

FICHA TÉCNICA Nº2

TÉCNICAS AGRARIAS SOSTENIBLES MITIGADORAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN



TÉCNICAS AGRARIAS SOSTENIBLES MITIGADORAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN





5

PRÓLOGO

6

**¿QUÉ ES LA
AGRICULTURA DE
CONSERVACIÓN?**

7

**TÉCNICAS DE
AGRICULTURA
DE
CONSERVACIÓN
EN CULTIVOS
HERBÁCEOS:
LA SIEMBRA
DIRECTA**

8

**PUESTA EN
PRÁCTICA DE LA
SIEMBRA DIRECTA:
UN PROCESO EN
CINCO PASOS**



14

**CLAVES DEL
POTENCIAL
MITIGADOR DE LA
AGRICULTURA DE
CONSERVACIÓN
FRENTE
AL CAMBIO
CLIMÁTICO**

19

**LA AGRICULTURA
DE
CONSERVACIÓN:
¿CÓMO SE
REALIZA EL
SECUESTRO DEL
CO₂?**

21

**LA AGRICULTURA
DE
CONSERVACIÓN:
¿CÓMO REDUCE
LAS EMISIONES DE
CO₂?**

27

BIBLIOGRAFÍA



EDITA

Asociación Española Agricultura de Conservación. Suelos Vivos (AEAC.SV)

COORDINACIÓN GENERAL

Emilio J. González Sánchez (AEAC.SV), Jesús A. Gil Ribes (Universidad de Córdoba),
Rafaela Ordóñez Fernández (IFAPA)

TEXTOS

Rosa M^a Carbonell Bojollo (IFAPA), Óscar Veroz González (AEAC.SV)

Esta ficha ha sido realizada en el marco del proyecto Life + AGRICARBON: Agricultura sostenible
en la aritmética del carbono (LIFE08/ENV/E/000129)

Depósito Legal:

ISBN: 978-84-695-2698-9

PRÓLOGO

Desde el siglo XVII, las causas más importantes del aumento de CO_2 en la atmósfera han sido, en primer lugar, la descomposición de la materia orgánica en el suelo y la combustión de grandes zonas arboladas asociadas a la conversión de grandes extensiones de bosques en suelos agrícolas, y en segundo lugar, la combustión de combustibles fósiles (Greenhouse Gas Working Group. 2010).

A lo largo del siglo XXI se espera que los aumentos en la concentración de los gases de efecto invernadero y sus consecuencias sobre el cambio climático tengan una mayor relevancia. Haciendo referencia a los principales gases, la previsión en el incremento de emisiones de NO_2 será de entre el 35 y el 60 % en 2030 debido al aumento del empleo de fertilizantes nitrogenados (FAO. 2003). Asimismo Mosier y Kroeze (2000) y US-EPA (2006) estiman aumentos del 50 % para el año 2020 (en lo que concierne a 1990). Con respecto a la emisiones de CH_4 , se espera que aumenten hasta el 60 % hacia 2030 (FAO. 2003).

Los datos que elevan las emisiones de CO_2 hacia 2030 son más inciertos, pero, según US-EPA (2006), se ha estimado que durante las décadas 2000-2010 y 2010-2020 el aumento será del 13%, asumiendo una proporción similar (el 10-15%) para 2020-2030.

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

Desde el sector agrario, es posible acometer medidas de mitigación, capaces de compatibilizar perfectamente el cuidado del medio ambiente con el fin productivo y económico que persiguen los agricultores. Una de estas medidas es la Agricultura de Conservación, cuya práctica permite aportar su grano de arena a la ardua tarea de mitigar los efectos del cambio climático a través de diversos mecanismos que van a tratarse en la presente ficha técnica, como la reducción de emisiones y de la potenciación del efecto sumidero en los ecosistemas agrarios, sin que por ello se vea comprometida la viabilidad de las explotaciones agrarias.

Rafaela Ordóñez Fernández
Responsable IFAPA Proyecto Life + AGRICARBON
IFAPA. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN?

Existen muchas técnicas de manejo que de manera individualizada protegen al suelo frente a la erosión, otras que promueven la biodiversidad en los agroecosistemas, otras que favorecen una mayor disponibilidad de agua para el cultivo, pero a la hora de valorar sistemas de manejo que de forma integral, incluyan técnicas de cultivo cuyo objetivo y puesta en práctica, además de tener beneficios medioambientales como la conservación y mejora de los recursos suelo y agua, contribuya a mitigar el Cambio Climático y además sea viable desde el punto de vista agronómico y económico, la Agricultura de Conservación destaca sobre las demás.

La Agricultura de Conservación (AC) se puede definir como un sistema de producción agrícola sostenible que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las exigencias del cultivo y a las condiciones locales de cada región, cuyas técnicas de cultivo y de manejo de suelo lo protegen de su erosión y degradación, mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyen a la preservación de los recursos naturales agua y aire, sin menoscabo de los niveles de producción de las explotaciones.

- Las prácticas agronómicas englobadas en los sistemas de AC se fundamentan básicamente en tres principios:
- Mínima alteración del suelo.
- Cobertura permanente del suelo, ya sea con una cubierta viva o una cubierta inerte.
- Realización de rotaciones de especies en explotaciones de cultivos anuales, aconsejable en la mayoría de los casos.

Todas estas técnicas tienen como resultado un beneficio claro para los ecosistemas agrarios en particular y el medioambiente en general, que se resumen en la siguiente tabla:

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
	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
	Mayor capacidad de retención de agua
	Menor riesgo de inundaciones

Ante semejante exposición de beneficios, pocos agricultores se opondrían a adoptar este sistema de manejo en su explotación, pero lo cierto es que no termina siendo así. Lo que marca en primer término el grado de adopción de estas prácticas, cuya modificación más notable respecto a la práctica convencional es la supresión del laboreo del suelo, no son las dificultades técnicas que su implantación y desarrollo conlleva. Según la FAO (2003), es la mentalidad del agricultor frente a este cambio de filosofía lo que frena su definitiva implantación: “El agricultor convencional cree que labrar el suelo suministra beneficios a la explotación y de hecho, incrementaría dicho laboreo si fuera económicamente posible. Por otra parte, el agricultor conservacionista cuestiona la necesidad del laboreo en primera instancia y se siente incómodo cuando la realiza”.

TÉCNICAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN CULTIVOS HERBÁCEOS: LA SIEMBRA DIRECTA

La siembra directa y el mínimo laboreo en cultivos herbáceos y las cubiertas vegetales en cultivos leñosos son los principales exponentes de las prácticas de AC, estando especialmente implantadas en cereales de invierno (cebada y trigo), cereales de primavera (maíz), leguminosas dentro de una rotación con cereales (guisante, veza) y oleaginosas (girasol) en el primer caso y en olivar, cítricos y almendros en el segundo caso.

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

PUESTA EN PRÁCTICA DE LA SIEMBRA DIRECTA: UN PROCESO EN CINCO PASOS

Con la cautela que implica el hecho de que en la agricultura no existen recetas mágicas que garanticen el éxito de la implantación de un sistema de manejo en un cultivo, nos proponemos dar a continuación unas pautas generales de lo que en esencia significa poner en práctica la siembra directa. Con estas indicaciones simplemente se pretende facilitar los pasos básicos que ha de seguir cualquier agricultor interesado en iniciarse en esta técnica, sin que ello no signifique que deba afrontar los retos que de por sí implica un cambio de filosofía en el manejo del suelo y un cambio de mentalidad en el individuo.

1 COSECHA ANTERIOR

La gestión de los restos vegetales es una operación fundamental para el éxito de la implantación de la siembra directa, siendo esencial realizar una distribución homogénea de la paja sobre el suelo, es por ello que este sistema de manejo se considera que comienza en la cosecha del cultivo anterior.

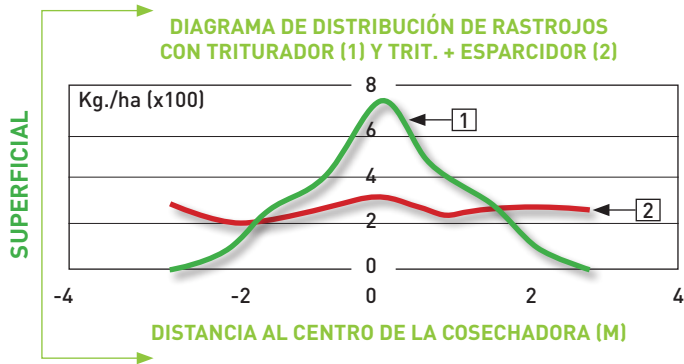
Para ello es recomendable en la mayoría de los casos que cuando coseche esparza el rastrojo, siendo la manera más económica y eficaz ejecutarlo en la recolección mediante implementos instalados en la cosechadora.

Dependiendo del tipo de sembradora a utilizar en la operación de siembra, será más o menos adecuado picar el rastrojo. Así, algunas experiencias demuestran que si la sembradora que se va a utilizar tiene un sistema de apertura de surco de discos, es mejor no picar, mientras que si el sistema de apertura es de reja, es aconsejable el picado de la paja.

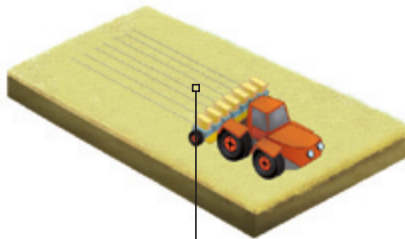
Un error muy común en el manejo de los restos vegetales es dejar que éstos queden acumulados en franjas, lo que provoca que el suelo que hay por debajo permanezca más húmedo y más frío, limitando el crecimiento del cultivo en siembras tempranas. Por otro lado, una distribución irregular del rastrojo, puede dar lugar a un establecimiento desigual del cultivo, ya que al regular la sembradora para una profundidad determinada, se corre el riesgo de que en las zonas de mayor acumulación de rastrojo, la semilla no se implante correctamente dando lugar a una reducción de la emergencia en el cultivo.



VEGETALES CANTIDAD, CALIDAD Y DISTRIBUCIÓN



correcto



SIEMBRA UNIFORME

A

Al momento de **sembrar**, el rastrojo mantiene una distribución regular en la parcela.

B

De esta manera, el tren de siembra realiza su tarea sobre una superficie uniforme.

C

Así, asegura que la semilla sea sembrada a **profundidad uniforme** de acuerdo a cada cultivo.

incorrecto



SIEMBRA NO UNIFORME

A

El desnivel de los rastrojos en la parcela es copiado por el tren de siembra, ajustado para sembrar a la profundidad determinada y que no puede corregir.



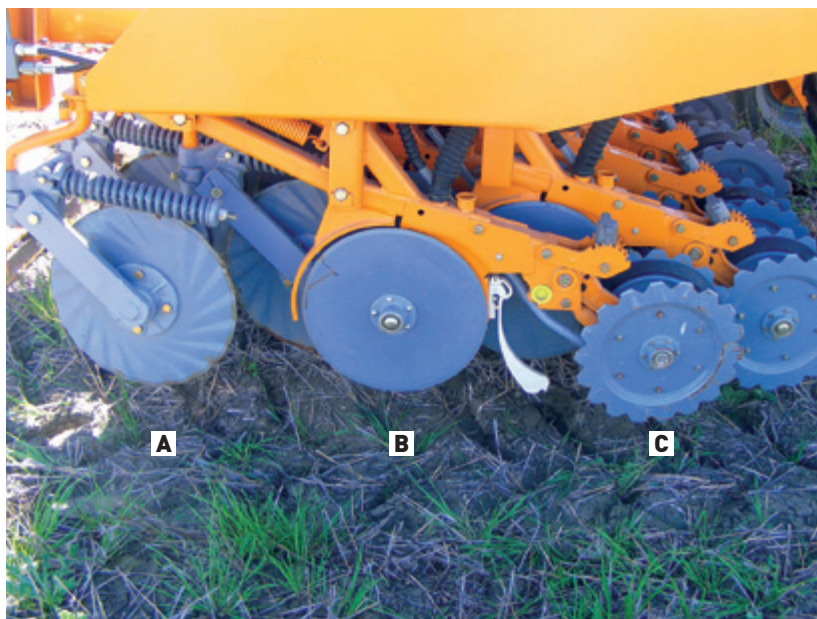
Otros problemas asociados con una mala distribución de los rastrojos vegetales son:

- Insuficiente control de malas hierbas por la interceptación de los herbicidas.
- Efectos alelopáticos (productos químicos o toxinas procedentes de plantas relacionadas que pueden inhibir la germinación o el crecimiento).
- Aumento de las plagas (insectos y roedores).
- Mayor concentración de semillas de malas hierbas.
- Mala absorción de los nutrientes por las plantas.

