ambiente, 1998).



Fotos 1 y 2. Graves daños erosivos ocasionados por el laboreo intensivo del terreno

Estos hechos han motivado que la agricultura sea incluida en el Protocolo de Kioto como una de las actividades emisoras de gases de efecto invernadero. En lo que a España respecta, la actual situación se resume en la edición del año 2007 del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero publicado anualmente por la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Según las estimaciones

recogidas en el inventario, para el año 2005, el global en las emisiones ascendió a 440.649 kilotoneladas de CO₂ equivalente, lo que supuso una variación relativa del 52,2% respecto a las emisiones en el año base. Visto el compromiso adquirido por España a través del Protocolo de Kioto, en el que se permitía aumentar los niveles de emisiones sólo en un 15% respecto a las emisiones del año base, los resultados que arroja el Inventario no son positivos, ya que la sitúan en más de 35 puntos por encima del objetivo marcado.

Es reseñable que, según este informe, las emisiones correspondientes al sector agrario en el año 2005 constituyeron el 11% sobre el total, que si bien fue un porcentaje menos elevado respecto a otros sectores, como el sector energético e industrial, sí supuso que se convirtiera en la tercera actividad emisora de GEI.

Ante este escenario, la agricultura de conservación se presenta como una alternativa viable tanto desde el punto de vista energético, como medioambiental y económico.

La aplicación práctica de la agricultura de conservación se basa en una disminución drástica (incluso supresión) del laboreo, que aún se realiza de manera intensiva en 16 millones de hectáreas de nuestro país. Al no realizar labores, queda sobre la superficie una cubierta vegetal con los restos del cultivo anterior, que lejos de afectar negativamente al suelo, lo protege frente a la erosión y lo nutre de modo natural. Además, fomenta la presencia de microorganismos y fauna, que ayuda activamente al agricultor a mejorar su cosecha, aunque no se perciba a simple vista.



Foto 3. Laboreo intensivo del terreno con vertedera

Desde la perspectiva energética, numerosos estudios a nivel nacional constatan la rentabilidad y la viabilidad de los sistemas de conservación frente a la agricultura convencional. En este sentido, destacan los ahorros energéticos que se alcanzan en los sistemas de siembra directa frente al laboreo convencional, oscilando entre el 10% y el 50% según la región y el cultivo considerado. Todo ello va acompañado además de un aumento en la productividad energética (cantidad de producto obtenido por unidad de energía aportada), siendo este incremento del 10% en los casos más desfavorables, y hasta del 100% en los casos más favorables.

En lo que respecta a la sostenibilidad medioambiental, la mejora de la estructura del suelo, provocada por la aplicación de la agricultura de conservación, unido al vegetal que permanece sobre él, hace que la eficiencia en el uso del agua sea una de las claves del buen comportamiento productivo de los campos sembrados bajo agricultura de conservación. Esta técnica puede suponer hasta el 10% de ahorro de agua. Por su parte, la contaminación de aguas, tanto en superficie como subterráneas, se reduce drásticamente al controlarse en casi un 90% el arrastre de suelo (Márquez et al., 2009) y consecuentemente los potenciales contaminantes adheridos a él.

Además de estos motivos, el medio ambiente agradece el empleo de las técnicas de conservación por el efecto mitigador del cambio climático que conllevan: se emite menos CO₂ en la actividad normal agraria (menos gasto de combustible y eliminación de la quema de rastrojos) y se “captura” CO₂ de la atmósfera, disminuyendo así el efecto invernadero y ayudando eficazmente a cumplir los beneficios promovidos mediante el vigente Protocolo de Kioto, del que España se encuentra muy alejada en la actualidad.

Por último, otra ventaja importante de la agricultura de conservación es su mayor rentabilidad económica en comparación con la convencional. En ésta última, el laboreo del suelo requiere elevadas inversiones en adquisición y mantenimiento de maquinaria agrícola, combustible y mano de obra. Así, por ejemplo, con el sistema de cubiertas vegetales en el olivar y en cultivos extensivos se pueden ahorrar unos 20 y 35 litros de gasóleo por hectárea y año, respectivamente.

1 Breve historia de la agricultura de conservación

La agricultura de conservación tiene sus orígenes en Estados Unidos. En la década de 1930 a 1940, tuvieron lugar varios años sucesivos de sequía en las llanuras centrales que originaron graves problemas de erosión eólica, provocando grandes pérdidas económicas en el sector. Para combatir esta erosión se desarrollaron nuevos equipos de laboreo que permitían descompactar el suelo y controlar la flora adventicia pero sin invertir el terreno, dejando en superficie abundantes restos vegetales de los cultivos precedentes. Este método se extendió rápidamente por todas las zonas secas de los EEUU, no sólo por su capacidad para combatir la erosión del suelo, sino también por su capacidad para conservar la humedad edáfica. En 1935 se creó en ese país el Servicio de Conservación del Suelo que, en los años siguientes, estimuló la creación de equipos de investigadores dedicados al laboreo de conservación en numerosas universidades americanas.

A pesar de las mejoras propuestas por estas técnicas, sin la disponibilidad de herbicidas adecuados, la flora adventicia se convertía en un factor limitante para el desarrollo de dichos sistemas de conservación de suelo. Es a partir de los años 50, con la aparición de herbicidas de acción total no residuales, más eficaces en el control de las malas hierbas y que permitían destruir toda la vegetación presente en el momento de la siembra sin riesgo para el cultivo, cuando la implantación de las técnicas de agricultura de conservación empieza a generalizarse.

En los países del norte de Europa, la combinación de los efectos negativos causados por el laboreo excesivo (particularmente en suelos húmedos) con la disminución de la población rural y el aumento de los costes de maquinaria, llevó a muchos investigadores a plantearse una reducción de las labores. Sin embargo, la existencia de subvenciones enfocadas a la producción y no a la sostenibilidad medioambiental, en las medidas contempladas en la Política Agraria Comunitaria en sus orígenes, no motivó el cambio de modelo agrícola, por lo que los sistemas de conservación se fueron introduciendo más lentamente. No obstante,

desde la reforma de la PAC de 1999 (Agenda 2000) y más aún con la nueva reforma de la PAC iniciada en 2003, la Unión Europea dio un giro en busca de una agricultura más beneficiosa para el medio ambiente, en la que tienen cabida las técnicas de agricultura de conservación. Esto hace que en la actualidad la superficie bajo estas prácticas esté en aumento.

En España, los primeros estudios sobre agricultura de conservación en cultivos anuales de los que se tienen constancia datan de 1976, en la finca “Hazá del Monte”, en Sevilla. En estos ensayos, enfocados a conseguir un adelanto de la fecha de siembra en segunda cosecha, se evaluó la siembra directa de la soja sobre rastrojo de cereal.

Las investigaciones sobre siembra directa de cereales se inician en España en 1980 en la finca El Encín (Madrid), cuyos ensayos fueron llevados a cabo en base a un convenio entre la ETSIA de la Universidad Politécnica de Madrid y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto que la práctica de la siembra directa no afectaba al rendimiento de los cereales, consiguiéndose en cambio reducir en un 80% los consumos energéticos. Poco después, se fueron extendiendo este tipo de ensayos a otras regiones españolas, destacando los realizados, desde 1982 hasta la actualidad, por el Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) en Andalucía, en la finca Tomejil en Carmona (Sevilla), en colaboración con la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad de Córdoba; los realizados por el Instituto Técnico y de Gestión Agraria en Navarra; y los llevados

a cabo en Castilla y León por los departamentos técnicos de empresas relacionadas con el sector agrario.

La evolución, tanto a nivel mundial como a nivel nacional, ha ido estrechamente ligada a la disponibilidad de herramientas adecuadas para asegurar el éxito en la implantación de los sistemas de agricultura de conservación. El desarrollo de productos herbicidas de acción total y sin efecto residual, así como la progresiva aparición de maquinaria especializada con mayores posibilidades de adaptación a las condiciones locales de la explotación, ha favorecido un rápido aumento, en los últimos años, de la superficie de cultivos bajo estas prácticas.

Así, según datos estimados de diversas fuentes como la FAO, Aapresid y ECAF entre otras, la superficie bajo siembra directa a nivel mundial en el año 2005 se estimaba en torno a los 100 millones de hectáreas.

España, con una superficie estimada de 600.000 ha con cultivos bajo siembra directa en la campaña 2004/2005, es el país de Europa con mayor implantación de esta práctica en cultivos herbáceos.

Respecto a las prácticas de agricultura de conservación en cultivos leñosos, en la última Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE) publicada anualmente por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, se recogían por primera vez datos sobre superficies de cultivos leñosos con cubierta vegetal sembrada, espontánea e inerte, correspondientes al año 2006. Según este informe, la superficie dedicada a esta práctica en leñosos en dicha campaña ascendía a 832.730 ha, de las que algo más del 50% correspondieron a implantación de cubiertas vegetales en olivar.

2 Beneficios agroambientales de la agricultura de conservación

El conjunto de técnicas que engloban la agricultura de conservación suponen una mejora medioambiental considerable, sin que ello implique una merma en los rendimientos productivos de las explotaciones. Independientemente de los beneficios para el medio ambiente, carecería de sentido permitir su puesta en práctica si no fuera un sistema de producción viable desde el punto de vista energético y económico.

Centrándonos en el aspecto medioambiental, la agricultura de conservación supone beneficios claros para suelo, aire y agua (ver tabla 1).

Tabla 1. Principales beneficios medioambientales de la agricultura de conservación

Para el suelo	Reducción de la erosión
	Incremento en los niveles de materia orgánica
	Mejora de la estructura y porosidad
	Mayor biodiversidad
	Incremento de la fertilidad natural del suelo
Para el aire	Fijación de carbono
	Menor emisión de CO ₂ a la atmósfera
Para el agua	Menor escorrentía
	Menor contaminación de aguas superficiales y subterráneas
	Mayor capacidad de retención de agua
	Menor riesgo de inundaciones

A continuación, se describen brevemente los principales beneficios que sobre el medio ambiente tienen las prácticas de agricultura de conservación.

2.1 Disminución de los procesos erosivos

Según un considerable número de estudios científicos, mantener el suelo cubierto con vegetación, bien sean los restos de la cosecha anterior, o plantas vivas como en el caso de las cubiertas vegetales, es uno de los métodos más eficaces, a la par que económico, para luchar contra la erosión. Al cubrir el suelo, se minimiza el impacto directo de las gotas de lluvia sobre el mismo, evitando así su disgregación. Además, la descomposición de las raíces propician la apertura de canales

que favorecen una mayor infiltración reduciendo la es-
correntía y, por tanto, sus procesos erosivos asociados
(Martínez Raya, 2005). La efectividad de la protección
del suelo contra la erosión será tanto más eficaz cuanto
mayor sea la cobertura del suelo y, por tanto, cuanto
menor sea el enterrado de los restos vegetales a través
de las operaciones de laboreo.



Foto 4. Trigo nasciendo sobre el rastrojo del cultivo anterior



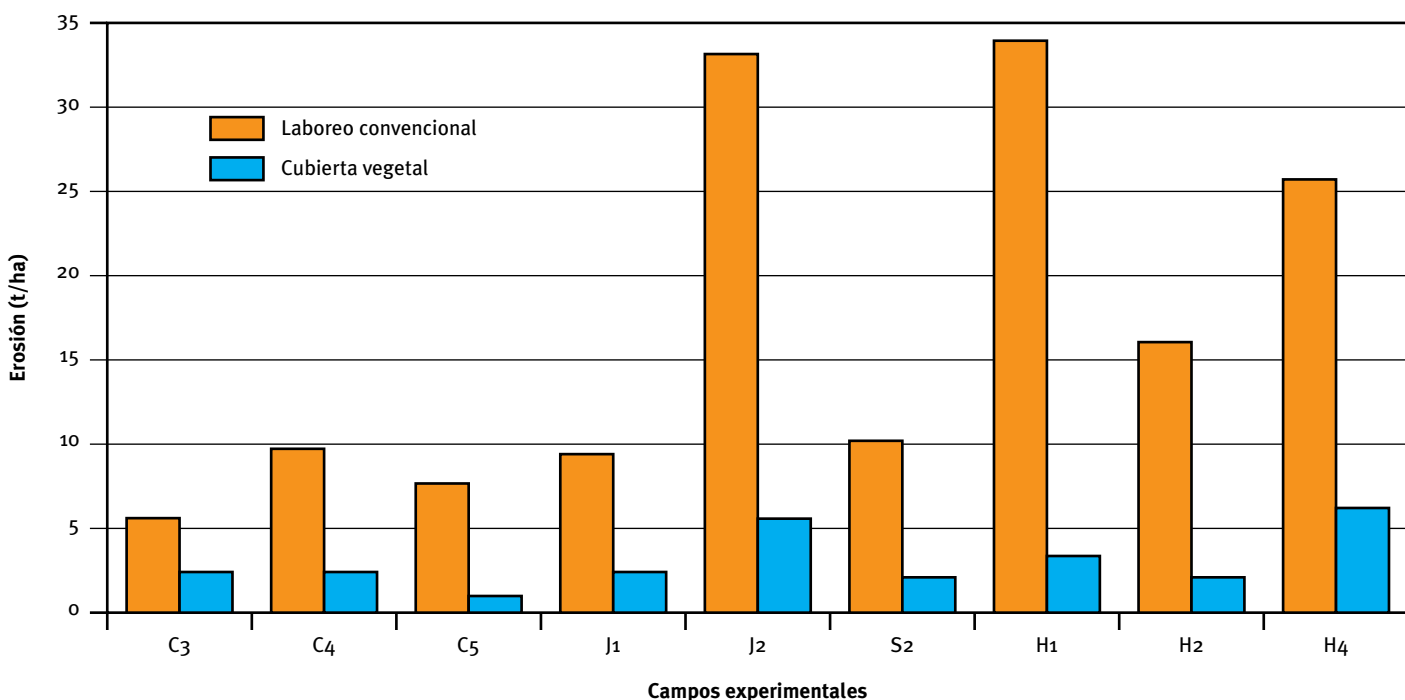
Foto 5. Cubierta vegetal en las calles de una plantación de ciruelos

En particular, con los sistemas de agricultura de
conservación se reduce en gran medida la erosión
del suelo, más del 90% en el caso de siembra di-
recta/no laboreo (Towery, 1998), más del 60% en
el laboreo reducido (Brown et al., 1996), y un 85%
en cubiertas vegetales (Márquez et al., 2008), lo
que se traduce en una mejor calidad de las aguas
superficiales debido a la disminución de los sedi-
mentos transportados, así como de la pérdida de
herbicidas y nutrientes en solución y asociados al
sedimento. Todo lo anterior representa en su con-
junto una mejora muy importante de la calidad de
las aguas superficiales.

