

LA SIEMBRA DIRECTA SE PRESENTA COMO UNA TÉCNICA FAVORABLE PARA PREVENIR LAS PÉRDIDAS DE CARBONO

El laboreo y su efecto en los procesos de fijación y emisión de carbono en suelos agrícolas

Históricamente, el laboreo intensivo de las tierras agrícolas ha causado pérdidas sustanciales (desde un 30% hasta un 50%) del carbono del suelo. El objetivo de este estudio ha sido evaluar la eficacia de la siembra

directa frente al laboreo tradicional en la fijación de carbono y la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera en un suelo arcilloso destinado al cultivo de herbáceos bajo clima mediterráneo.

Carbonell, R¹., Ordóñez, R¹., Repullo, M.A.1., González, P.1., Perea, F.3

¹ Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. Centro IFAPA Alameda del Obispo (Córdoba).

² Estación Experimental de Tomejil. IFAPA. Carmona (Sevilla).

³ Departamento de Ciencias Agroforestales, Universidad de Sevilla.

La conservación de un buen nivel de materia orgánica del suelo es un propósito deseable en los ecosistemas agrarios, tanto por el mantenimiento de producción de los cultivos como por la reducción de las emisiones de CO₂ (Día-Zorita, 1999). Su acumulación en el suelo depende del aporte de residuos, de la reducción de la intensidad del laboreo y la duración de los ciclos de cultivo.

Históricamente, el laboreo intensivo de las tierras agrícolas ha causado pérdidas sustanciales (desde un 30% hasta un 50%) del carbono del suelo (Davison y Ackerman, 1993). Estas pérdidas de carbono se deben a la fragmentación del suelo que ocasiona el laboreo y que facilita la actividad biológica, produciéndose el intercambio de CO₂ y O₂ del suelo con la atmósfera y viceversa. Las labores de la agricultura tradicional (laboreo de inversión, con arado de volteo, grada de discos o rotovator) entierran los restos vegetales y dejan el suelo en condiciones óptimas para que se produzcan pérdidas de CO₂, a la vez que se



Estación experimental de Tomejil.

reduce el efecto sumidero del suelo.

El consumo energético asociado a estas prácticas, se centra en el uso de combustibles fósiles, especialmente gasóleo, lo que implica, inevitables emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero. En el caso de la agricultura de conservación estas emisiones derivadas del uso de la maquinaria decrecen de manera considerable al disminuir en gran medida el número de labores realizadas, lo cual ha tenido una buena acogida entre los productores de distintos países como muestran diversos trabajos realizados en Estados

Unidos (Reicosky *et al.*, 2007; Senthilkumar *et al.*, 2008), Argentina o Brasil (FAO, 2001) por citar algunos ejemplos.

Las prácticas de cultivos ejercen numerosos efectos biológicos directos e indirectos sobre las poblaciones microbianas del suelo. La influencia del arado es muy intensa sobre las poblaciones de bacterias. Inmediatamente después de la ruptura del suelo, el número de microorganismos aumenta 20 ó 30 veces. Esto es debido a la modificación de las condiciones de porosidad y por lo tanto del flujo de gases y agua a través de los espacios vacíos.

La agricultura también produce emisiones de CO₂ cuando el arado, a menudo innecesario, expone la materia orgánica del suelo. Esta materia orgánica –que está compuesta de carbono principalmente– se transforma en CO₂.

Trabajos conjuntos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y la Oficina Española para el Cambio Climático, dentro de las acciones sugeridas para el establecimiento del potencial de absorción de CO₂, incluyeron entre otras, la disminución de la intensidad de laboreo y el aumento de hectáreas de cultivos herbáceos bajo laboreo de conservación y siembra directa (Ordóñez *et al*, 2008).

Material y métodos

La experiencia se ha desarrollado en un ensayo a largo plazo establecido en 1982 en la Estación Experimental de Tomejil en la Campiña de Carmona (Sevilla) de coordenadas 37° 24' 07"N y 05° 35' 10"W.

El suelo es arcilloso pesado, clasificado como montmorillonítico muy fino, Chromic Haploxeret (Soil Survey Staff, 1999).

El principal componente de su composición textural es la arcilla, con valores superiores al 60%, distribuidas en un 70% de arcilla expansible del tipo montmorillonita, un 20% de illita y un 10% de caolinita (Perea, 2000). La elevada proporción de arcillas expansibles en estos suelos determina que en periodos secos se formen grietas de retracción que favorecen el desecado de los mismos, por lo que la disponibilidad de agua es el factor más limitante para la explotación.