2 BARBECHO QUÍMICO

En siembra directa, el rastrojo contribuye a conservar y acumular agua en el perfil y a controlar la erosión. El tiempo entre un cultivo y otro se denomina barbecho. Durante este periodo, el control de malezas en siembra directa se ha de realizar mediante la utilización de herbicidas no residuales, autorizados para esos usos, antes de que la vegetación esté muy desarrollada. Esto es lo que denominamos el barbecho químico.

Así, el suelo ha de mantenerse libre de flora adventicia hasta la fecha de siembra, para lo que utiliza normalmente glifosato, a dosis entre 1,3 y 2 l/ha, mezclando con algún herbicida hormonal contra especies de hoja ancha como mcpa, 2-4 d, etc, a dosis de 0,5 a 0,75 l/ha.



3 SIEMBRA

Después de preparar la cama de siembra, el paso siguiente consiste en sembrar el cultivo. Las sembradoras para siembra directa difieren en su diseño y estructura de las sembradoras empleadas para laboreo convencional al realizarse la siembra sobre un suelo cubierto de restos vegetales. Así pues, el tren de siembra dispone de varios dispositivos para el correcto alojamiento de la semilla en el suelo. Por lo general, una sembradora de siembra directa dispone de un elemento separador y/o cortador de los restos vegetales (A), constituidos por discos, un dispositivo abre surco, al que va acoplado un tubo por el que descende la semilla (B) detrás de “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. Por último, y para el tapado del surco de siembra, se disponen de ruedas compactadoras al final del tren de siembra (C).

Para efectuar una correcta siembra es aconsejable realizar, previo a esta operación, un breve análisis de las condiciones del suelo a las que nos enfrentamos y regular convenientemente la sembradora en base a ello. Al contrario que en los sistemas de manejo basados en el laboreo, en el que se labra el suelo para que éste esté en las mismas condiciones para la siembra campaña tras campaña, en la Siembra Directa nos podemos encontrar con que las características del terreno de una campaña a otra difiera, teniendo que ajustar de manera periódica de un año a otro, la profundidad de siembra y variar levemente la dirección de la besana.

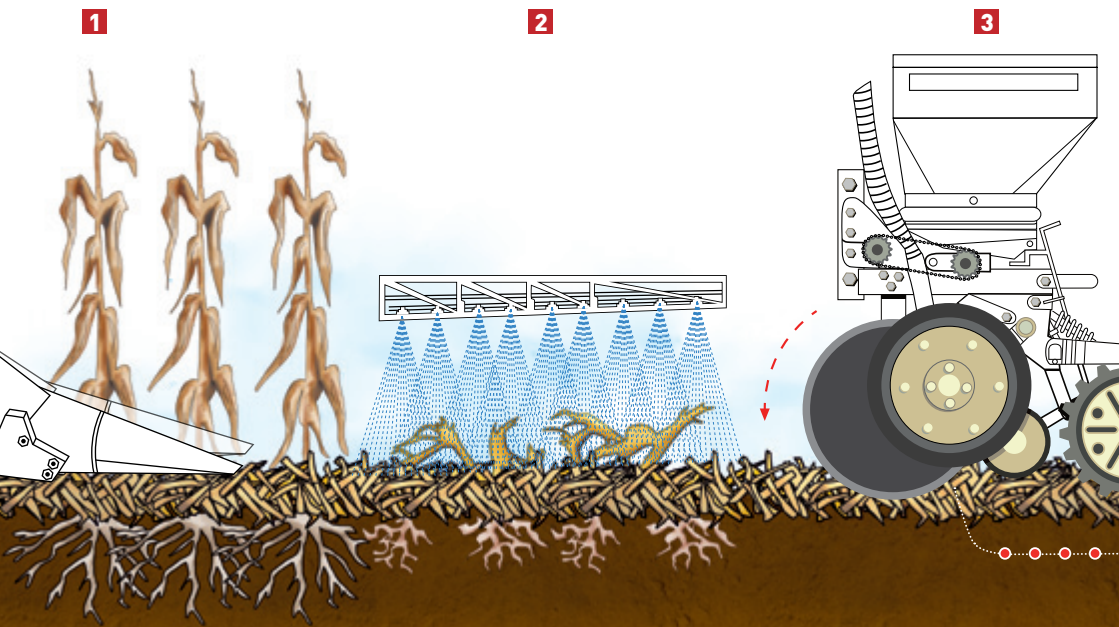
En general, para realizar una correcta siembra, las sembradoras directas han de reunir las siguientes características:

- Peso suficiente para atravesar los restos vegetales.
- Capacidad de abrir un surco lo suficientemente ancho (varios cm) y profundo (4-6 cm) para albergar adecuadamente la semilla.
- Rigidez y resistencia de sus elementos para soportar las mayores cargas.
- Posibilidad de regular la dosificación y esparcimiento de semillas de distinto tamaño para asegurar su adecuado recubrimiento.
- Poder modificar su configuración para adaptarse a diferentes cultivos y aceptar la inclusión de elementos de abonado y tratamientos para así tener la opción de fertilizar de manera localizada al mismo tiempo que se siembra.
- Los tractores a utilizar con las sembradoras directas deberán tener en términos generales unos 100-120 CV de potencia. Dicha exigencia no viene impuesta por la fuerza requerida para la tracción o tiro, sino por el peso de la sembradora, el cual puede crear problemas en el elevador y de estabilidad en las pendientes y en virajes, sobre todo en máquinas suspendidas. En ocasiones, es necesario el uso de tractores de más de 140 CV.

4 CONTROL DE MALAS HIERBAS

Una vez que el cultivo ha nacido satisfactoriamente, es conveniente seguir su desarrollo regularmente para tomar las decisiones oportunas sobre el control fitosanitario.

Es probable que durante los primeros estados de desarrollo del cultivo vuelvan a aparecer malas hierbas, por lo que la mayoría de los cultivos necesitarán otra aplicación en post-emergencia para el control de gramíneas autóctonas (hoja



estrecha), plantas dicotiledóneas (hoja ancha) o ambas. Esta aplicación suele ser similar a la que se realiza en cultivos implantados bajo un sistema de manejo basado en el laboreo del suelo.