En el gráfico 1 se muestran datos obtenidos durante
4 años de una serie de ensayos realizados por la Aso-
ciación Española Agricultura de Conservación/Suelos
Vivos en 9 campos experimentales distribuidos en
distintas provincias de Andalucía. En ellos se compa-
ró la erosión existente cuando hay cubierta protectora
(agricultura de conservación) frente a la situación de
suelo labrado (agricultura convencional).

En el gráfico se aprecia la evidente reducción de la
erosión cuando se dispone una cubierta vegetal en
el suelo.

Gráfico 1. Resultado de estudio comparativo de la erosión en sistema con cubierta vegetal y laboreo convencional en olivar



2.2 Mejora de los contenidos de materia orgánica

La materia orgánica se relaciona con la mayoría de los procesos, por no decir con todos, que ocurren en el suelo. La calidad de un suelo está determinada principalmente por su contenido en materia orgánica, si bien éste es variable y muy sensible a los sistemas de manejo del suelo. En las condiciones de España, destacamos la importancia de la materia orgánica en la formación de la estructura del terreno, frenando la erosión y mejorando la capacidad de retención de agua en el perfil, de especial interés en los secanos. Está ampliamente investigado que cuando se cambia de la agricultura convencional (laboreo intenso) a la de conservación el contenido en materia orgánica del suelo aumenta con el tiempo, con todas las consecuencias positivas que ello conlleva (Giráldez et al., 1995, 2003).

En ensayos realizados en el sur de España (Finca Tomejil en Carmona, Sevilla), tras más de 19 años de ensayo en siembra directa, comparando con el convencional, se fijaron 18 t/ha más de carbono en un perfil de suelo de 52 centímetros, aumentando el contenido en materia orgánica en torno al 40% (Ordóñez et al., 2007).

En otros estudios realizados por la Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos, durante 4 años en 7 fincas en las que se implantaron cubiertas vegetales en olivar, se han medido incrementos en el carbono orgánico de los primeros 25 centímetros de suelo del 42% (Márquez et al., 2008), como se aprecia en la tabla 2, que muestra el incremento registrado en cada finca.

Tabla 2. Contenidos de materia orgánica medios en los primeros 25 cm de suelo, de los distintos campos experimentales. Fecha de muestreo, junio del año 2007

	C4	C5	J1	J2	H1	H2	H4
C ¹	1,61	1,91	2,10	1,75	1,46	1,66	0,99
N ²	0,80	1,18	1,80	1,39	1,18	1,14	0,50
% ³	101,25	61,86	16,67	25,90	23,73	45,61	98,00

¹ Denominación utilizada para nombrar la cubierta vegetal

² Denominación utilizada para nombrar el laboreo convencional

³ Incremento en el contenido de materia orgánica de la cubierta frente al laboreo

2.3 Disminución de las emisiones directas de CO₂ a la atmósfera. Sumidero de carbono

El laboreo estimula la producción y acumulación de CO₂ en la estructura porosa del suelo a través de los procesos de mineralización de la materia orgánica. La acción mecánica de las labranzas supone una rotura de los agregados del suelo, con la consiguiente liberación del CO₂ atrapado en el interior de los mismos y su posterior emisión a la atmósfera.

Por otro lado, el consumo energético asociado a las diferentes prácticas agrícolas llevadas a cabo (laboreo, aplicación de abonos y enmiendas, riego, tratamientos fitosanitarios, etc.) se centra en el uso de combustibles fósiles, especialmente gasóleo, lo que implica inevitables emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI).

Teniendo en cuenta que en la agricultura de conservación el número de operaciones sobre el suelo disminuyen en gran medida respecto a la agricultura convencional, las emisiones de GEI derivadas de los efectos anteriormente comentados se reducen de manera considerable.

En lo referente al papel del suelo como sumidero de carbono, la agricultura de conservación introduce cambios importantes en la dinámica del carbono en el terreno favoreciendo el secuestro del mismo. Los restos de cosecha sobre la superficie y la no alteración mecánica del suelo, trae como consecuencia directa una reducción en la tasa de descomposición de los rastrojos y una disminución de la mineralización de la materia orgánica del suelo, debido a una menor aireación y menor accesibilidad de los microorganismos a la misma y, por consiguiente, un incremento en el contenido de carbono del suelo. Como consecuencia de ello, se captura en el terreno el carbono procedente del material vegetal, dificultándose su devolución a la atmósfera en forma de CO₂.

Según estudios científicos recopilados por la Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos, y

teniendo en cuenta los coeficientes del potencial de fijación-reducción del CO₂ atmosférico de las prácticas de agricultura de conservación respecto a las convencionales en Andalucía, con la medida agroambiental 4.1 de fomento de cubiertas vegetales en olivar en pendiente en Andalucía se han secuestrado durante los años 2001 al 2007 un total de 5.004.227 toneladas de CO₂ (ver tabla 3). Esta fijación de carbono equivale a las emisiones de 610.272 andaluces en un año (González et al., 2009).

Tabla 3. Toneladas de CO₂ secuestradas gracias a la medida agroambiental 4.1 de fomento de cubiertas vegetales en olivar en pendiente en Andalucía

Anualidad	Superficie en la M4.1	tCO ₂ secuestradas
2001	90.167	514.933
2002	74.419	424.998
2003	144.998	828.066
2004	135.060	771.311
2005	158.462	904.957
2006	145.371	830.196
2007	127.785	729.765

2.4 Aumento de la biodiversidad

Los sistemas agrícolas con abundantes restos de cosecha sobre el suelo proveen alimento y refugio a muchas especies animales durante períodos críticos de su ciclo de vida, de ahí que con la agricultura de conservación prosperen gran número de especies de pájaros, pequeños mamíferos, reptiles y lombrices, entre otros.

Asimismo, la agricultura de conservación permite el desarrollo de una estructura viva en el suelo, más estratificada, rica y diversa en seres vivos tales como microorganismos, nematodos, lombrices e insectos. La gran mayoría de las especies que constituyen la fauna del suelo son beneficiosas para la agricultura y contribuyen de alguna forma a la formación del suelo, a la movilización de nutrientes y al control biológico de los organismos considerados como plagas.

En el caso de lombrices, en ensayos realizados en nuestro país, en siembra directa se han alcanzado 200 individuos por metro cuadrado en los primeros 20 cm

de suelo, frente a apenas 30 en agricultura convencional (Cantero et al., 2004). En siembra directa, esta cifra equivale a unos 600 kg de biomasa por hectárea, casi un 700% más que en convencional.



Foto 6. Fauna en campo bajo agricultura de conservación

2.5 Mejora de la calidad de las aguas superficiales

Los contaminantes más importantes en las aguas superficiales son las partículas de suelo procedentes de la acción de la erosión hídrica (Christensen et al., 1995). Una alta concentración de sedimentos perjudica notablemente a los ecosistemas acuáticos, ya que dificultan la penetración en el agua de la luz que las plantas acuáticas necesitan para la fotosíntesis y deterioran los hábitats de peces y otros organismos.

Otros contaminantes que pueden estar presentes en las aguas superficiales son, por orden decreciente de importancia, nutrientes, patógenos, materia orgánica, metales pesados y pesticidas. En ocasiones, en embalses que recogen aguas de cuencas agrícolas vertientes, se han detectado tasas de concentración de algunos de estos componentes por encima de los valores admisibles permitidos por la ley, lo que ha motivado cortes en el suministro de agua y la prohibición de uso de algunas materias activas.

La agricultura de conservación se presenta como una solución para este problema, dado que los rastrojos o restos vegetales de la cosecha anterior

sobre el suelo que caracterizan a estos sistemas, retienen en gran medida los fertilizantes y pesticidas en la zona agrícola en que fueron aplicados, hasta que son utilizados por el cultivo o descompuestos en otros componentes inocuos para el medio ambiente.

En consecuencia con lo anterior, se ha estimado que mediante la siembra directa y el laboreo de conservación, el arrastre de herbicidas en las aguas se reduce sustancialmente, y de forma similar los nitratos (más del 85%) y fosfatos solubles (más del 65%) (ECAF, 1999).

De la comparación de la siembra directa con el laboreo convencional se ha comprobado también que el transporte de herbicidas en las aguas superficiales se reduce un 70%, el de sedimentos en un 93% y la escorrentía se ve también reducida en un 69% (ECAF, 1999). Todos estos datos nos hacen ver que las técnicas de agricultura de conservación (siembra directa y laboreo de conservación) evitan en gran medida la contaminación de las aguas, mejorando su calidad.



Foto 7: a) Simulación de lluvia y pérdida de agua y suelo comparando siembra directa y agricultura convencional. b) Detalles de los depósitos de la derecha (convencional, lleno de agua con gran cantidad de sedimentos), y de la izquierda (siembra directa, con poco agua y sin apenas sedimentos). Albacete, 2004



Fotos 7 b)

3 Técnicas de agricultura de conservación en España, itinerarios de operaciones

Se entiende por agricultura de conservación un sistema de producción agrícola sostenible que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las exigencias del cultivo y a las condiciones locales de cada región, cuyas técnicas de cultivo y de manejo de suelo lo protegen de su erosión y degradación, mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyen a la preservación de los recursos naturales agua, aire y suelo, siempre sin menoscabo de los niveles de producción de las explotaciones.

Las prácticas agronómicas englobadas en los sistemas de agricultura de conservación se fundamentan en tres principios:

- Mínima o nula alteración del suelo.
- Cobertura permanente del terreno, ya sea con una cubierta viva o una inerte.
- Realización de rotaciones de especies en explotaciones de cultivos anuales, aconsejable en la mayoría de los casos.

Las prácticas agronómicas más representativas de la agricultura de conservación en cultivos anuales son la siembra directa y el mínimo laboreo, estando especialmente implantadas en cereales de invierno y primavera (cebada, trigo, maíz), leguminosas dentro de una rotación con cereales (guisante, veza) y oleaginosas (girasol y colza).

La práctica agronómica más representativa en cultivos leñosos son las cubiertas vegetales, destacando los cultivos de olivar, cítricos y almendros.

3.1 La siembra directa

La siembra directa es una práctica agronómica de agricultura de conservación en cultivos anuales en la que no se realizan labores; al menos el 30% de su superficie se encuentra protegida por restos vegetales, y la siembra se realiza con maquinaria habilitada para sembrar sobre el rastrojo del cultivo anterior (foto 8). Se trata pues, de la práctica agronómica de mayor grado de conservación en cultivos anuales.



Foto 8. Sembradora directa de discos



Foto 9. Distribución homogénea de los rastrojos

Un itinerario de labores típico en un cultivo implantado bajo siembra directa puede ser, de forma general, el que se muestra en la figura:

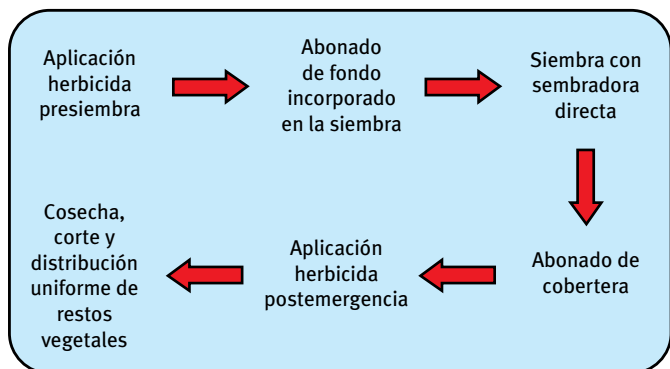


Foto 10. Esparcidora de restos de cosecha picados mediante corriente de aire

Recomendaciones acerca de la aplicación de las técnicas de cultivo

- En el momento de la siembra el suelo debe estar libre de flora adventicia, lo que se conseguirá aplicando herbicidas no residuales, autorizados para esos usos, antes de que la vegetación esté muy desarrollada.
- El manejo de los restos vegetales es una operación fundamental para el éxito de la implantación de la siembra directa, siendo fundamental tener una cubierta homogénea de la paja y granzas sobre el suelo. Para ello es recomendable realizar una distribución uniforme de la paja, siendo la manera más económica y eficaz hacerlo en la recolección mediante equipos específicos instalados en la cosechadora.

- En algunas situaciones es aconsejable usar una mezcla de herbicida total (contacto u hormonales) con otro herbicida de acción residual aplicada antes o inmediatamente después de la siembra. La mayoría de los cultivos necesitarán otra aplicación en post-emergencia para el control de gramíneas primaverales (hoja estrecha), plantas dicotiledóneas (hoja ancha) o ambas.
- Mediante la implantación de rotaciones de cultivos se puede conseguir un buen control de la flora adventicia.
- Es recomendable aplicar los fertilizantes de forma localizada en el momento de la siembra, si bien existen otras opciones, como la aplicación de una o varias dosis en un momento diferente al de la siembra.

Maquinaria específica para la siembra directa

- La recolección es determinante para la correcta implantación del cultivo siguiente en siembra directa. Es necesario que en el momento de la recolección los restos vegetales queden distribuidos lo más homogéneamente posible sobre la superficie del suelo, ya que de lo contrario puede haber fallos en la siembra siguiente por exceso de paja en determinados puntos. Las operaciones de esparcido de la paja y el tamo pueden llevarse a cabo con la cosechadora, dotando a la máquina con un dispositivo esparcidor. En ocasiones, y dependiendo de las condiciones locales de la explotación, puede ser aconsejable realizar además un picado de la paja, por lo que existen dispositivos picadores que se pueden implementar en la cosechadora.
- Para realizar siembra directa se utilizan sembradoras diferentes de las empleadas para laboreo convencional. Para implantar la semilla sobre un suelo cubierto de restos vegetales, el tren de siembra dispone de varios dispositivos para el correcto alojamiento de la semilla en el suelo. Por lo general, una sembradora directa dispone de un elemento separador y/o cortador de los restos vegetales, constituidos por discos, un dispositivo abre surco, con varias modalidades: discos simples o dobles inclinados con respecto a la superficie del suelo y a la dirección de avance, o rejas que actúan sobre el suelo ejerciendo el corte en sentido vertical ascendente, un sistema de fijación de la semilla al suelo, y por último, y para el cierre del surco de siembra, se disponen de ruedas tapadoras al final del tren de siembra.

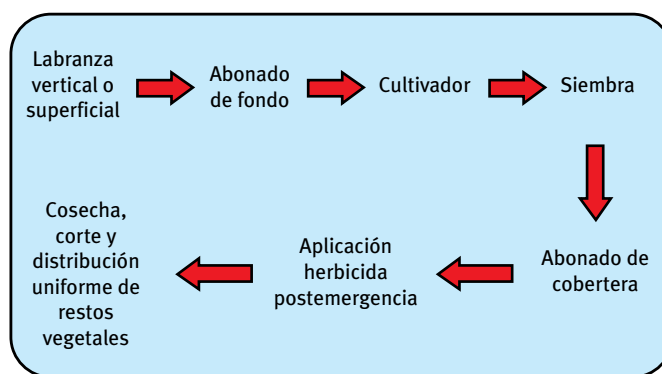
3.2 El mínimo laboreo en agricultura de conservación

Se trata de una práctica agronómica de menor grado de conservación que la siembra directa, pero fundamental para aquellos agricultores que quieran hacer agricultura de conservación y no tengan medios o conocimientos suficientes para implantar la siembra directa en sus explotaciones. Ofrece la posibilidad de

realizar agricultura de una forma más respetuosa con el medio ambiente que la opción convencional, sin reducir la rentabilidad de las explotaciones.