En el caso del girasol, después de la siembra, ha de aplicarse un herbicida de preemergencia para prevenir germinaciones de malas hierbas antes del que el cultivo quede bien establecido.

No ha de tomarse estas pautas como algo fijo a repetir campaña tras campaña, el programa de control mediante herbicidas debe basarse en una inspección de las parcelas del terreno en las que se constate las infestaciones (especies y desarrollo de las mismas). Así, en parcelas con escasas incidencias de malas hierbas, posiblemente sea recomendable sólo el uso de herbicidas totales, sin necesidad de aplicar herbicidas residuales y de post-emergencia.

Un buen sistema de control de malas hierbas es la implantación de rotaciones de cultivos. Ciertas especies son más fáciles de controlar con un cultivo que con otro. Así, las malas hierbas gramíneas se controlan mejor con algodón o girasol que con maíz y trigo. De igual manera, las malas hierbas crucíferas se controlan peor con colza y girasol que con los cereales de invierno.

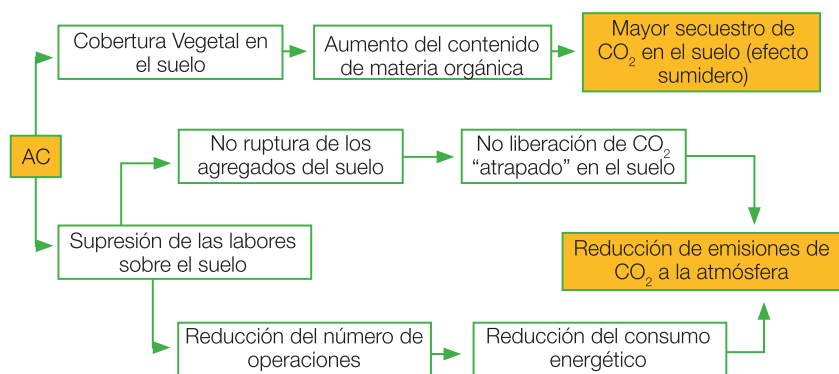
5 NUEVA COSECHA

Una vez termina el ciclo del cultivo, se cierra el círculo cosechando y evaluando la marcha del año agrícola, de cara a la toma decisiones respecto a la estrategia a seguir en la fertilización y en el manejo de malas hierbas que ha de realizarse en la siguiente campaña. De esta manera será más fácil solventar los inconvenientes surgidos y superar las dificultades que se hayan podido dar a lo largo del desarrollo y puesta en práctica de la técnica de siembra directa.



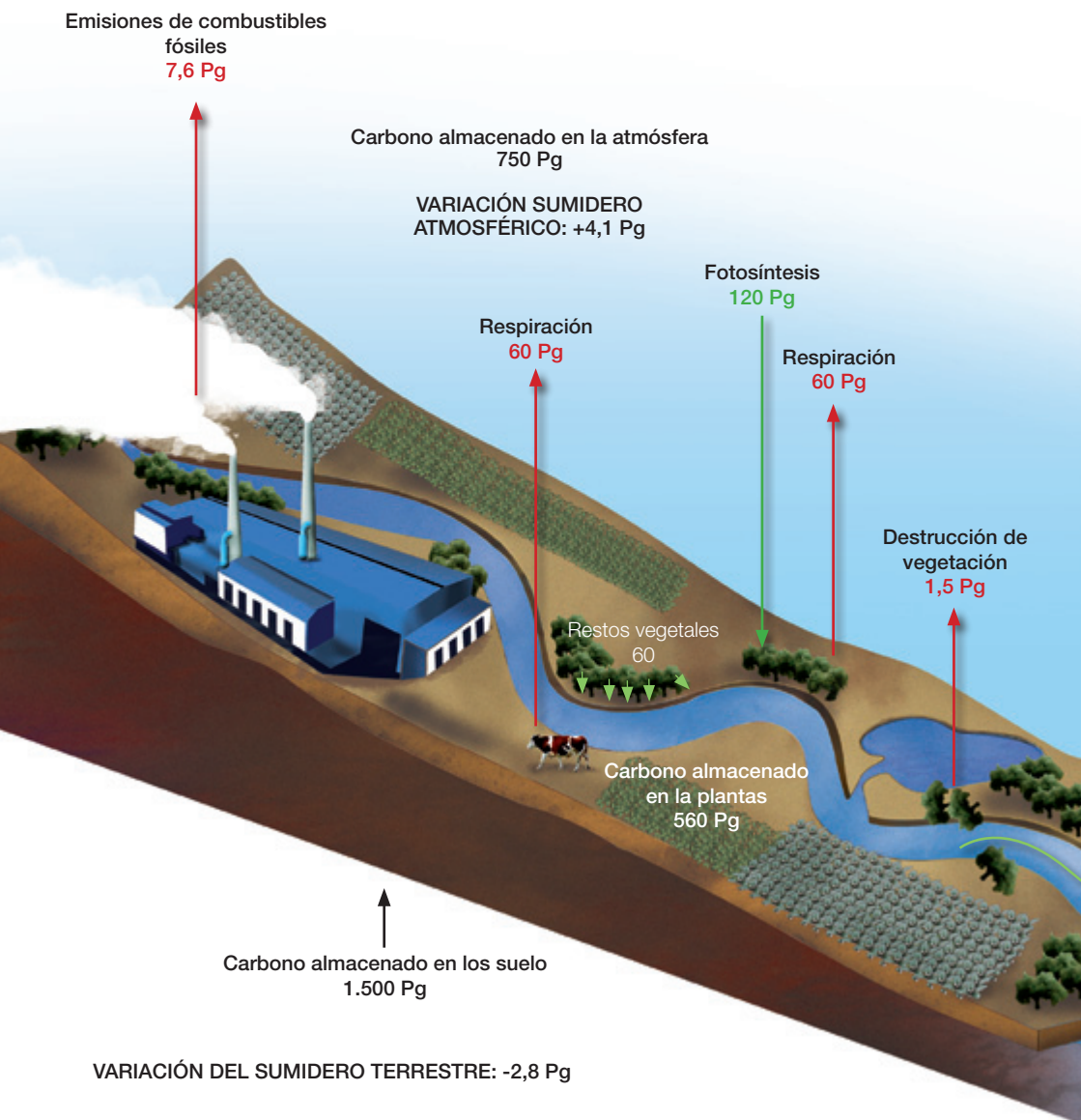
CLAVES DEL POTENCIAL MITIGADOR DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Dentro de los beneficios medioambientales que la puesta en práctica de la AC tiene, vamos a abordar en esta ficha de manera particular los procesos que se desencadenan en relación con la mitigación del Cambio Climático, distinguiendo entre los mecanismos que promueven el secuestro del Carbono atmosférico en el suelo y aquellos que reducen las emisiones de CO_2 a la atmósfera.



Para entender de qué manera ocurre todo ello, es necesario explicar brevemente el ciclo del carbono en la naturaleza y de los mecanismos de intercambio del CO_2 entre el suelo y la atmósfera (emisión y secuestro). Dichos mecanismos, pueden verse potenciados a su vez por determinadas prácticas agrícolas, haciendo que los procesos emisores aumenten debido a un alto consumo energético o a una significativa alteración mecánica del suelo por acción del laboreo, o por el contrario favorezcan el secuestro de CO_2 en el suelo, a través del aumento de la materia orgánica incrementando así su efecto sumidero.



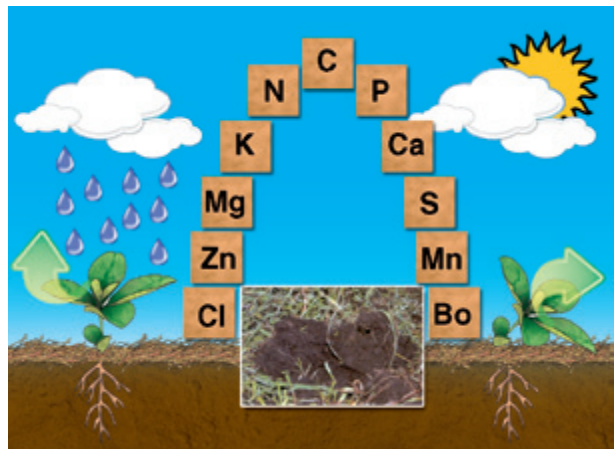
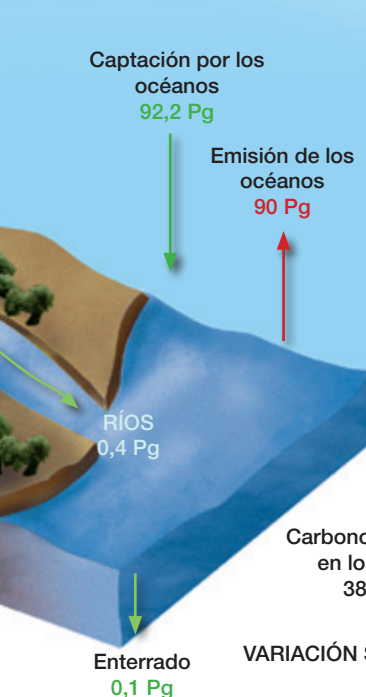


EL CICLO DEL CARBONO

El ciclo del carbono se puede definir como un proceso biogeoquímico a través del cual se puede intercambiar carbono entre la biosfera, la litosfera, la hidrosfera y la atmósfera de la tierra. El conocimiento de este ciclo nos hace posible estudiar la intervención que el hombre tiene sobre el cambio climático.

En el planeta Tierra, el carbono circula a través de los océanos, de la atmósfera y de la superficie y el interior terrestre. De ese modo, como puede apreciarse en la imagen, existen cuatro grandes reservorios o sumideros de carbono, la atmósfera, la tierra, los océanos y los combustibles fósiles. El océano sería el sumidero más grande de carbono cerca de la tierra.

Los elementos más abundantes en el Universo son por orden el hidrógeno, el helio, el oxígeno y en cuarto lugar el carbono. Este último interviene en muchos procesos edafológicos y tiene una relación directa con las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Se podría decir que es el pilar de la vida que conocemos.



Fuente: Reicosky, 2003.

La presencia en el suelo de una elevada cantidad de carbono orgánico, genera en el mismo una serie de beneficios tanto a nivel físico, químico y biológico como las que se detallan a continuación:

- Mejora de la estructura del suelo. Como consecuencia se reduce la erosión.
- Menor compactación del suelo. Mejora el laboreo.
- Mejora la infiltración del agua, con lo que la escorrentía disminuye.
- Incremento de la actividad biológica.
- Reducción de la aportación de fertilizantes
- Incremento de la diversidad de la microflora.
- Incrementa la adsorción de fitosanitarios.
- Incrementa la capacidad para manejar abonos y otros productos.

y sobre todo a nivel medioambiental:

- Disminuye la contaminación del aire

EL SECUESTRO DE CARBONO

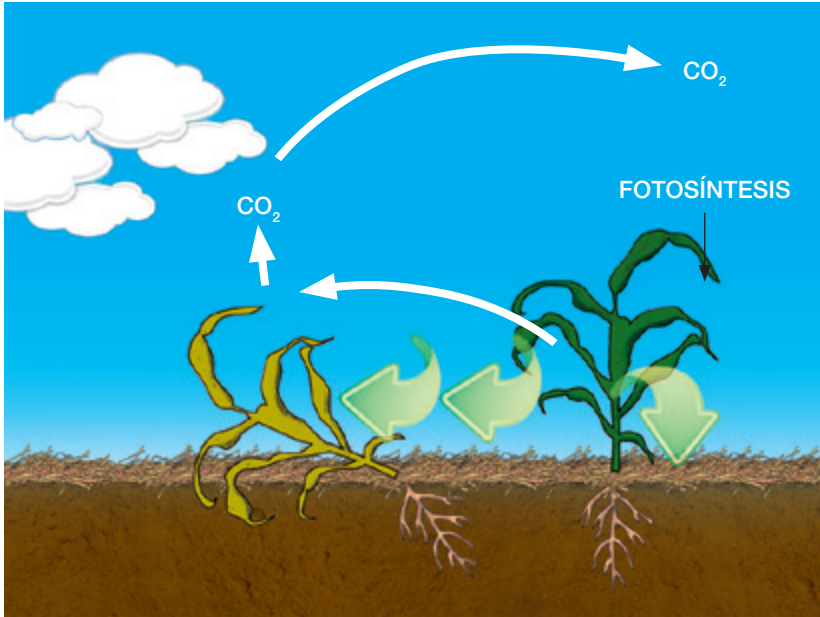
Se define como el proceso de transformación del carbono del aire a carbono orgánico almacenado en el suelo.