Es por tanto una práctica agronómica de agricultura de conservación en cultivos anuales, en la que las únicas labores de alteración del perfil del suelo que se realizan son de tipo vertical o subsuperficial y, al menos, el 30% de su superficie se encuentra protegida por restos vegetales tras la siembra.

Un itinerario de labores típico en un cultivo implantado bajo mínimo laboreo en agricultura de conservación puede ser, de forma general, el que se muestra en la figura:



Recomendaciones acerca de la aplicación de las técnicas de cultivo

- La separación, diseño y ángulo de ataque de los brazos del apero utilizado para la realización de labores verticales, deben conseguir la presencia del porcentaje de cubierta mínimo exigible (30%).
- Para el control de las hierbas adventicias se utilizarán productos autorizados para esos usos o cultivadores en la preparación de la siembra que permitan un porcentaje de cobertura de suelo acorde con los niveles mínimos exigibles (30%).
- En cultivos de invierno es aconsejable realizar una aplicación de herbicida no residual después de las lluvias de otoño, una vez hayan emergido la mayoría de la flora adventicia.
- En los casos concretos en los que las condiciones edafológicas de la explotación así lo aconsejen,

puede ser necesario realizar cada cierto periodo de tiempo una labor de descompactación del suelo con maquinaria que permita mantener el porcentaje de suelo cubierto exigible.

Maquinaria específica para el laboreo de conservación

- Las operaciones de esparcido de la paja en la cosecha del cultivo anterior resultan fundamentales para la correcta implantación del cultivo en la campaña siguiente. Así pues, es determinante en la recolección disponer de dispositivos picadores y/o esparcidores de la paja en la cosechadora.
- Existen algunos aperos que, utilizándolos de forma adecuada, permiten obtener un porcentaje de cobertura de suelo aceptable para un sistema de manejo de conservación. Los aperos que se suelen utilizar en estos casos son el arado plano o descompactador, principalmente en suelos con tendencia a la compactación, cultivadores y vibrocultivadores para preparación del lecho de siembra.
- Se podrán emplear tanto sembradoras de siembra directa como las sembradoras convencionales.



Foto 11. Gran presencia de restos en superficie tras una labor con vibrocultivador

3.3 Las cubiertas vegetales en cultivos leñosos

Se trata de la práctica agronómica de agricultura de conservación más representativa en cultivos leñosos,

mediante la cual, la superficie de suelo entre las hileras de los árboles permanecen protegidas ante la erosión hídrica generada por el impacto directo de las gotas de lluvia.



Foto 12. Cubierta vegetal viva, protegiendo al suelo frente a la erosión hídrica

Esta técnica se define como la práctica agronómica de agricultura de conservación en cultivos leñosos, en la que al menos, un 30% de la superficie del suelo libre de copa se encuentra protegida por una cobertura viva o inerte.

Atendiendo a su origen, las cubiertas vegetales se pueden clasificar como:

- Espontánea seleccionada hacia gramíneas: se recomienda en suelos que hayan sido labrados durante años, de forma que se propicie un banco de semillas con gran variedad de especies muy rústicas y alta densidad de semillas. El control se debe realizar con siega química, siendo aconsejable dejar una banda sin tratar para el semillado en la campaña posterior.
- De gramíneas sembradas: recomendables para suelos muy erosionados o manejados previamente bajo no laboreo con suelo desnudo, dado que no habrá semilla para la implantación de una cubierta de forma espontánea. Se aconseja realizar el control mediante siega química.
- De leguminosas: debido a que la siega mecánica mediante desbrozadora representa en este caso un eficaz sistema de control, son aconsejables en cultivos manejados en agricultura orgánica.

- Espontánea: son recomendables principalmente en los casos en los que las características del terreno dificulten las operaciones sobre el suelo (elevadas pendientes).
- Cubiertas inertes: son aquellas constituidas a base de piedras o de restos de cosecha, mucho más usuales. Su mayor ventaja es que no consumen agua incrementando aún más la humedad del suelo y aportan gran cantidad de nutrientes al suelo.



Foto 15. Cubierta espontánea a todo terreno



Foto 13. Cubierta espontánea seleccionada hacia gramíneas en naranjos

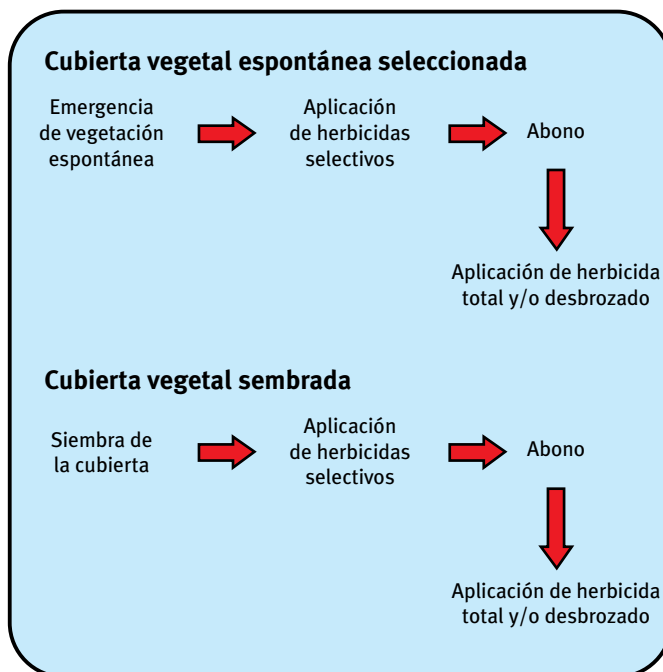


Foto 16. Cubierta inerte de piedras



Foto 14. Cubierta sembrada de ballico (*Lolium rigidum*) en olivar

El manejo de cubiertas en agricultura de conservación requiere la realización de una serie de operaciones que dependerán de la naturaleza de las mismas. De forma general, se muestra en la figura los itinerarios de tareas para cada tipo de cubierta:



Recomendaciones acerca de la aplicación de las técnicas de cultivo

- Las cubiertas vegetales vivas deben ser controladas, lo que se puede hacer de manera mecánica, química o mediante pastoreo controlado.
- El control de la cubierta vegetal se debe realizar en el momento en el que las hierbas entren en competencia con el cultivo leñoso por agua y nutrientes. En gramíneas, el control ha de realizarse en el estado fenológico correspondiente al encañado y, en leguminosas, el control ha de realizarse en el estado fenológico correspondiente a floración.
- El momento del control de la cubierta puede variar de un año a otro. Así, en campañas climatológicamente secas, es aconsejable adelantar la fecha de control de la cubierta viva; en cambio, en campañas climatológicamente húmedas, la fecha de control puede retrasarse al existir suficiente humedad en el suelo y no provocar competencia entre el cultivo y la cubierta.

Maquinaria específica para la implantación y desarrollo

- Según el tipo de cubierta y el manejo que se vaya a hacer de la misma se requerirá una maquinaria u otra:
 - En cubiertas vegetales vivas controladas mediante siega química, es necesario contar con una barra de aplicación de fitosanitarios, en perfecto estado de conservación y mantenimiento. En estos sistemas de manejo también



Foto 17. Barra totalmente paralela al terreno, realizando un correcto tratamiento a la cubierta

puede ser necesario la utilización de equipos pulverizadores portátiles para el control de rodales de flora adventicia que puedan aparecer en zonas puntuales.

- En cubiertas vegetales vivas controladas mediante siega mecánica, es necesario disponer de una desbrozadora que trocee y disperse la cubierta. Los tipos de desbrozadoras se pueden distinguir en base a la posición que tenga el eje en el cual se disponen los elementos percutores: eje vertical (cadenas o cuchillas) u horizontal (martillos).



Foto 18. Desbrozadora de eje vertical de cadenas



Foto 19. Desbrozadora de eje horizontal de martillos

- En cubiertas constituidas por restos de poda se necesita una picadora, que puede ser autoalimentada o de alimentación manual. Las primeras pueden ser de eje vertical (de cuchillas) o de eje horizontal (martillos), que realizan un mejor picado. Para ellas son necesarias equipos de hilerado de la leña, que acumulan la poda en el centro de la calle. Las de alimentación manual realizan el mejor picado pero exigen más mano de obra.



Foto 20. Picadora de restos de poda de alimentación manual



Foto 21. Picadora de restos de poda autoalimentada

4 Análisis energético de las prácticas de agricultura de conservación

El análisis energético de los distintos sistemas de laboreo puede centrarse únicamente en las operaciones necesarias para la preparación del terreno, o bien dar un paso más, y considerar todos los factores que intervienen en el proceso productivo de un determinado cultivo. En el primer caso, las diferencias entre los distintos sistemas de laboreo se deben fundamentalmente a la reducción en los consumos de combustible que se dan en las prácticas de conservación como consecuencia del menor número de operaciones a realizar. Sin embargo, el consumo energético de un sistema de manejo agrícola debe incluir las aportaciones de todos aquellos factores que intervienen en todo el proceso de producción, como semillas, fertilizantes, productos fitosanitarios, etc. Todos ellos, junto con las características agroclimáticas de la zona, influirán en el balance energético de cada uno de los sistemas de manejo considerados.

Para la realización del análisis energético en cada uno de los sistemas de manejo de suelo se han tenido en cuenta los siguientes apartados:

- Energía asociada a las operaciones en campo, calculada en base a los requerimientos de potencia, consumos de gasóleo, tipo de suelo y tipo de apero utilizado.
- Energía asociada a los factores de producción, entre los que se incluyen:
 - Fabricación y mantenimiento de los equipos mecánicos: incluye la energía consumida en la producción de las materias primas y en la fabricación de equipos. La incidencia de este factor en todo el proceso productivo es muy baja, situándose entre el 1% y el 2% de la energía total consumida.
 - Fertilizantes: los fertilizantes minerales son los factores de producción que requieren una mayor cantidad de energía, tanto en su fabricación como en su preparación y transporte. Destacan sobre todo los fertilizantes nitrogenados.
 - Semillas: la energía consumida en la obtención de semillas incluye su producción,

selección, limpieza, tratamientos y, en su caso, pildorado, almacenamiento y transporte.

- Fitosanitarios: la energía asociada a la producción de los productos fitosanitarios es mayor a la de otros factores de producción. Sin embargo, dada las pequeñas cantidades utilizadas en cada tratamiento, la energía asociada a este factor apenas supone un 3% de la energía total consumida.
- Riego: la energía consumida en el riego dependerá del sistema utilizado y de las necesidades hídricas del cultivo considerado. Los consumos energéticos en este caso varían entre 3 y 65 GJ/ha.
- Transporte y almacenamiento: como última tarea dentro del proceso productivo de los sistemas de manejo agrícolas se considera el transporte y almacenamiento de los productos obtenidos. Se estima que la energía asociada a este factor supone aproximadamente un 10% del consumo energético global.

En el caso que nos ocupa, el análisis energético de los sistemas de agricultura de conservación, se ha realizado fundamentalmente en base al estudio de dos parámetros:

- Balance energético, determinado a partir del consumo energético asociado a cada uno de los factores de producción implicados en el proceso.
- Productividad energética, definida como cantidad de producto obtenido (kg/ha) por unidad de energía aportada (MJ/ha).

Lógicamente, estos parámetros dependen, no sólo de los sistemas de manejo de suelo estudiados, sino también del producto y de las condiciones edáficas y agroclimáticas de la zona, por lo que los resultados que interesan desde el punto de vista analítico no son los valores absolutos de cada uno de las prácticas agrícolas estudiadas, sino las diferencias que se producen entre ellas bajo las mismas condiciones agroclimáticas y con la misma especie cultivada.

4.1 Consumos energéticos y de gasóleo de las prácticas de agricultura de conservación

Los datos que se muestran en este apartado se han extraído de un estudio a nivel nacional sobre agricultura de conservación, elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y la Universidad de Córdoba, en el que ha participado la Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos.

En dicho estudio se ha realizado un análisis energético comparativo de distintos sistemas de manejo de suelo, a partir de los calendarios de tareas de cada cultivo, agrupados por zonas agroclimáticas.

Para la determinación de los consumos de combustible y de energía asociados a cada operación se han utilizado los trabajos realizados por el grupo de investigación del Departamento de Ingeniería Forestal de la Universidad Politécnica de Madrid, relativos a los análisis de rentabilidad y eficiencia energética en los sistemas de laboreo, y los trabajos del grupo de investigación de Mecanización y Tecnología Rural de la Universidad de Córdoba. Dichos trabajos recogen datos relativos al consumo de gasóleo de cada uno de los aperos agrícolas y al consumo energético asociado a los factores de producción y las operaciones puestas en juego en el proceso productivo agrario.

Variables de partida

Dado que los requerimientos energéticos y de gasóleo de cada apero y operación dependen de la textura del suelo, de la profundidad de la labor para las operaciones de preparación del suelo y de la eficiencia en el trabajo de la maquinaria empleada, para calcular el valor exacto de consumo en cada región haría falta considerar toda la casuística existente en cuanto a cada una de las variables consideradas.

Así pues, a efectos de cálculo del consumo energético y de gasóleo, se ha simplificado el tratamiento de cada una de dichas variables.

Variable profundidad trabajo en el suelo

Se han establecido dos intervalos de profundidad de trabajo de los aperos que trabajan alterando el suelo: “profundidad alta” para trabajos intensos y “profundidad baja”, para labores someras. Para el estudio que nos ocupa, se consideró que la primera labor realizada con un determinado apero llevaba asociada una profundidad alta, y la segunda llevaba asociada una profundidad baja.

Variable clase textural del suelo

Respecto a la clase textural, se establecen dos valores de consumo energético en base al tipo de suelo sobre el que se realiza la labor. Así, se distinguen entre “suelos ligeros” cuando el tamaño de partícula predominante sea la arena, y “suelos pesados”, cuando el tamaño de partícula predominante sea la arcilla.

En el cálculo de los consumos energéticos en cada zona peninsular se han clasificado los suelos atendiendo a dichas premisas, en base a la clase textural predominante en cada región según la tabla adjunta.

Tabla 4. Clase textural predominante en los suelos de cada Comunidad Autónoma

Zona	Clase textural
Andalucía	Suelo pesado
Aragón	Suelo pesado
Asturias	Suelo pesado
Cantabria	Suelo pesado
Castilla-La Mancha	Suelo ligero
Castilla y León	Suelo ligero
Cataluña	Suelo pesado
Comunidad Valenciana	Suelo ligero
Extremadura	Suelo pesado
Galicia	Suelo ligero
La Rioja	Suelo pesado
Madrid	Suelo ligero
Murcia	Suelo ligero
Navarra	Suelo pesado
País Vasco	Suelo pesado

Variable capacidad de trabajo

El consumo energético en un apero depende también de su eficiencia a la hora de realizar una labor. Se distinguen dos tipos de capacidades de trabajo en función de la eficiencia energética:

- Capacidad de trabajo media o normal: eficiencia energética media.
- Capacidad de trabajo elevada: elevada eficiencia energética.

Para el cálculo de los consumos energéticos, se ha considerado siempre que las máquinas trabajan en el caso más desfavorable; es decir, con una capacidad de trabajo media o normal.

Consumos energéticos medios por zona y sistema de manejo de suelo

Las tablas 5 y 6 (página siguiente) muestran los consumos energéticos medios estimados para cada uno de los sistemas estudiados agrupados por zonas agroclimáticas similares. Ha de tenerse en cuenta que, al hablar de agricultura convencional, mínimo laboreo en agricultura de conservación y cubiertas vegetales, pueden incluirse operaciones que varían de un lugar a otro e incluso de una campaña a otra, si bien los calendarios de tareas en los sistemas de agricultura de conservación siguen el patrón definido en cada uno de los itinerarios de operaciones descritos en el apartado anterior. Por el contrario, la siembra directa presenta una menor variabilidad en cuanto a labores practicadas, por lo que es factible comparar resultados en las distintas zonas de estudio.

Tabla 5. Valores medios de energía consumida en la producción de cultivos herbáceos (GJ/ha) para los sistemas de manejo LC (Laboreo Convencional), ML (Mínimo Laboreo en Agricultura de Conservación) y SD (Siembra Directa)

Cultivo/Zona	LC	ML	SD
Trigo			
Andalucía	17,98	16,40	14,67
Castilla-La Mancha	12,78	11,47	11,11
Castilla y León	16,01	14,90	11,46
Cataluña-Aragón	18,01	16,02	14,36
Comunidad Valenciana-Murcia	14,96	14,12	10,16
Galicia	10,51	9,61	8,38
País Vasco-La Rioja-Navarra	15,80	15,06	11,42
Cebada			
Andalucía	12,44	10,65	7,69
Castilla-La Mancha	7,99	6,94	6,27
Castilla y León	13,23	12,72	7,45
Cataluña-Aragón	12,98	10,87	8,17
Comunidad Valenciana-Murcia	15,91	15,70	10,98
País Vasco-La Rioja-Navarra	13,22	9,80	7,33
Girasol			
Andalucía	6,81	6,01	4,19
Castilla-La Mancha	7,76	6,63	6,76
Castilla y León	3,33	2,48	1,32
Maíz			
Andalucía	38,00	37,68	31,72
Castilla-La Mancha	23,56	22,82	21,88
Castilla y León	37,11	35,95	30,53
Galicia	20,14	19,46	18,95
Guisante			
Andalucía	8,62	–	7,45
Castilla y León	5,33	–	4,84

Tabla 6. Valores medios de energía consumida en la producción de cultivos leñosos (GJ/ha) para los sistemas de manejo SC (Laboreo Convencional sin Cubierta), CE (Cubierta Vegetal Espontánea) y CS (Cubierta Vegetal Sembrada)

Cultivo/Zona	SC	CE	CS
Olivar campiña			
Andalucía	14,40	13,16	13,78
Castilla-La Mancha	14,19	13,16	13,78
Olivar intensivo			
Andalucía	13,82	–	11,45
Castilla-La Mancha	13,61	–	11,45
Viña en espaldera			
Andalucía	10,91	10,01	10,42
Castilla-La Mancha	10,38	10,01	10,42
Viña en vaso			
Andalucía	9,43	8,17	8,56
Castilla-La Mancha	8,75	8,17	8,56
Cítricos			
Andalucía	9,45	–	9,11
Comunidad Valenciana-Murcia	9,61	–	9,15

En general, todos los cultivos estudiados bajo agricultura de conservación requieren menor cantidad de energía que en laboreo convencional, siendo éste último el de mayor consumo de combustible en la preparación del terreno y el principal responsable en esta diferencia. En términos relativos, la diferencia entre los sistemas de laboreo tiende a reducirse en función de la cantidad de fertilizante utilizado, dado que la incidencia de dicho factor en el consumo energético es importante, suponiendo algo más del 50% en el caso de los cereales.

En lo que respecta a los cultivos herbáceos, la siembra directa es la práctica que mayores reducciones en el consumo energético provoca. Las mínimas reducciones se dan en los cultivos de maíz del norte de España (5,93%) motivado por el mayor número de tratamientos fitosanitarios que se realizan en relación al laboreo convencional. En los cultivos cerealistas, las reducciones en el consumo energético oscilan entre un 13% y un 45% dependiendo de la zona considerada, dándose los mayores valores en las zonas cerealistas de Navarra. Los resultados obtenidos con la siembra directa en girasol llegan a ser espectaculares, alcanzándose valores de hasta un 60,45% de reducción en el consumo energético, motivado no sólo por la disminución del número de labores, sino también por las menores aplicaciones de fertilizantes.

En relación a la práctica de mínimo laboreo en agricultura de conservación, las reducciones en el consumo energético no son tan espectaculares, si bien en los casos más desfavorables (como el maíz) se consiguen ahorros energéticos en torno al 3%, y en los casos más favorables, como los cereales de invierno, pueden darse ahorros energéticos de hasta un 26% respecto a las prácticas agrícolas convencionales.

La implantación de cubiertas vegetales en cultivos leñosos también supone una reducción en el consumo energético debido principalmente a la no realización de labores entre las calles de las plantaciones. En estos casos, los ahorros que se consiguen no llegan a ser de la misma magnitud que en los cultivos herbáceos, debido al gasto energético que supone el manejo de la cubierta vegetal, alcanzándose valores de reducción energética entre un 4% y un 17% respecto a las prácticas convencionales.

Consumos medios de gasóleo por zona y manejo de suelo

La reducción en los consumos de gasóleo derivado del menor número de operaciones realizadas en las prácticas de agricultura de conservación es, sin duda alguna, la principal responsable del ahorro energético que se da en dichos sistemas. Los valores de los consumos de gasóleo muestran un comportamiento paralelo a los valores de consumo energético, tal y como muestran las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Valores medios de gasóleo consumido en las operaciones de cultivos herbáceos (l/ha) para los sistemas de manejo LC (Laboreo Convencional), ML (Mínimo Laboreo en Agricultura de Conservación) y SD (Siembra Directa)

Cultivo/Zona	LC	ML	SD
Trigo			
Andalucía	69,52	36,52	31,57
Castilla-La Mancha	74,47	46,97	31,57
Castilla y León	53,57	30,47	30,36
Cataluña-Aragón	83,82	42,02	31,57
Comunidad Valenciana-Murcia	60,17	42,57	31,57
Galicia	53,46	34,76	28,71
País Vasco-La Rioja-Navarra	50,27	34,87	30,36
Cebada			
Andalucía	79,42	42,02	30,36
Castilla-La Mancha	67,76	41,91	30,36
Castilla y León	46,42	32,67	28,71
Cataluña-Aragón	78,87	34,87	28,71

Cultivo/Zona	LC	ML	SD
Comunidad Valenciana-Murcia	46,97	42,57	30,36
País Vasco-La Rioja-Navarra	79,97	34,87	30,36
Girasol			
Andalucía	68,31	45,76	23,21
Castilla-La Mancha	52,91	27,06	27,61
Castilla y León	69,30	45,65	22,00
Maíz			
Andalucía	102,08	89,43	57,97
Castilla-La Mancha	81,62	66,22	38,72
Castilla y León	83,38	59,18	44,77
Galicia	92,95	78,65	58,85
Guisante			
Andalucía	82,06	–	30,36
Castilla y León	58,96	–	28,71

Tabla 8. Valores medios de gasóleo consumido en las operaciones de cultivos leñosos (l/ha) para los sistemas de manejo SC (Laboreo Convencional sin Cubierta), CE (Cubierta Vegetal Espontánea) y CS (Cubierta Vegetal Sembrada)

Cultivo/Zona	SC	CE	CS
Olivar campiña			
Andalucía	97,46	75,46	79,31
Castilla-La Mancha	93,06	75,46	79,31
Olivar intensivo			
Andalucía	85,36	–	64,46
Castilla-La Mancha	80,96	–	64,46
Viña en espaldera			
Andalucía	87,01	68,31	74,91
Castilla-La Mancha	76,01	68,31	74,91
Viña en vaso			
Andalucía	56,21	29,81	35,97
Castilla-La Mancha	41,91	29,81	35,97
Cítricos			
Andalucía	136,51	–	121,66
Comunidad Valenciana-Murcia	135,41	–	120,01

En siembra directa, las reducciones medias en consumos de gasóleo van desde un 35% en el caso más desfavorable en el cultivo de cebada, a un 66% en el cultivo de girasol. En base a los datos extraídos del estudio de todos y cada uno de los cultivos herbáceos analizados, se puede afirmar que la implantación del sistema de manejo de siembra directa supone un ahorro de combustible de más de la mitad respecto a la agricultura convencional.

Las reducciones en el consumo de gasóleo del sistema de mínimo laboreo en agricultura de conservación respecto al laboreo convencional son menores que las que se dan con el sistema de siembra directa. En este caso, las reducciones medias van desde el 18,48% en el cultivo del maíz, al 56,09% en el cultivo de cebada, situándose el promedio de ahorro de combustible en un tercio respecto a la agricultura convencional.

Tabla 9. Reducciones medias en el consumo de gasóleo en las operaciones en cultivos herbáceos (l/ha/año) para los sistemas de manejo ML (Mínimo Laboreo en Agricultura de Conservación) y SD (Siembra Directa) respecto al laboreo convencional

Cultivo	ML	SD
Trigo	25,30	32,80
Cebada	28,40	36,80
Maíz	16,65	39,93
Girasol	24,10	39,20
Guisante	No constan datos	41,00

La adopción del sistema de cubiertas en agricultura de conservación en cultivos leñosos supone, de media, una reducción de consumo de combustible respecto a la agricultura convencional en torno al 29,6%. Por lo general, la implantación de cubiertas vegetales espontáneas de flora autóctona conllevan un mayor ahorro en el consumo de combustible, al no realizarse operaciones necesarias en las cubiertas vegetales sembradas como la siembra.

Tabla 10. Reducciones medias en el consumo de gasóleo en las operaciones en cultivos leñosos (l/ha/año) para los sistemas de manejo CE (Cubierta Vegetal Espontánea) y CS (Cubierta Vegetal Sembrada) respecto al laboreo convencional sin cubierta

Cultivo	CE	CS
Olivar campiña	19,80	16,00
Olivar intensivo campiña	No constan datos	18,70
Viña en espaldera	13,20	6,60
Viña en vaso	19,25	13,05
Cítricos	No constan datos	15,15

Tabla 11. Productividades energéticas (t/GJ) para diversos cultivos anuales en diferentes zonas de España en función del sistema de manejo de suelo empleado. Fuente: J.L. Hernanz Martos, V. Sánchez-Girón Renedo (1997)

Zona/Cultivo	LC	ML	SD
Andalucía (Tomejil)^a			
Girasol tras trigo	0,23	0,35	0,50
Garbanzo tras girasol	0,06	0,07	0,08
Trigo tras garbanzo	0,31	0,28	0,32
Castilla-La Mancha (Santa Olalla)^b			
Cebada tras veza	0,22	0,24	0,24
Veza tras cebada	0,45	0,51	0,60
Madrid (Alcalá de Henares)^c			
Trigo tras barbecho	0,26	0,32	0,31
Trigo tras veza	0,20	0,23	0,26
Veza tras trigo	1,27	1,39	1,61
Cebada invierno (monocultivo)	0,24	0,28	0,27
Cebada primavera (monocultivo)	0,20	0,21	0,19

4.2 Productividad energética en agricultura de conservación en diversas zonas de España

No tendría sentido alguno el ahorro de energía en un cultivo a lo largo de su ciclo de producción si fuera acompañado de una pérdida de rendimiento tal que la energía necesaria para obtener la unidad de producto (es decir, la productividad energética) fuera considerablemente mayor. Esto significaría que, aunque en una determinada parcela se consumiera menor cantidad de energía, habría que emplear mayor superficie para obtener la misma cantidad de producto y gastar en términos absolutos más energía.

Este no es el caso de la agricultura de conservación. Como se muestra en la tabla siguiente, los cultivos manejados bajo sistemas de conservación (mínimo laboreo en agricultura de conservación y siembra directa) son en la mayoría de los casos más eficientes energéticamente que los cultivos manejados de forma convencional. Los valores que se ofrecen en la tabla son los obtenidos de dividir la energía consumida a través de la utilización de todos los factores de producción (desde la preparación del terreno, fertilizantes, productos fitosanitarios, hasta la recolección), sin tener en cuenta las operaciones de transporte y de postrecolección, entre la producción obtenida.

Zona/Cultivo	LC	ML	SD
Navarra^d			
<i>Zona árida</i>			
Cebada invierno	0,26	0,27	0,27
<i>Zona media</i>			
Cebada invierno	0,30	0,33	0,39
Trigo invierno	0,38	–	0,44
Veza (heno)	0,5	–	0,85
<i>Zona baja montaña</i>			
Trigo invierno	0,43	–	0,43
Cebada invierno	0,32	–	0,32
Colza	0,14	–	0,17

Adaptados de: **a:** Giráldez y González (1994); **b:** Lacasta (1992); **c:** Hernanz et al. (1995); **d:** Arnal (1991, 1992)

Como se puede ver en la tabla 11, el caso de la cebada de primavera en monocultivo en Madrid es el único en el que la productividad energética es ligeramente inferior en siembra directa (0,19 t/G) en comparación con el laboreo convencional (0,20 t/G). Para este cultivo, el mínimo laboreo ofrece la mayor eficiencia energética.

Salvando el caso anterior, en todas las demás situaciones, la siembra directa y el mínimo laboreo son igual de eficientes energéticamente o más que el sistema convencional.

En el caso del cultivo de trigo en Andalucía, dado que se aplican elevadas cantidades de nitrógeno, se producen consumos altos de energía, por ello, la eficiencia energética es muy similar en los tres sistemas de manejo de suelo. Sin embargo, el caso del girasol obtiene unos resultados muy claros a favor de la siembra directa desde el punto de vista de eficiencia energética. La base de la gran diferencia obtenida está en que en el estudio del que se obtuvieron los datos la cantidad de fertilizante aplicada al girasol fue muy baja, por lo que el consumo energético se vio claramente reducido, a la vez que la producción fue muy similar en todos los sistemas de manejo (0,94 t/ha en laboreo convencional, 1,11 t/ha en mínimo laboreo y 1,09 t/ha en siembra directa).