Las plantas en su ciclo vital capturan el CO_2 de la atmósfera durante la fotosíntesis. Este proceso consiste en la transformación del carbono gaseoso en carbono orgánico y la incorporación del mismo a los tejidos vegetales que conforman su estructura. En su desarrollo la planta toma del suelo el agua y los nutrientes y de la atmósfera toma el CO_2 por intercambio gaseoso (Johnson et al. 2007). Cuando la planta muere o bien cuando se recoge una cosecha y dejamos las partes no aprovechables (tallos, hojas, etc) sobre la superficie del suelo, se produce un proceso de descomposición realizado por diversos organismos presentes en el mismo que transforman dichos restos en materia orgánica del suelo. Esta materia orgánica constituye en sí misma un sumidero de carbono.

A medida que los niveles en carbono orgánico en el suelo aumentan, los niveles de dióxido de carbono atmosférico pueden verse reducidos.

Si el carbono orgánico del suelo no es alterado, puede permanecer en el suelo por muchos años como materia orgánica estable. Este carbono fijado proviene del secuestrado o removido del sumidero disponible para ser reciclado en la atmósfera. De esta forma se pueden reducir los niveles de CO_2 en el aire, disminuyendo las probabilidades de calentamiento global.

En general, las prácticas de manejo que incrementan el carbono orgánico del suelo también reducen la erosión del mismo y mejoran los recursos naturales.



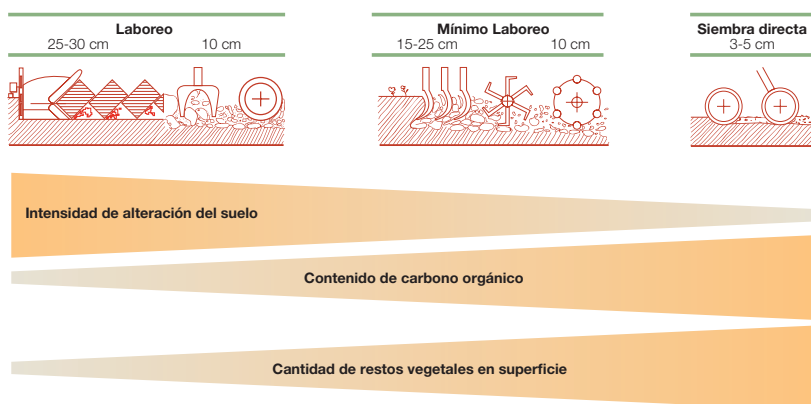
Aunque la agricultura normalmente es excluida de los planes de regulación ambientales, su capacidad para compensar las emisiones de los gases de efecto invernadero provenientes de diversas fuentes, hace posible que juegue un importante papel en las políticas sobre el cambio climático (Claassen et al. 2009).

LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN: ¿CÓMO SE REALIZA EL SECUESTRO DEL CO_2 ?

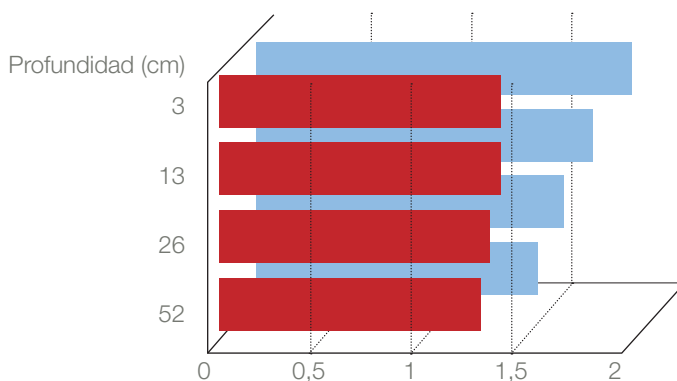
La AC, al dejar los restos vegetales de las cosechas en superficie, introduce algunos cambios importantes de la dinámica de C en el suelo favoreciendo su secuestro. La combinación de los restos de cosecha sobre la superficie y la no alteración mecánica del suelo produce como resultado directo una reducción de la tasa de descomposición de los mismos; una disminución en la mineralización de la materia orgánica de suelo debido a una menor aireación y también a una menor accesibilidad de los microorganismos, provocando finalmente a un aumento en el contenido de carbono en el suelo (Balota et al. 2004., Ordóñez et al. 2008).

Además, una parte importante de esta materia orgánica humificada superficial, es incorporada hacia el interior del suelo por las lombrices, cuya población se ve muy favorecida por la AC (Cantero et al., 2004; Bescansa et al., 2005).

Todo ello supone que, en suelos con cultivos bajo AC en los que no se realizan operaciones de laboreo, se absorbe y almacena más carbono, que previamente había sido fijado en la planta gracias a la fotosíntesis, sintetizando más materia orgánica, lo que a largo plazo aumenta su capacidad productiva, y al mismo tiempo disminuye el CO_2 que se libera a la atmósfera.



Así pues, en una experiencia realizada en la Estación Experimental de Tomejil localizada en la Vega de Carmona (Sevilla), se realizó un ensayo de larga duración que comenzó en el año 1982. En este ensayo se dispusieron parcelas bajo las técnicas de la AC y otras manejadas basadas en un laboreo sobre el suelo. Tras casi 20 años de ensayo se pudo comprobar el aumento experimentado en las parcelas de siembra directa en cuanto al contenido de carbono orgánico en todas las profundidades estudiadas que oscilaron desde los 3 hasta los 52 cm. Estos aumentos se pueden observar en la siguiente figura.



Asimismo, la AC tiene un efecto positivo sobre las comunidades microbianas del suelo que son las responsables de la descomposición de esos residuos en superficie (Deng y Tabatabai, 1997; Montero y Sagardoy, 2001). Esto se traduce en incrementos en los contenidos en carbono microbiano.