Las leguminosas, principalmente la veza, tienen un comportamiento muy favorable desde el punto de vista energético debido a la no fertilización en cobertera y la escasa fertilización en sementera comparativamente con los cereales. Por ello, en todas las Comunidades Autónomas se obtienen aumentos de la productividad energética de entre un 25% y un 75%.

En Navarra se presentan estudios en diferentes zonas, ya que las condiciones climatológicas son muy diferentes de una zona a otra y los sistemas de manejo de suelo se comportan de forma distinta.

En la zona árida, donde las producciones son medias o bajas, con la siembra directa se puede perder del 5% al 10% de producción. Sin embargo, el ahorro energético que se produce contrarresta desde el punto de vista de eficiencia energética esta leve pérdida de producción. En la zona intermedia, con pluviometrías de 400-500 mm, la siembra directa reduce el consumo de energía e incrementa las producciones, por lo que la productividad energética es mucho más alta en este sistema que en el convencional. En la baja montaña, el ahorro de energía no es mayor del 10% y la productividad energética es muy similar en siembra directa y en laboreo convencional.

5 La agricultura de conservación en campo

5.1 Mecanización de la agricultura de conservación

Cultivos herbáceos

La agricultura de conservación puede llevarse a cabo, en parte, con máquinas conocidas y utilizadas por el agricultor, aunque con unos criterios de uso diferentes a los empleados en agricultura convencional. Las operaciones a las que han de prestarse especial atención en los sistemas de conservación son las de manejo de restos de cosecha, siembra y tratamientos fitosanitarios.

La selección de maquinaria se ha de realizar teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Calendario de tareas y limitaciones de tiempo en las operaciones críticas (siembra y tratamientos).
- Necesidades de potencia de las máquinas.
- Adecuación máquina-tractor disponible.
- Precio y disponibilidad de las máquinas. Posibilidades de alquiler.

La elección del tractor es clave, ya que supone más de la mitad del coste de mecanización de una explotación agraria. Un exceso de potencia supone una mayor inversión, un mayor coste horario, un mayor daño al suelo y un descenso en el rendimiento energético. En cambio, un tractor pequeño puede comprometer la realización de las tareas con tiempo limitado. Por ello, es aconsejable analizar previamente las necesidades de potencia de la maquinaria a emplear, así como las características topográficas de la explotación.

Maquinaria para el manejo de restos vegetales

En cultivos herbáceos, el éxito de la agricultura de conservación comienza en la cosecha del cultivo precedente. El manejo de los restos vegetales en este momento resulta crucial a la hora de conseguir una adecuada implantación de las técnicas de siembra directa y de mínimo laboreo en agricultura de conservación.

Para ello hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Ha de existir una distribución uniforme de los restos vegetales sobre el suelo.
- En su manejo, se ha de distinguir entre los restos vegetales de tallo débil y los de tallo grande y fuerte como girasol y maíz. En los de girasol se puede optar por picarlos con el cabezal de corte, o bien por dejarlos en pie y después picarlos con maquinaria específica (ver foto 22). Los de maíz se pican en el cabezal de la cosechadora con la ayuda de unas cuchillas giratorias (ver foto 23).



Foto 22. Apero para el picado de las cañas de girasol, picatil



Foto 23. Detalle de las cuchillas giratorias para picado de maíz

- En general, el manejo ha de ir encaminado a lograr la máxima persistencia del resto vegetal en el suelo y está condicionado por la sembradora que se vaya a utilizar. Así, en el caso de sembradoras de rejas resulta aconsejable picar lo máximo posible y esparcir mediante ventiladores por todo el ancho de la cosechadora, y en el caso de sembradoras de discos, proceder sólo al esparcido con ayuda de gomas rotativas, sin realizar un picado previo.

El manejo de los restos vegetales se realiza generalmente con la propia cosechadora, a la que se le acoplan

dispositivos de picado y esparcimiento adosados a su parte posterior en el caso del trigo y la cebada, o en la barra de corte en el caso de cultivos como el maíz o girasol.



Foto 24. Cosechadora esparciendo restos de cosecha homogénea a todo el ancho de corte

Los dispositivos esparcidores de paja pueden estar constituidos por paletas rotativas o por tubos de goma giratorios. Si antes de los esparcidores se hace pasar el rastrojo por un picador de paja, se puede obtener más cobertura del suelo, dado que lo pican obteniéndose pequeños trozos que luego son esparcidos.

Para el manejo de materiales más finos, principalmente en la cosecha de granos pequeños, son efectivos los esparcidores de brozas, granzas o tamo. La broza constituye en algunos cultivos cerca de la mitad del material cosechado. Esta porción normalmente no llega al esparcidor de paja o al picador-esparcidor ya que cae al suelo desde el mecanismo de criba de la cosechadora. Cuando se trata de cultivos de alto rendimiento, la posibilidad de originar franjas densas de paja es grande. Lo que nos muestra la importancia de que a las cosechadoras se le acoplen dispositivos de distribución de granzas a lo largo de todo el ancho de corte.

La regulación del esparcido es un factor a tener en cuenta en el momento de realizar la cosecha, ya que si los esparcidores se regulan para arrojar la paja demasiado lejos, pueden originarse franjas densas de paja a ambos lados del recorrido de la cosechadora.



Foto 25. Detalle de gomas giratorias de esparcido

Maquinaria de siembra

En algunos sistemas de conservación como el mínimo laboreo, es posible sembrar directamente con máquinas convencionales o con ligeras adaptaciones a la presencia de restos vegetales. En el caso de la siembra directa, es necesario disponer de sembradoras específicas, preparadas para poder penetrar a través de la cubierta vegetal y con capacidad para sembrar en un suelo no labrado. Esta máquina debe ajustarse a las siguientes características:

- Tener un peso suficiente como para atravesar los restos vegetales que se encuentran en la superficie a sembrar.
- Ser capaz de abrir un surco lo suficientemente ancho y profundo como para albergar adecuadamente la semilla.
- Posibilidad de regular la dosificación y espaciado de semillas de distinto tamaño.
- Asegurar un adecuado recubrimiento de las semillas.
- Rigidez y resistencia de sus elementos para soportar las mayores cargas que se producen.
- Admitir elementos de abonado y tratamientos.

Las sembradoras directas son en general más pesadas y robustas que las convencionales, por lo que los tractores que las arrastren deberán tener en términos generales en torno a los 120 CV de potencia, si bien máquinas con más de 4 m de ancho de trabajo o sembradoras neumáticas tendrán seguramente más demanda. Dicha exigencia no suele ser debida a la fuerza que requiere la tracción sino al peso de la sembradora, que puede crear problemas de estabilidad en pendientes y virajes, sobre todo en máquinas suspendidas.

Afortunadamente, existen actualmente en España un gran número de empresas que ofrecen sembradoras para agricultura de conservación que han adaptado sus diseños a las diversas condiciones de siembra existentes en nuestro país. Así, existen máquinas que se ajustan a las necesidades en función de:

- Distancia entre líneas de siembra.
- Tipo de siembra (precisión o monograno y chorrillo o grano fino).
- Elementos de corte del suelo y residuos (rejas o discos).
- Sistema de distribución de semillas (mecánico o neumático).

Para conseguir una correcta implantación del cultivo en siembra directa, las operaciones que realizan las sembradoras determinan los componentes que conforman el tren de siembra, que pueden clasificarse en:

- Corte de restos vegetales y suelo.
- Preparación de la hilera.
- Apertura del surco.
- Fijación y cubrición de la semilla.
- Elementos de abonado y tratamientos.
- Cierre del surco.

Se detallan a continuación todas y cada una de estas operaciones:

a) Separación y/o corte de residuos y preparación de la franja de siembra

En siembra directa, la única intervención mecánica que se realiza sobre el suelo es la apertura del surco de siembra. Con ello se persigue que las semillas queden colocadas en las mejores condiciones para su germinación y nascencia. La presencia de la cobertura vegetal tiende a dificultar esta operación, por lo que previamente puede ser necesario realizar un corte y separación de los restos vegetales mediante dispositivos cortadores y barre-rastrojos. Estos dos útiles son muy utilizados sobre todo en las sembradoras monograno, donde la distancia entre botas es mayor. En las sembradoras de chorrillo no se suelen utilizar, especialmente el dispositivo barre-rastrojos, ya que al ser menor la distancia entre líneas de siembra, se originaría un arrastre de los restos y una mala implantación de la semilla.

Para el corte del rastrojo, los discos son lo que mejor se comporta, atacando los restos vegetales en sentido vertical descendente y cortándolos a la vez que abren un pequeño surco, cuya anchura vendrá dada por la forma del disco.

Cuando el terreno está seco, la alta resistencia ofrecida por el suelo dificulta el corte, por lo que se hace necesario aumentar la carga de los muelles que regulan la profundidad. En el caso de que la máquina no tenga el suficiente peso para realizar esta operación, será necesario añadir lastre.

Los tipos de disco cortador son muy variados en cuanto a forma y tamaño, existiendo discos lisos, acanalados, estriados, ondulados y accionados, con diámetros que van desde 30 a 60 cm y espesores de 3 a 12 mm. Cuanto más grandes, mejor se comportan respecto al corte, pero se consiguen menores profundidades de siembra. A veces se le dotan de patines de apoyo para controlar su trabajo y facilitar el corte del rastrojo.

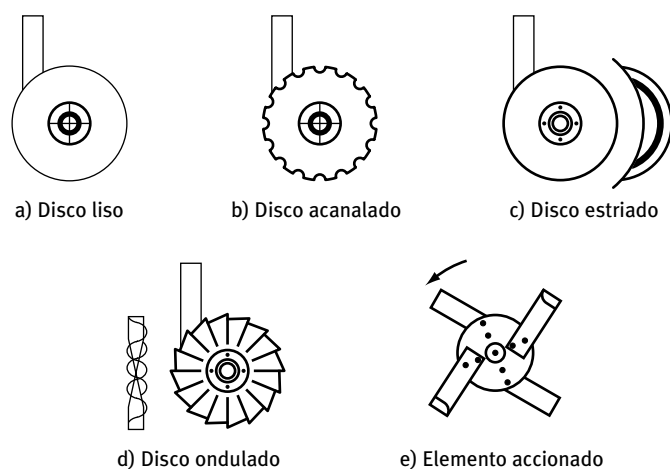


Figura 1. Principales tipos de discos de corte de restos vegetales

La colocación de los discos abridores puede ser en la parte delantera del chasis de la máquina o en un bastidor independiente situado entre la sembradora y el tractor.

b) Formación del lecho de siembra

Tras la separación y/o corte de los restos vegetales, la sembradora debe procurar un lecho de siembra a la

semilla, que debe quedar localizada uniformemente a una profundidad adecuada y en condiciones óptimas para su germinación y emergencia, por lo que antes de iniciarse la operación ha de regularse la sembradora de forma óptima para que la localización de la semilla no sea ni muy superficial ni muy profunda.

Los sistemas que mayoritariamente se utilizan en las sembradoras a chorrillo se pueden clasificar en dos grandes grupos:

b.1 Discos

Los discos empleados para la apertura de los surcos de siembra pueden ser simples o dobles. En ambos casos se sitúan ligeramente inclinados con respecto a la perpendicular del suelo y a la dirección de avance.

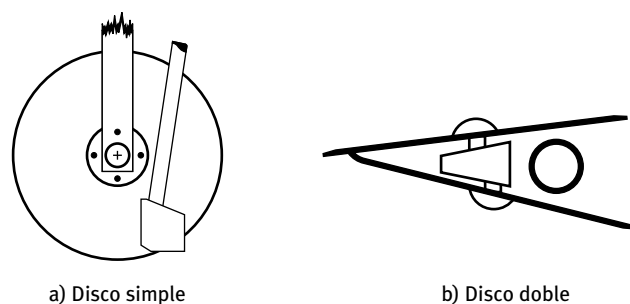


Figura 2. Principales tipos de discos empleados para la apertura de la línea de siembra

Las máquinas de disco simple no suelen llevar elemento abridor cortador delantero, ya que el mismo dispositivo de apertura realiza la función de corte. Junto al disco se dispone una pequeña reja por donde se depositan las semillas en el fondo del surco. El borde del disco puede ser liso o acanalado, siendo este último más eficaz en el corte de la paja.

Las de doble disco abren el suelo en forma de V por la acción combinada de los dos discos. Entre ambos se sitúa el tubo de caída que deposita las semillas en el fondo del surco. Este sistema suele necesitar disco cortador, de modo que requieren más peso que las de disco único para alcanzar la misma profundidad. Estas máquinas son apropiadas para situaciones en las que haya abundantes residuos, dado que es más complicado que se atasquen.

Para mantener constante la profundidad de siembra la mayor parte de las sembradoras para cultivos en hileras disponen de sistemas de control de la profundidad, constituidos por unas ruedas de goma o metálicas, las cuales pueden ser individuales en cada línea (lo mejor), en paños, o para el conjunto del bastidor de la máquina, que es totalmente desaconsejable.

Las máquinas de discos pueden tener dificultades de adaptación en terrenos pedregosos, al ser los dispositivos más propensos a la ruptura y al bloqueo de los ejes de giro debido a la acción constantemente de fuertes impactos. Ello exige la utilización de materiales de alta resistencia.

Las sembradoras de discos a chorrillo tienen un peso que varía de 700 a 900 kg/m de anchura de trabajo para las de disco simple, aumentando hasta los 1.000-1.300 kg/m las de doble disco. La potencia mínima del tractor para



Foto 26. Detalle del tren de siembra de una sembradora directa de discos. (1. Disco de corte de restos vegetales, 2. Dispositivo barretrastos, 3. Disco de apertura de línea de siembra, 4. Sistema de control de profundidad, 5. Elemento fijador de semilla, 6. Elemento de cierre del surco)

las primeras es del orden de los 27,2 CV/m, mientras que las otras necesitan de 34 a 41 CV/m.

Para cultivos en hileras, prácticamente la inmensa mayoría de las sembradoras utilizan 3 discos, uno simple de corte de residuos y un sistema doble para la siembra con una o dos ruedas laterales de goma reguladoras de la profundidad de siembra. En otros casos, delante de una sembradora convencional se coloca un bastidor que dispone de los elementos cortadores, lo que facilita el camino a los abresurcos de siembra.

b.2 Rejas

La alternativa a los discos para la formación del lecho de siembra son las rejas. Las diferencias de estas máquinas con las de discos se centran en que actúan sobre el suelo ejerciendo el corte en sentido vertical ascendente, lo que reduce considerablemente su peso para la misma anchura de trabajo. Las rejas van montadas sobre brazos que se unen al bastidor, bien por medio de cuadriláteros articulados o directamente. Los cuerpos de siembra suelen ser más robustos y tienen más distancia de separación entre ellos.

Si se usa el cuadrilátero articulado, el ángulo de ataque se mantiene siempre constante independientemente de la profundidad de trabajo, lo que permite abrir homogéneamente el surco. Estas máquinas están más adaptadas a terrenos pedregosos que las de discos, ya que penetran más en el suelo y su reparación en caso de rotura es menos costosa, aunque tampoco están exentas de inconvenientes en estas circunstancias.



Foto 27. Detalle del tren de siembra de una sembradora directa de rejas

c) Abonado y tratamientos

Generalmente, las sembradoras directas suelen llevar dispositivos para realizar la aplicación de fertilizantes y fitosanitarios en la operación de siembra en el caso de que el cultivo así lo requiera.

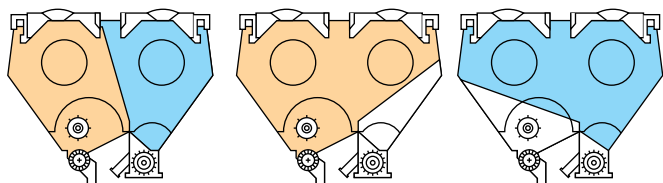


Figura 3. Tolva compartimentada para grano y abono incorporado en la línea de siembra

Estos elementos han de situarse bajo el suelo y próximos a la línea de siembra, pudiendo utilizar un abridor propio o aprovechar los de la sembradora. La distribución de microgránulos e incluso herbicidas en la línea de siembra es aconsejable por el ahorro energético, de producto y tiempo que ello conlleva. En ocasiones, las sembradoras disponen de tolvas específicas para estos productos.

d) Cierre del surco

Tras depositar la semilla en el suelo, es necesario que ésta quede cubierta con tierra fina lo suficientemente apretada como para que la humedad del suelo impregne sus tejidos y se inicie el proceso de germinación. En algunos modelos se colocan dispositivos que empujan a la semilla contra el fondo antes de que intervengan los órganos de cierre inmediatamente detrás de los abresurcos de siembra (ruedas, lengüetas, patines).

Para realizar la cobertura final de la semilla se emplean ruedas compactadoras, que pueden ser simples o dobles. Estas ruedas se fabrican tanto de goma como de metal. Las de goma son semiflexibles, de manera que el apoyo sobre el suelo se lleva a cabo sobre una importante superficie de trabajo, lo que ayuda a comprimir la tierra en el cierre. Tienen la ventaja que, en condiciones húmedas o semihúmedas y en terrenos plásticos, despegan la tierra adherida, lo que evita posibles acumulaciones. Presentan el inconveniente de que se pueden desgastar rápidamente cuando trabajan en condiciones secas y con alta presión de

compresión. También existen ruedas compactadoras con dientes acanalados que, a diferencia de las anteriores, compactan menos la línea de siembra, favoreciendo la emergencia de las plántulas.



Figura 4. Elementos para cierre de surco. Fuente: José Luis Hernández, 2007

En algunas máquinas se montan rastras con objeto de igualar la cobertura de residuos sobre el terreno y dejar el surco tapado cubierto de agregados con la intención de evitar encostramiento.

En relación a estas máquinas hay algunas observaciones a tener en cuenta:

1 Arrastre de restos vegetales

Si los elementos de apertura del surco, ruedas de soporte o elementos del bastidor arrastran los restos vegetales, se puede producir una acumulación de los mismos. Para evitar este problema se debe disponer un sistema efectivo de corte de residuos en cada componente, y/o reducir el arrastre entre elementos adyacentes, disponiendo éstos de modo que se facilite su circulación, lo que lleva a una mayor profundidad de la máquina para permitir líneas de siembra más numerosas y separadas entre sí y con ello más distancia entre los elementos de una misma línea.

2 Dificultad de corte de los rastrojos

Antes de los elementos de corte se pueden usar, en las sembradoras monograno, los barrerastrojos para apartar los restos de la línea de siembra. Al eliminar el rastrojo de la superficie se favorece la insolación de esa zona, lo que provocará una más rápida germinación de las semillas, además de disminuir la incidencia de las plagas que se ven favorecidas por la presencia de abundantes restos vegetales. Existen elementos que tensan los rastrojos, como patines, que hacen más efectivo el sistema de corte de disco.

3 Obstáculos y control de la profundidad de siembra

En situaciones con muchas piedras u obstáculos diversos en el suelo, se requiere reducir la velocidad de siembra para no dañar a la sembradora. En dichas situaciones, los elementos rodantes de la sembradora pasan por encima de las piedras u obstáculos, evitando su rotura. En estas circunstancias se recomienda el empleo de máquinas de rejas, si bien puede ocurrir que algunas piedras superficiales de tamaño significativo afloren.

4 ¿Disco o reja?

La mejor forma para decidir la máquina más apropiada a una explotación es verla trabajar en la misma, realizando pruebas y ajustes específicos. Afortunadamente existen diseños muy variados en el mercado que podrán satisfacer las necesidades de cualquier agricultor. Por lo general, las sembradoras de rejas resultan más baratas que las de discos y suelen funcionar mejor en terrenos pedregosos, aunque todo depende de la capacidad técnica del agricultor de saber adaptar la sembradora a las condiciones a las que se encuentre el suelo. Normalmente, en terrenos con gran cantidad de restos vegetales no es aconsejable utilizar una sembradora de rejas, ya que se pueden embozar los cuerpos de siembra dificultando la operación. En estos casos, la estrategia a seguir sería esperar a que el terreno estuviera en unas condiciones de humedad mejores o realizar siembras con sembradoras de discos.

5 Tamaño de los restos picados

Se recomienda picar largo o no picar en el caso de usar sembradora de disco, de tal manera que puedan cortar la paja eficazmente, sin hundirla simplemente, que sería el riesgo de un picado de restos excesivamente cortos. Por el contrario, el picado corto facilitará el tránsito de la paja entre los elementos de siembra en caso de que se utilice una máquina de rejas.

Cultivos leñosos

En cultivos leñosos, los diferentes tipos de cubiertas vegetales determinarán las operaciones necesarias para su manejo, siendo especialmente relevantes la

siega, química o mecánica, cuando la cubierta entre en competencia directa con el cultivo por los nutrientes y por el agua, y el picado de restos de poda.

Al igual que en cultivos herbáceos, la elección del tractor es clave. En este sentido, el uso de picadoras de ramón, de atomizadores con cubas de gran tamaño (2.000-4.000 litros) y equipos de recolección como, por ejemplo, vibradores de troncos, plataformas y remolques de gran capacidad (6 a 10 toneladas) empleados en olivar, lleva a que el tractor adecuado para un cultivo leñoso mecanizado tenga una potencia de unos 100 CV (75 kW), además de ser de doble tracción y disponer de inversor y de marchas superreducidas.

Implantación y abonado de la cubierta

En el caso de cubiertas vegetales sembradas, se puede implantar el cultivo con sembradoras directas o, en el caso de no disponer de ella, se puede utilizar una sembradora de chorrillo, previo pase de un cultivador, o una abonadora centrífuga, pendular o neumática, siendo conveniente, en este caso, efectuar una labor con rastra de púas para mejorar la nascencia.



Foto 28. Siembra de la cubierta vegetal con sembradora directa

El abonado de la cubierta se realiza cuando se estime necesario, aunque es aconsejable lo antes posible, a fin de que las hierbas adquieran un rápido desarrollo y cubran el suelo lo antes posible. Para ello se utilizan abonadoras centrífugas o pendulares a las que se les puede dotar de sistemas que permiten dirigir el abono al centro de las calles o a los pies de la plantación.

Para la implantación de cubiertas de restos vegetales, constituidas principalmente por restos de poda, el manejo requiere una operación de hilerado de los restos y posterior triturado con picadora, dejándolos esparcidos a lo largo y ancho de las calles. No deben enterrarse, siendo un buen complemento a los sistemas de no laboreo y a las cubiertas vegetales vivas.

Equipos para la siega química

El control de la flora adventicia y la siega química de las cubiertas vegetales vivas se realiza con barras de tratamientos o de aplicación de fitosanitarios. Dichos sistemas están basados en la pulverización por presión de líquido y para que su aplicación sea correcta es fundamental que todos los componentes de la barra de tratamientos, desde los filtros y boquillas, hasta el tanque, pasando por el manómetro, tubos y tuberías, estén en perfecto estado de conservación y mantenimiento.

Como normas generales podemos hacer las siguientes observaciones/recomendaciones para un correcto funcionamiento de los equipos:

- La presión de trabajo durante la aplicación de herbicidas debe ser baja, no superando los 4 bar.
- El manómetro debe medir la presión en una escala adecuada. Si queremos aplicar el herbicida a una presión de 3 bar, por ejemplo, el manómetro no debe tener una escala de 0 a 150 bar, ya que en ese caso sería imposible diferenciar si la aplicación se está realizando a la presión deseada por la escasa precisión de la escala de medición del manómetro.
- La presencia de al menos dos filtros, uno a la salida de la bomba y otro antes de cada boquilla, es conveniente para evitar la obturación de las boquillas por elementos sólidos arrastrados por el líquido. Los filtros deben ser limpiados, como mínimo, cada vez que se termine de realizar una aplicación, para un correcto mantenimiento del equipo.
- La aplicación de herbicidas se debe realizar con boquillas de hendidura o abanico plano simétrico en todos los puntos de aplicación, excepto en los extremos

de la barra, en cuyo caso, las boquillas deberán ser de abanico plano asimétrico. La limpieza de las boquillas cada vez que se termine una aplicación, así como la vigilancia de su estado y la reposición cuando éste no sea adecuado, es vital para la realización de los tratamientos de forma correcta.

- Distribución de las boquillas: las boquillas en la barra de aplicación deben ir situadas de manera que distribuyan el producto de la forma más homogénea posible. Una colocación que proporciona una correcta distribución del herbicida es la de boquillas de abanico plano simétrico de 110° , situadas a 50 centímetros de distancia entre ellas y a una altura de 50 centímetros sobre las hierbas que se desea controlar. Esta situación de las boquillas proporcionará un solape idóneo.

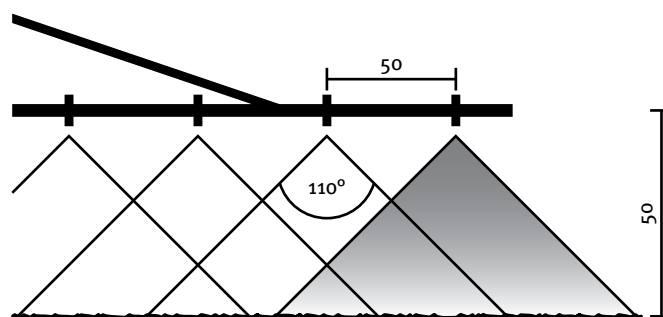


Figura 5. Vista esquemática de la distribución de las boquillas en la barra de pulverización

- Además debemos observar que, para evitar que los chorros de líquido aplicados por boquillas contiguas choquen entre sí y provoquen una inadecuada distribución del caldo, deberemos girar las boquillas levemente ($3-4^\circ$).

Para controlar los rodales de malas hierbas que en determinados momentos puedan aparecer en zonas puntuales de la explotación, también se puede hacer necesaria la utilización de pulverizadores portátiles. Estas mochilas se deben mantener siguiendo las mismas pautas que las detalladas para las barras de aplicación. El tipo de boquillas a utilizar en estos equipos para la aplicación de herbicidas puede ser en abanico plano (al igual que las barras) o de pulverización centrífuga.

Equipos para la siega mecánica

Para cubierta vegetales vivas controladas mecánicamente será necesaria una desbrozadora que troceará y esparcirá los restos vegetales. Las desbrozadoras son máquinas accionadas por la toma de fuerza del tractor que cuentan con un eje vertical u horizontal sobre el que se montan elementos móviles (martillos, cadenas o cuchillas).

Las desbrozadoras de cadenas de eje vertical se usan sobre todo cuando la presencia de piedras es importante. Para minimizar el número de pases y lograr además una buena adaptación al perfil del suelo, es conveniente que cuenten con varios cuerpos.

Las desbrozadoras de cuchillas de eje vertical permiten un picado de la cubierta con mejores características que con las de cadenas, dado que destruyen menos los restos vegetales, aunque no funcionan bien en terrenos pedregosos e irregulares.



Foto 29. Desbrozadora de cadenas de eje vertical trabajando en un olivar y detalle de la misma

Las desbrozadoras de martillos de eje horizontal son las que realizan un mejor desbrozado, pero presentan dos dificultades a tener en cuenta: por un lado, requieren más potencia para su accionamiento, y por otro, su ancho de trabajo es más reducido (por contar con un eje horizontal). El sistema de trabajo de las desbrozadoras de martillo de eje horizontal es similar al de las picadoras de restos de poda, aunque son menos robustas que éstas y requieren tractores de menor potencia.

Manejo y picado de los restos de poda

Una práctica habitual es combinar cubiertas vivas (sembradas o espontáneas) con cubiertas inertes, incorporando los restos de poda tras su trituración. Para ello es necesario disponer de equipos de hilerado y picado de restos de poda.

Mediante los equipos de hilerado se acumulan los restos en el centro de la calle, zona en la que deben ser esparcidos tras ser picados por una picadora o trituradora.

Las picadoras son aperos accionados por la toma de fuerza las cuales reducen el tamaño de las ramas mediante rotura por impacto. Se clasifican en base a los elementos que utilizan para el picado (cadenas, cuchillas o martillos) y por la disposición del eje en el que van montados (vertical u horizontal).

Las picadoras pueden ser de alimentación manual, en cuyo caso un operario debe introducir las ramas procedentes de la poda conforme la máquina va avanzando, y picadoras con un sistema de alimentación que recoge los restos de poda del suelo.

Las máquinas con alimentación manual consiguen un picado más fino, pero tienen una menor capacidad de trabajo y requieren más mano de obra que las picadoras auto-alimentadas. Pueden ser de accionamiento por la toma de fuerza o por motor auxiliar, muy adecuadas estas últimas para trabajos en explotaciones con grandes pendientes.



Foto 30. Picadora de restos de poda

5.2 Quince preguntas básicas que todo agricultor debe saber sobre la agricultura de conservación: ayuda a la iniciación

1 *¿Es posible practicar agricultura de conservación en mi explotación?*

Sí. Existen técnicas de agricultura de conservación adaptadas a todas las condiciones y hay maquinaria en el mercado capaz de satisfacer las necesidades de cada caso particular, aunque es importante una formación mínima antes de iniciarse para realizar un manejo adecuado de estas técnicas, por lo que el asesoramiento es clave.