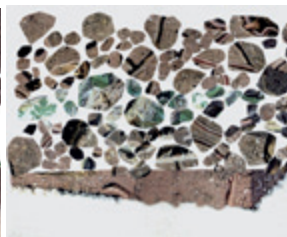
Existen estudios que avalan estas conclusiones. Concretamente Montero (2001) realizó un estudio para poder evaluar los niveles de microorganismos en un suelo cuando se implantan las técnicas de AC. Para ello utilizó unos suelos que se encontraban bajo siembra directa desde hacía 9 años y en los que se cultivaba maíz y soja respectivamente. Obtuvo resultados de **aumento en el carbono microbiano de hasta un 219% a los 2 años de haber comenzado el estudio e incrementos del 28% y del 12% en el contenido de materia orgánica** para cada uno de los suelos. Estos resultados muestran la respuesta de las comunidades microbianas al incremento en el contenido de carbono que se produce como consecuencia de la aplicación de las técnicas de siembra directa (Kandeler et al., 1999a, 1999b).



Suelo antes de una labor primaria



Suelo después de una labor primaria



Suelo después de una labor secundaria

LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN: ¿CÓMO REDUCE LAS EMISIONES DE CO₂?

La reducción drástica del número de labores junto con la no alteración mecánica del suelo que se dan en la AC supone una disminución de las emisiones de CO₂ derivada de la reducción de los procesos de mineralización de la materia orgánica y del ahorro energético.

Cuando un suelo es sometido a algún tipo de operación que signifique la alteración de su perfil, emite un flujo de CO₂ a la atmósfera. Esta emisión comienza inmediatamente después de realizar la operación y continúa durante un período de tiempo.

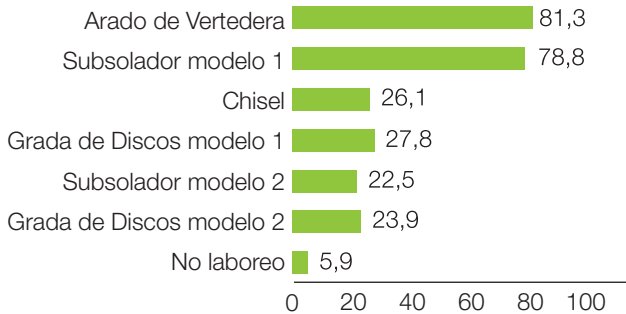
Así analizada, la agricultura puede ser vista (y de hecho lo es) como una actividad netamente emisora de CO₂. Al labrar el suelo, se promueve por un lado una oxigenación violenta y además deja expuesta fracciones lábiles de la materia orgánica a la acción de la biomasa microbiana (La Scala et al. 2008). Y, si bien es



cierto que parte de ese carbono vuelve a través de los rastrojos, el balance final de C en el suelo es negativo.

Esto provoca una disminución de los contenidos de materia orgánica, la cual se pierde en forma de CO_2 a la atmósfera, con resultados negativos para la productividad del suelo y para el ambiente.

En trabajos de investigación llevados a cabo en Estados Unidos, (Reicosky et al. 2007), se evaluaron los efectos a corto plazo que, sobre las emisiones de CO_2 , tenían dos sistemas de manejo de suelo, uno de ellos basado en la utilización del arado de vertedera y otro bajo siembra directa. Las investigaciones dieron como resultado una mayor emisión tanto a corto como a medio plazo, de las parcelas labradas con respecto a las parcelas bajo siembra directa, con valores que fueron desde **emisiones 3,8 veces superiores a las cuantificadas en siembra directa cuando la labor realizada fue más superficial (10 cm) hasta emisiones 10,3 veces mayores que las medidas en siembra directa en el caso de labores más profundas (28 cm).**

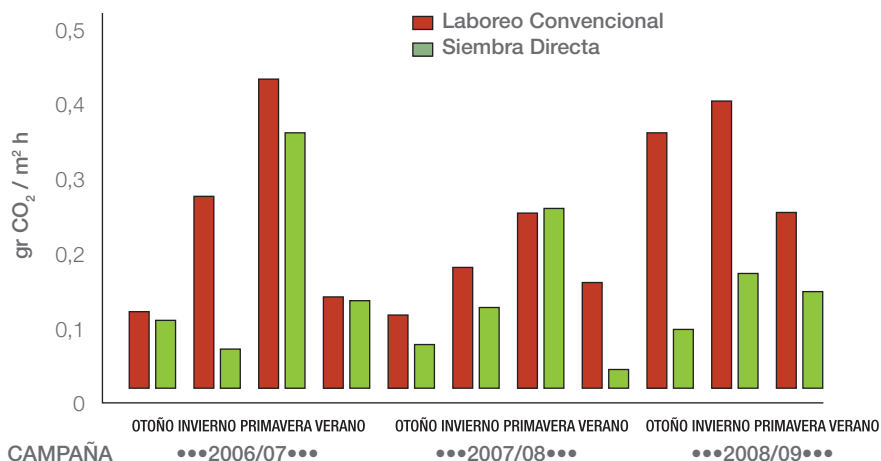


Emisiones acumuladas de CO_2 (g/m²) tras 5 horas después de realizar la labor.

Fuente: Reicosky, 2007

En España, las investigaciones sobre la influencia del sistema de manejo de suelo sobre las emisiones de CO_2 , se han iniciado hace relativamente poco tiempo. Cabe destacar los ensayos llevados a cabo en Andalucía y en zonas de Aragón y Cataluña por equipos de investigación del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) y de la Universidad de Lleida en colaboración con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, respectivamente. En la finca Tomejil (Sevilla), a lo largo de toda la campaña agrícola, los suelos en siembra directa emitieron un menor flujo de gas en comparación con los suelos labrados. Estos últimos incrementaron sus emisiones en un **21,3% en primavera, un 9,9% en verano, un 38,5% en otoño y un 178,1% en invierno con respecto a las parcelas en AC** (Ordóñez-Fernández et al. 2008). Respecto a los ensayos

llevados a cabo en Aragón y Cataluña, se observó que, a largo plazo, los flujos medios fueron inferiores en las parcelas de siembra directa y superiores en las parcelas bajo laboreo convencional. A corto plazo, los flujos de CO_2 en Siembra Directa fueron bajos y constantes a lo largo del experimento ya que el suelo en este sistema no se alteró. Desde el inicio hasta 48 horas después del laboreo la emisión de CO_2 acumulada en el sistema de laboreo convencional ascendió a $45 \text{ g CO}_2/\text{m}^2$, sin embargo, para ese mismo periodo las emisiones de CO_2 bajo siembra directa alcanzaron los $24 \text{ g CO}_2/\text{m}^2$, resultando un 40% inferior al sistema de laboreo convencional (Álvaro-Fuentes et al., 2007).



Estudio de emisiones en una rotación trigo-cereal-leguminosa en Andalucía.