2 *¿Disminuirán los rendimientos de mi explotación con el cambio de sistema?*

No. Las producciones de todos los cultivos cuando se implanta un sistema de agricultura de conservación son muy similares a las obtenidas con el sistema convencional. En algunos casos se ha demostrado incluso

que las cosechas se han incrementado, en aquellos terrenos que han sufrido procesos erosivos severos o en condiciones de sequía.

3 *¿Necesito nuevas máquinas para implantar los sistemas de agricultura de conservación?*

La única maquinaria a adquirir sería la sembradora, manteniendo el resto de máquinas existentes en nuestra explotación. Si no se desea incurrir en este coste, existe la posibilidad de recurrir a empresas de prestación de servicios.

4 *¿Hay ayudas a la adquisición de nuevas máquinas?*

Sí. Dentro del Plan de Acción 2008-2012 de la “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012” puesto en marcha por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), existe una medida de apoyo a la migración hacia la agricultura de conservación. En esta iniciativa se pretende reducir el consumo de energía del sector agrícola y se proponen subvenciones de hasta el 40% para la compra de sembradoras directas en cultivos herbáceos. Estas ayudas dependen de cada Comunidad Autónoma, que deben tomar la decisión de incorporarlas en su territorio. También existen ayudas para la renovación del parque nacional de maquinaria agrícola, que consiste en que al achatarrar una o más máquinas automotrices antiguas nos subvencionan parte de la compra de una sembradora directa, entre otras máquinas. La ayuda depende de la potencia del tractor achatarrado, y pueden optar agricultores individuales, cooperativas y empresas de prestación de servicios.

5 *En el caso de los cultivos leñosos, ¿compite la cubierta vegetal por agua con el cultivo?*

La cubierta vegetal, siempre y cuando se controle en el momento idóneo, no competirá por agua con el cultivo, ya que se mantienen las hierbas vivas mientras el cultivo se encuentra en reposo y no requiere grandes cantidades de agua, segándose las mismas cuando los árboles salen de su letargo invernal y empiezan a evapotranspirar agua. Es más, las mejoras estructurales y el aumento en la infiltración de agua de lluvia hacen que se mejore el balance del agua en el suelo, siendo

mayor la humedad en los suelos bien manejados con cubiertas vegetales que en los labrados.

6 ¿Es obligatorio el uso de cubiertas vegetales en olivar?

La condicionalidad es de obligado cumplimiento en todas las explotaciones que vayan a percibir ayudas de la Política Agraria Común (PAC). Esta norma a nivel nacional (Real Decreto 2352/2004, de 23 de diciembre, sobre la aplicación de la condicionalidad en relación con las ayudas directas en el marco de la política agrícola común) establece que “en el caso de que se mantenga el suelo desnudo en los ruedos de los olivos mediante la aplicación de herbicidas, será necesario mantener una cubierta vegetal en las calles transversales a la línea de máxima pendiente”. No obstante, cada Comunidad Autónoma tiene competencias para matizar lo establecido por el mencionado Real Decreto.

7 Al no labrar, ¿favorecerá que el suelo se apelmace y no se airee?

Al practicar agricultura de conservación, los organismos del suelo comenzarán a proliferar y buena parte de los beneficios que aportan las labores mecánicas son alcanzados por la actividad de los seres vivos. Las lombrices, hormigas, etc., que según numerosos estudios incrementan claramente su población, realizan un importante trabajo en este sentido, ya que mueven gran cantidad de suelo y abren galerías por las que el agua puede infiltrar con facilidad, quedando el suelo perfectamente aireado. Además, las raíces de las plantas, que al no labrar quedan fijadas en el suelo, son descompuestas por los microorganismos del terreno, dejando también una serie de canales que facilitan la infiltración del agua y la aireación del mismo.

8 ¿Perjudica al medio ambiente el uso de herbicidas?

En agricultura de conservación se utilizarán herbicidas de bajo impacto ambiental y nunca por encima de la dosis autorizada. En estas condiciones y teniendo en cuenta que la vegetación que cubrirá permanentemente el suelo (viva o muerta) reduce la movilidad de agua y suelo que puedan arrastrar productos fitosanitarios, la posibilidad de que se produzcan episodios de contaminación es casi nula. En cualquier caso, no es

aconsejable realizar tratamientos en días en los que la probabilidad de precipitaciones sea alta, o con viento.

9 ¿Qué tipo de planta es la más idónea para utilizarla como cubierta vegetal en cultivos leñosos?

El abanico de posibilidades es muy amplio. En términos generales, se puede decir que la utilización de gramíneas, bien sembradas o autóctonas (seleccionadas a través de herbicidas selectivos) es una opción a tener en cuenta, dado que son muy fáciles de controlar en el momento que lo necesitemos y no se descomponen con rapidez, de forma que producen una cobertura del suelo durante todo el año.

10 ¿Es necesario sembrar todos los años la cubierta vegetal en cultivos leñosos?

No. Si se utilizan gramíneas, en el momento del control de la cubierta, se puede dejar una banda de ensemillado tapando varias boquillas de la barra de aplicación. De esta forma, las hierbas terminan su ciclo produciendo semilla que germinará con las primeras lluvias del próximo año quedando la cubierta establecida sin necesidad de realizar una nueva siembra.

11 ¿Cuándo debo comenzar a realizar siembra directa?

Lo primero que ha de quedar claro es que la implantación de cualquier sistema de agricultura de conservación comienza en la cosecha del cultivo anterior, ya que, en función del manejo de los restos vegetales que se realice en ese momento, dependerá buena parte del éxito de implantación del cultivo posterior en el sistema de conservación. Otra recomendación a tener en cuenta es que se debe comenzar con este nuevo sistema en una parte de la explotación con la finalidad de familiarizarse con el mismo y de obtener una clara idea de cuál es la maquinaria más adecuada para la explotación en cuestión y cómo erradicar químicamente las hierbas más comunes de nuestra zona.

12 ¿Notaré las mejoras en el suelo de forma inmediata?

La mejora en las propiedades físicas y químicas del suelo (incremento de materia orgánica, mejora de la estructura del suelo, aumento de la cantidad, etc.) no es evidente en pocos meses. Serán necesarios varios

ciclos de cultivo (al menos 3 ó 4) para que éstas se aprecien. Las mejoras iniciales se irán acentuando con el paso del tiempo.

13 *¿Mejora la transitabilidad en la finca la implantación de sistemas de agricultura de conservación?*

Las plantas que quedan en la superficie permiten que los vehículos puedan acceder a la parcela mucho antes tras una lluvia al implantar este sistema. Esto se debe a que la vegetación actúa como una alfombra. Además, como se mejoran las propiedades del suelo y el agua infiltra con mayor facilidad, se reducen los problemas de encharcamiento. Este aspecto es fundamental cuando urge la realización de alguna operación que ha tenido que ser detenida o retrasada por una lluvia.

14 *¿Es lo mismo “Producción Integrada” que “Agricultura de Conservación”?*

No. La producción integrada es un sistema de producción basado en la detección de determinados umbrales

para poder realizar tratamientos y en la que todas las operaciones deben ser realizadas bajo la supervisión de un técnico. La agricultura de conservación es un conjunto de técnicas que persiguen la protección del suelo.

Lo que sí podemos decir es que las técnicas de agricultura de conservación son perfectamente compatibles con la producción integrada.

15 *¿Qué ancho ha de tener la cubierta vegetal en cultivos leñosos?*

La superficie mínima a cubrir por la cubierta es aquella que protege al suelo de manera adecuada frente a los riesgos erosivos. Aunque resulta aconsejable que ocupen la mayor superficie posible, sin ser necesario que se encuentren bajo la copa del árbol, la anchura mínima exigible en la condicionalidad es de 1 m, aunque es interesante mantener como mínimo un 50% del suelo cubierto por las hierbas.

6 Marco Legislativo

La política agraria en España viene determinada en buena medida por la Política Agrícola Común (PAC). En la actualidad, las autoridades europeas muestran gran interés en la defensa del medio ambiente a través de diferentes medidas. En el caso de la agricultura, esta tendencia hacia la protección medioambiental está presente en la reforma de la PAC de 1999, momento en el que aparece el concepto de ecocondicionalidad, mediante el Reglamento 1259/1999 aprobado en el marco de la Agenda 2000 (recoge 25 medidas entre las que hay que destacar la integración de los fines medioambientales en la PAC y el desarrollo del papel de los agricultores. El objetivo es reforzar las medidas dirigidas a mantener la calidad medioambiental).

Desde la reforma de la Agenda 2000, la PAC se estructura en dos grandes pilares: la política de precios y mercados; es decir, las Organizaciones Comunes de Mercado (OCM) (pilar 1) y la política de Desarrollo Rural (pilar 2). En el actual sistema comunitario las preocupaciones medioambientales aparecen en ambos pilares fundamentalmente a través de:

- a) Condicionalidad (incluido en el pilar 1): afecta a las ayudas directas de las distintas Organizaciones Comunes de Mercado, de manera que el incumplimiento de determinados requisitos provoca una reducción o incluso la pérdida de las ayudas.
- b) Ayudas Agroambientales (incluido en el pilar 2): el agricultor se compromete a realizar unas prácticas que van más allá de las buenas prácticas agrarias habituales y a cambio recibe unos pagos adicionales.

Con esta reforma se dio un paso adelante en la búsqueda de hacer de la agricultura una actividad, no sólo respetuosa, sino también protectora del medio ambiente, y se estableció que la concesión de las ayudas de la PAC quedara supeditada al cumplimiento de toda una serie de REQUISITOS LEGALES DE GESTIÓN y de unas BUENAS CONDICIONES AGRARIAS Y MEDIO-AMBIENTALES. Es decir, las ayudas están CONDICIONADAS a realizar prácticas respetuosas con el medio ambiente y al cumplimiento de otros estándares.

Los requisitos legales de gestión se presentan en el Anexo III del Reglamento 1782/2003 del Consejo de 29 de septiembre de 2003 y son un paquete de 18 directivas y reglamentos que ya están traspuestas a la legislación española y serán condicionantes de los pagos directos. En la tabla 12 se resumen las directivas y reglamentos

que sirven de aplicación a los Requisitos Legales de Gestión. La legislación determina que sólo será necesario exigir el cumplimiento de la normativa que afecte a la explotación. Sin embargo, aunque la ayuda se conceda sólo a una parte de la explotación, han de cumplirse estas directivas y reglamentos a su conjunto.

Tabla 12. Requisitos Legales de Gestión. Anexo III del Reglamento 1782/2003

Ámbito	Cuestión	Directivas
Medio Ambiente	Protección de aguas subterráneas contra la contaminación	Directiva 80/68/CEE
	Protección del medio ambiente y, en particular de los suelos, en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura	Directiva 86/278/CEE
	Protección de aguas contra la contaminación producida por nitratos	Directiva 91/676/CEE
	Conservación de aves silvestres aplicable sólo a zonas ZEPA	Directiva 79/409/CEE
	Conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres	Directiva 92/43/CEE
Salud Pública, Zoonosidad y Fitosanidad	Comercialización de productos fitosanitarios	Directiva 92/414/CEE
	Legislación alimentaria	Reglamento (CE) nº 178/2002
	Identificación y registro de animales	Directiva 92/102/CEE Reglamentos (CE) nº 911/2004, 1760/2000 y 21/2004
	Sustancias de efecto anabolizante	Directiva 96/22/CE modificada por la Directiva 2003/74
Bienestar Animal	Protección de los animales en las explotaciones ganaderas	Directiva 98/58/CE
	Normas mínimas para la protección de terneros	Directiva 91/629/CEE
	Normas mínimas para la protección de cerdos	Directiva 91/630/CEE modificada por las Directivas 2001/88/CE y 2001/93/CE

Además de los requisitos legales de gestión anteriormente mencionados, existen otra serie de requisitos que el agricultor y el ganadero tiene que cumplir en todas las tierras agrarias y especialmente las que no se dediquen a producir. Se trata de las buenas condi-

ciones agrarias y medioambientales que aparecen en el Anexo IV del Reglamento 1782/2003 e inciden en problemas como la erosión, la materia orgánica, la estructura y los niveles mínimos de mantenimiento que impida el deterioro de los hábitats.

Tabla 13. Buenas condiciones agrarias y medioambientales. Anexo IV del Reglamento 1782/2003

Cuestión	Objetivo	Normas
Erosión del suelo	Protección del suelo mediante las medidas oportunas	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura mínima del suelo • Ordenación mínima de la tierra que refleje las condiciones específicas del lugar • Terrazas de retención
M.O. del suelo	Mantener los niveles de M.O. del suelo mediante prácticas oportunas	<ul style="list-style-type: none"> • Normas en materia de rotación en cultivos • Gestión de los rastrojos
Estructura del suelo	Mantener la estructura del suelo mediante las medidas adecuadas	<ul style="list-style-type: none"> • Utilización de maquinaria adecuada
Nivel mínimo de mantenimiento	Garantizar un nivel mínimo de mantenimiento de las tierras agrarias y evitar el deterioro de los hábitats	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles mínimos de carga ganadera o regímenes adecuados • Protección de los pastos permanentes • Mantenimiento de las características topográficas • Prevención de invasión de vegetación indeseable en terrenos de cultivo • Mantenimiento de olivares en buen estado vegetativo

Cabe resaltar la gran importancia que se da por parte de las autoridades europeas a la protección del suelo, lo que queda patente en esta lista de buenas condiciones agrarias y medioambientales, en las cuales el suelo está en primer plano en casi todos los casos.

La normativa referente a la aplicación de los Requisitos Legales de Gestión y las Buenas Condiciones Agrarias y Medioambientales se traspone a la legislación nacional a través del Real Decreto 2352/2004 de 23 de diciembre sobre la aplicación de la Condicionalidad en relación con las ayudas directas en el marco de la Política Agraria Común.

En el caso español, y dadas las muy diferentes condiciones tanto de implantación de cultivos, como climáticas, edáficas y de todo tipo existentes entre unas regiones y otras, son las Comunidades Autónomas las que tienen delegadas las competencias en materia de agricultura y son éstas las que deben detallar cuáles son las buenas condiciones agrarias y medioambientales que debe cumplir todo agricultor que vaya a percibir ayudas de la PAC en la Comunidad Autónoma correspondiente, pormenorizando lo establecido en el Real Decreto 2352/2004 anteriormente mencionado.

No obstante, se transcriben a continuación algunas normas generales en relación con las prácticas de agricultura de conservación que aparecen en el mencionado Real Decreto y que sirven de base a las diferentes Comunidades Autónomas para legislar en el ámbito de la Condicionalidad:

- Dentro de las condiciones exigibles para evitar la erosión y en relación al laboreo adaptado a las condiciones locales de pendiente se establece que: *“En las superficies que se destinen a cultivos herbáceos, no deberá labrarse la tierra en la dirección de la pendiente cuando, en el recinto cultivado, la pendiente media exceda del 10%”* y que *“No deberá labrarse la tierra en cultivos de viñedo, olivar y frutos secos en recintos con pendientes iguales o superiores al 15%, salvo que se adopten formas de cultivo especiales como bancales, cultivo en fajas, se practique un laboreo de conservación o se mantenga una cobertura de vegetación total del suelo. En caso de existencia de bancales, será obligatorio evitar cualquier tipo de labores que afecten la estructura de los taludes existentes”*.

- En relación a la cobertura mínima del suelo, también dentro de las condiciones exigibles para evitar la erosión, establece para los cultivos herbáceos que: *“En las parcelas agrícolas que se siembren con cultivos herbáceos de invierno, no se deberá labrar el suelo entre la fecha de recolección de la cosecha anterior y el 1 de septiembre, fecha que se establece como referencia del inicio de la pre-siembra.*

No obstante, para favorecer la implantación de la cubierta vegetal con cultivos herbáceos y por razones agronómicas, como las dobles cosechas, climáticas y de tipología de suelos, se podrán establecer en ciertas zonas fechas de inicio de pre-siembra más adaptadas a sus condiciones locales, así como técnicas adecuadas de laboreo”.

Y para los cultivos leñosos obliga a lo siguiente:

“En el caso de que se mantenga el suelo desnudo en los ruedos de los olivos mediante la aplicación de herbicidas, será necesario mantener una cubierta vegetal en las calles transversales a la línea de máxima pendiente.

No arrancar ningún pie del resto de cultivos leñosos de secano situados en parcelas de pendiente igual o superior al 15%, en aquellas zonas en que así se establezca, y respetar las normas destinadas a su reconversión cultural y varietal y a los cambios de cultivo o aprovechamiento”.

Por último, para las tierras de barbecho, de retirada y no cultivadas es necesario cumplir con las condiciones que se exponen a continuación:

“En las tierras de cultivo de retirada, tanto obligatoria como voluntaria, así como en las destinadas al barbecho propiamente dicho, se realizarán opcionalmente: prácticas tradicionales de cultivo, de mínimo laboreo o de mantenimiento de una

cubierta vegetal adecuada, bien sea espontánea, bien mediante la siembra de especies mejorantes. Todo ello para minimizar los riesgos de erosión, de aparición de incendios, malas hierbas, plagas y enfermedades, de conservar el perfil salino del suelo, su capacidad productiva y favorecer el incremento de la biodiversidad”.

Respecto a las políticas englobadas dentro del pilar del Desarrollo Rural, el desarrollo de las medidas agro-ambientales en España para el periodo 2007-2013 se articulan en base a los siguientes documentos:

- El Plan Estratégico Nacional, en el cual se establecen, en coherencia con las Directrices Estratégicas Comunitarias, los objetivos y prioridades de la política de Desarrollo Rural en dicho periodo.
- El Marco Nacional, el cual tiene como finalidad definir las medidas horizontales y los elementos comunes para todos los programas regionales, garantizando así la coherencia de la estrategia española de desarrollo rural en todo el territorio.

Las medidas son de aplicación horizontal. Cada una de las Comunidades Autónomas tiene en cuenta las características de sus agroecosistemas específicos regionales para su aplicación.

En la actualidad, todas las Comunidades Autónomas tienen los Programas de Desarrollo Rural aprobados por la Comisión Europea, a falta de su trasposición a la legislación autonómica en reglamentos específicos.

En la tabla 14 se relacionan las actuaciones que implican la adopción de prácticas propias de agricultura de conservación contempladas en las medidas incluidas en los Programas de Desarrollo Rural aprobadas en todas las Comunidades Autónomas. Todas ellas se incluyen dentro de las Medidas correspondientes a las Ayudas Agroambientales en el contexto del Eje 2 “MEJORA DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL ENTORNO RURAL”.

Tabla 14. Actuaciones relacionadas con la práctica de agricultura de conservación aprobadas en los planes de Desarrollo Rural Autonómicos

Comunidad Autónoma	Actuaciones	Importe de la ayuda
Andalucía	Agricultura de conservación en cultivos herbáceos en pendiente	59,04 €/ha
	Producción integrada en olivar	203,75-286,00 €/ha
	Agricultura de conservación en viñedo en pendientes pronunciadas	102,00-200,00 €/ha
	Mantenimiento del castaño	266,00-308,00 €/ha
Aragón	Mantenimiento del rastrojo	60,00-72,00 €/ha
	Cultivo de la esparceta para el mantenimiento de la fauna esteparia	82,00 €/ha
	Retirada de tierras de cultivos herbáceos de secano en zonas perilagunares de Reservas Naturales	144,20 €/ha
	Generación de corredores biológicos entre la Red Natura 2000	90,00 €/ha
Cataluña	Producción integrada	301,00-246,00 €/ha
	Agricultura racional y de conservación en el cultivo de la fruta de cáscara	218,00-407,00 €/ha
Castilla-La Mancha	Lucha contra la erosión en cultivos leñosos	139,00 €/ha
Comunidad Valenciana	Cultivo sostenible del arroz en humedales	54,12 €/ha
	Producción integrada en leñosos	159,87-387,65 €/ha
	Lucha contra la erosión y mantenimiento del paisaje con cultivos leñosos en pendientes y terrazas	180,00 €/ha
Galicia	Lucha contra la erosión en medios frágiles	60,00 €/ha (herbáceos)
		140,00 €/ha (leñosos)
País Vasco	Protección del suelo en cultivos extensivos por implantación de un cultivo intermedio en invierno previo a la siembra de primavera	144,59 €/ha
	Protección del suelo en cultivos leñosos por implantación de una cubierta dirigida	90,65 €/ha
	Mejora medioambiental de las tierras de retirada o no cultivo	99,98-110,98 €/ha
	Protección de la fauna en tierras de rotación	598,12 €/ha
Asturias	Lucha contra la erosión en medios frágiles	132,22 €/ha
	Cultivo del viñedo en terrazas	
La Rioja	Producción integrada en leñosos	185,00-240,00 €/ha
	Lucha contra la erosión en medios frágiles	135,00 €/ha

Por último, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), a través del Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, establece diferentes medidas dentro del sector agrario relacionadas con el apoyo a acciones encaminadas a la implantación de prácticas de agricultura de

conservación. Así pues, se contemplan incentivos para la migración de los sistemas convencional a sistemas de agricultura de conservación, concretamente a los sistemas de siembra directa en cultivos herbáceos a través de ayudas a la inversión para adquisición de sembradoras de siembra directa.

Bibliografía

- BROWN, L., DONALDSON, G.V., JORDAN, V.W.L. y THORNES, J.B. “*Effects and interactions of rotation, cultivation and agrochemical input levels on soil erosion and nutrient emissions*”. *Aspect of Applied Biology* 47, Rotations and Cropping Systems, 409-412. 1996.
- BLANCO, G. L. y GIL, J. “*Maquinaria utilizada en agricultura de conservación: cultivos leñosos*”. En: *Técnicas de agricultura de conservación*. Gil, J. A., Blanco, G. L., Rodríguez, A. (Ed.). pp. 135-141. 2004.
- CANTERO-MARTÍNEZ, C., OJEDA, J., ANGÁS, P. y SANTIVERI, P. “*Efectos sobre las poblaciones de lombrices: Técnicas de laboreo en suelo en zonas de secano semiárido*”. *Agricultura*. 866: 724/728. 2004.
- CHRISTENSEN, B., MONTGOMERY, J.M., FAWCETT, R.S. y TIERNEY, D. “*Best management practices for water quality*”. Conservation Technology Information Center, West Lafayette, Indiana, USA, 3 pg. 1995.
- ECAF. “*Agricultura de Conservación en Europa Aspectos Ambientales, Económicos y Políticos de la UE*”. DL: CO-1307-1999. 1999.
- GARCÍA, L., CASTRO, J., CIVANTOS, M., GONZÁLEZ, P., GIL, J., DE PRADO, J.L., HUMANES, M.D., MARTÍNEZ, A. y ORDOÑEZ, R. “*Agricultura de conservación en el olivar: cubiertas vegetales*”. Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos (Ed.). 2001.
- GIRÁLDEZ, J.V. “*Evolución de las propiedades físicas del suelo y agricultura de conservación*”. En: Gil, J.A. y De Prado, J.L. (Ed). *Agricultura de Conservación y Medidas Agroambientales*. Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos. Córdoba, 2: 9-14. 2003.
- GIL, J. y BLANCO, G.L. “*Maquinaria utilizada en agricultura de conservación: cultivos herbáceos*”. En: *Técnicas de agricultura de conservación*. Gil, J. A., Blanco, G. L., Rodríguez, A. (Eds.). pp. 127-133. 2004.
- GONZÁLEZ, E., HERNANZ, J.L. y GIL, J. A. “*Maquinaria específica para agricultura de conservación. Las sembradoras directas*”. Federación Europea Agricultura de Conservación, Asociación Agraria Jóvenes Agricultores de Sevilla (Ed.). 2007.

- GONZÁLEZ, E., MARTÍNEZ, F., GÓMEZ, E., MÁRQUEZ, F., VEROZ, O. y GIL, J. “*Preserving European Environment through Conservation Agriculture*”. 4th World Congress on Conservation Agriculture. New Delhi. India. 2009.
- HERNANZ-MARTOS, J.L. y SÁNCHEZ-GIRÓN, V. “*Utilización de la energía en diversos sistemas de laboreo. Agricultura de Conservación: Fundamentos Agronómicos, Medioambientales y Económicos*”. Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos (Ed.). 1997.
- HOLGADO, A. “*La agricultura de conservación. Un sistema de producción sostenible en el marco de la red natura 2000 y la política agrícola común*”. Federación Europea Agricultura de Conservación, Asociación Agraria Jóvenes Agricultores de Sevilla (Ed.). 2006.
- HOLGADO, A. y GONZÁLEZ, E. J. “*La agricultura de conservación en cultivos herbáceos. Cubiertas vegetales*”. Federación Europea Agricultura de Conservación, Asociación Agraria Jóvenes Agricultores de Sevilla (Ed.). 2007.
- HOLGADO, A., GONZÁLEZ, E. J., GÓMEZ, M. R., MÁRQUEZ, F. y BLANCO, G.L. “*Manual técnico de agricultura de conservación en Métodos de producción agraria compatibles con el medio ambiente: Lucha contra la erosión y agricultura de conservación*”. Universidad de Córdoba, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos (Ed.). 2008.
- HOLGADO, A. y ROBLES, J. F. “*La agricultura de conservación en cultivos herbáceos*”. Federación Europea Agricultura de Conservación, Asociación Agraria Jóvenes Agricultores de Sevilla (Ed.). 2006.
- LÓPEZ, F., CANTERO, C., FEDERES, A., GARCÍA, GONZÁLEZ, P., HERNANZ, J. L., MARTÍNEZ, A., DE PRADO, J. L. y TRAPERO, A. “*Agricultura de conservación en cultivos anuales*”. Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos (Ed.). 1998.
- MÁRQUEZ, F., GIRÁLDEZ, J.V., REPULLO, M.A., ORDÓÑEZ, R., ESPEJO, A.J. y RODRÍGUEZ, A. “*Eficiencia de las cubiertas vegetales como método de conservación de suelo y agua en olivar*”. VII Simposio del Agua en Andalucía. Baeza (España). pp. 631-641. 2008.
- MÁRQUEZ, F., GIL, J., ORDÓÑEZ, R., GONZÁLEZ, E. y CARRASCO, E. “*Introducción a la Agricultura de Conservación. La Sinergia entre Agricultura y Medio Ambiente*”. AEAC/SV (Ed.). Ficha técnica. 2009.
- REAL DECRETO 2352/2004, de 23 de diciembre, sobre la aplicación de la condicionalidad en relación con las ayudas directas en el marco de la política agrícola común. BOE número 309. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 24 de diciembre de 2004.
- ORDÓÑEZ-FERNÁNDEZ, R., GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, P., GIRÁLDEZ-CERVERA, J.V. y PEREA-TORRES, F. “*Soil properties and crop yields after 21 years of direct drilling trials in southern Spain*”. Soil and Tillage Research 94: 47-54. 2007.
- ORDÓÑEZ, R., GIL, J., VEROZ, O., ROMÁN J. y CARBONELL, R. “*Estudio bibliográfico sobre la captación de carbono atmosférico mediante el empleo de técnicas de Agricultura de Conservación y reducción de las emisiones de CO₂*”. En Métodos de Producción Agraria compatibles con el Medio Ambiente: Lucha contra la Erosión y Agricultura de Conservación. Informe Final. Gil, J.; Ordóñez, R.; Ayuso, J.; Veroz, O.; González, E. (Ed.). pp 57-112. 2008.
- TOWERY, D. “*No-till’s impact on water quality, p-17-26*”. In 6th Argentine National Congress of Direct Drilling (Aapresid), Mar de Plata, Argentina, p.17-26. 1998.

Títulos publicados de la serie
*Ahorro y Eficiencia Energética
en la Agricultura:*

Nº Especial: *Consumos Energéticos en las Operaciones Agrícolas en España.* 2005

Tríptico promocional: *Medidas de Ahorro y Eficiencia Energética en la Agricultura.* 2005

Nº 1: *Ahorro de Combustible en el Tractor Agrícola.* 2005

Nº 2: *Ahorro y Eficiencia Energética en Agricultura de Regadío.* 2005

Nº 3: *Ahorro y Eficiencia Energética en Instalaciones Ganaderas.* 2005

Nº 4: *Ahorro, Eficiencia Energética y Sistemas de Laboreo Agrícola.* 2006

Nº 5: *Ahorro, Eficiencia Energética y Estructura de la Explotación Agrícola.* 2006

Nº 6: *Ahorro, Eficiencia Energética y Fertilización Nitrogenada.* 2007

Nº 7: *Ahorro y Eficiencia Energética en Invernaderos.* 2008

Nº 8: *Protocolo de Auditoría Energética en Invernaderos. Auditoría energética de un invernadero para cultivo de flor cortada en Mendigorriá.* 2008

Nº 9: *Ahorro y Eficiencia Energética en las Comunidades de Regantes.* 2008

Nº 10: *Protocolo de Auditoría Energética en Comunidades de Regantes.* 2008

Nº 11: *Ahorro y Eficiencia Energética en los Cultivos Energéticos y Agricultura.* 2009

Nº 12: *Ahorro y Eficiencia Energética con Agricultura de Conservación.* 2009

IDAE Instituto para la
Diversificación y
Ahorro de la Energía

c/ Madera, 8 - 28004 Madrid
Tel.: 91 456 49 00. Fax: 91 523 04 14
comunicacion@idae.es
www.idae.es



P.V.P.: 8 € (IVA incluido)