Fuente: Ordóñez et al. (2010)



Otro mecanismo de reducción de emisiones de CO_2 a la atmósfera en la AC es la vía del ahorro energético. La disminución drástica (incluso supresión) del laboreo posibilita que dichos sistemas requieran una menor cantidad de energía que aquellos basados en el laboreo, siendo, en estos últimos, el mayor consumo de combustible en la preparación del terreno el responsable de esta diferencia. A igualdad del resto de los factores de producción, ésta última es tanto mayor cuanto mayor es el número de las labores efectuadas.

En análisis energéticos realizados en diversas zonas de España, **el ahorro energético de los sistemas de AC respecto al laboreo convencional varió entre el 5% y el 50% según la región y el cultivo considerado. (Hernanz et al., 1997).** Conocido que todo proceso energético conlleva emisión de CO_2 a la atmósfera, es posible traducir dichas reducciones en el consumo energético a reducciones de emisiones de GEI.



A nivel mundial, ya se han realizado algunos estudios sobre lo que en términos de emisión de carbono equivalente supone el consumo energético en las operaciones de preparación para la siembra. En base a ello, **se han estimado en 35,3 kg/ha las emisiones de carbono equivalente en el laboreo convencional, en 7,9 kg/ha un mínimo laboreo basado en la utilización del arado cincel, y en 5,8 kg/ha en un sistema de manejo basado en la siembra directa, lo que supone una reducción del 83,57% de emisiones con respecto a la agricultura convencional (Lal, 2004).**





BIBLIOGRAFÍA

Álvaro-Fuentes, J., Cantero-Martínez, R., Arrúe, J.L. (2007). Soil carbon dioxide flux following tillage in semiarid Mediterranean agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 96: 331-341.

Balota, E.L., Kanashiro, M., Filho, A.C., Andrade, D.S., Dick, R.P. (2004). Soil enzyme activities under long-term tillage and crop rotation systems in subtropical agroecosystems. *Braz. J. Microbiol.* 35:300-306.

Bescansa, P.; Imaz, M.J.; Virto, I.; Enrique, A.; Briones, M.J.I. (2005). Influencia de laboreo de conservación y manejo de residuos en el desarrollo de poblaciones de lombrices en suelos semiáridos. En *Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación: El reto de la agricultura, el medio ambiente, la energía y la nueva Política Agraria Común. Libro de Actas*: 285-290. AEAC/SV, ECAF, Diputación de Córdoba. Córdoba.

Cantero, C. Ojeda, L., Angás, P. y Santiveri, F. 2004. Efectos de las técnicas de laboreo de suelo sobre la población de lombrices en zonas de secano semi-árido. *Agricultura*. Nº 866. 724-729.

Claassen, R., Morehart, M. (2009). Agricultural Land Tenure and Carbon offsets. *Economic Brief-14*. Department of Agriculture, Economic Research Service.

Deng, S. P., Tabatabai, M.A. (1997). Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils: III. Phosphatases and arylsulfatase. *Biol. Fert. Soils*. 24:141-146.

FAO. (2003). World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO perspective. FAO, Rome, 97 pp.

Greenhouse Gas working Group. (2010). Agriculture's role in greenhouse gas emissions&capture. Greenhouse Gas Working Group rep. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.

Hernanz Martos, J.L.; Sánchez-Girón Renedo, V. (1997). Utilización de la energía en diversos sistemas de laboreo. En García Torres L.; González Fernández P. (eds.) *Agricultura de Conservación: Fundamentos Agronómicos, Medioambientales y Económicos*: 243-257. Asociación Española Agricultura de Conservación. Suelos Vivos. Córdoba.

Johnson, J.M., Franzluebbers, A.J., Lachnicht-Weyers, S., Reicosky, D.C. (2007). Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environ. Pollut.* 150: 107-124.

Kandeler, E., Stemmer, M., Palli, S., Gerbazek, M.H. (1999a). Xylanase, invertase and urease activity in particle-size fractions of soils. In: Bertelin, J. et al. (eds.): *Effect on Mineral-Organic-Microorganism Interactions on*

Soil and Freshwater Environments, Kluwer Academic/ Plenum Publishers, New York, 275-286.

Kandeler, E., Luxhoi, J., Tscherko, D.J., Magid, J. (1999b). Xylanase, invertase and protease activities at the soil-litter interface of a sandy loam. *Soil Biology and Biochemistry* 31, 1171-1179.

La Scala, A, Lopes K, Bolonhezi ., Archer D.W , Reicosky, D.C. (2008). Short-temporal changes of soil carbon losses after tillage described by a first-order decay model. *Soil Till. Res.* 99: 108-118

Lal, R. Carbon emission from farm operations (2004). *Environment International* 30: 981-990.

Montero, F.A., Sagardoy, M.A. (2001). Estudios microbiológicos en un suelo cultivado con maíz y soja bajo siembra directa. En: Rotación de cultivos en siembra directa. *Revista de AAPRESID*: 31-34.

Mosier, A.R., Kroeze, C. (2000). Potencial impact of the global atmospheric N₂O budget of the increased N input required to meet future global food demands. *Chemosphere-Global Change Science*, 2: 465-473.

Ordóñez Fernández, R., Carbonell Bojollo, R., González Fernández, P., Perea Torres, F. (2008). Influencia de la climatología y el manejo del suelo en las emisiones de CO₂ en un suelo arcilloso de la Vega de Carmona. *CAREL*. Vol. VI: 229-247.

US-EPA. (2006). Global Anthropogenic Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions: 1990-2020. United States Environmental Protection Agency, EPA 430-R-06-005, Washington D.C. <http://www.epa.gov/nonco2/econ-inv/downloads/GlobalMitigationFullReport.pdf> accessed 26 March 2007.

Reicosky, D.C. and Archer, D.W. (2007). Moldboard plow tillage depth and short-term carbon dioxide release. *Soil and Tillage Research*. 94: 109-121.

CONTACTO

Asociación Española Agricultura de Conservación. Suelos Vivos
IFAPA Centro “Alameda del Obispo”
Avda. Menéndez Pidal s/n
14004 Córdoba
Tel: 957 422 099
Fax: 957 422 168
www.agricarbon.eu
email: info@agricarbon.eu

Esta publicación ha sido posible gracias a la contribución financiera el Programa
Life de la Unión Europea



Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera
CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