En el **cuadro 1** se muestran las características físico-químicas del suelo.

En cuanto al clima es mediterráneo y se caracteriza por presentar largas sequías estivales con una gran irregularidad interanual e intraanual en cuanto a la precipitación. Esto, unido a las altas temperaturas que se registran durante el verano, dificulta en gran medida la actividad agrícola.

Se adoptó un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones.

El tamaño de las parcelas es de 15 m de ancho y 150 m de largo en las que, desde 1982, se están siguiendo dos sistemas de manejo de suelo: siembra directa y laboreo tradicional. La rotación seguida en la finca es leguminosa-cereal-girasol (**figura 1**).

Para evaluar la evolución temporal de los distintos parámetros considerados en el estudio, se localizaron en cada una de las par-

CUADRO 1.

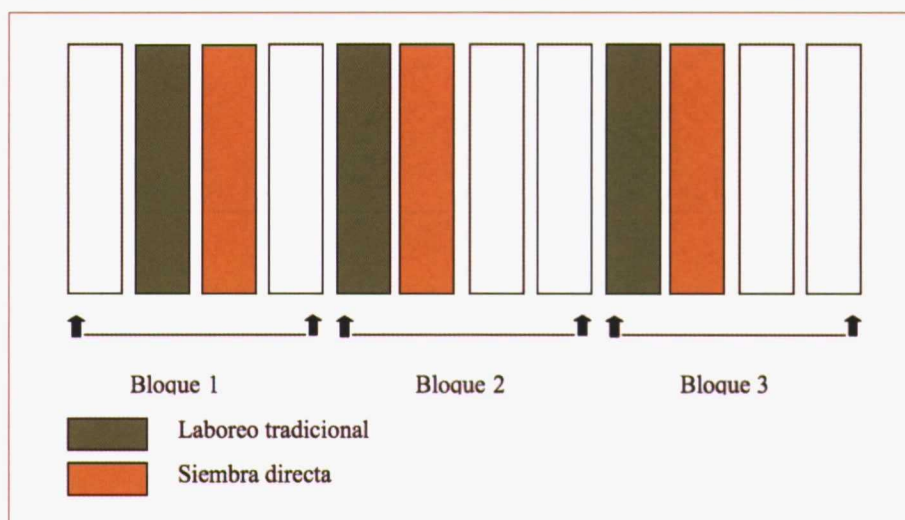
Propiedades físico-químicas del suelo utilizado en el ensayo bajo laboreo tradicional y siembra directa.

	Textura (%)			Características químicas						
	Arena	Limo	Arcilla	pH	CO	P	K	Ca	Mg	CIC
	%				g kg ⁻¹	mg kg ⁻¹			mol ⁺ kg ⁻¹	
LT	6,3	31,4	62,2	7,6	9,5	12,7	649	605	28,7	0,52
SD	7,8	36,5	56,4	7,5	12,0	24,6	858	499	28,5	0,52

LT (laboreo tradicional), SD (siembra directa), CO (carbono orgánico), CIC (capacidad de intercambio catiónico).

FIGURA 1.

Esquema de la distribución en campo de las parcelas utilizadas para los ensayos.



celas nueve puntos en los que con una periodicidad mensual se tomaron muestras de suelo en las profundidades de 0-5 cm. Junto a éstos se elegía un décimo punto dentro de cada parcela aleatorio alrededor del central en un radio aproximado de 1 m.

Las prácticas de cultivos ejercen numerosos efectos biológicos directos e indirectos sobre las poblaciones microbianas del suelo. La influencia del arado es muy intensa sobre las poblaciones de bacterias. Inmediatamente después de la ruptura del suelo, el número de microorganismos aumenta 20 ó 30 veces

También mensualmente y en los mismos puntos donde se efectuaba el muestreo de suelo, se realizaron con un analizador absoluto y diferencial de gases por infrarrojo portátil EGM-4 unido a una cámara de respiración de suelos. La cámara de respiración tiene una altura aproximada de 15 cm y un diámetro de 10 cm y tiene una capacidad de medición de flujos de CO₂ con un rango que oscila entre 0 y 9,99 g CO₂ m⁻² h⁻¹.

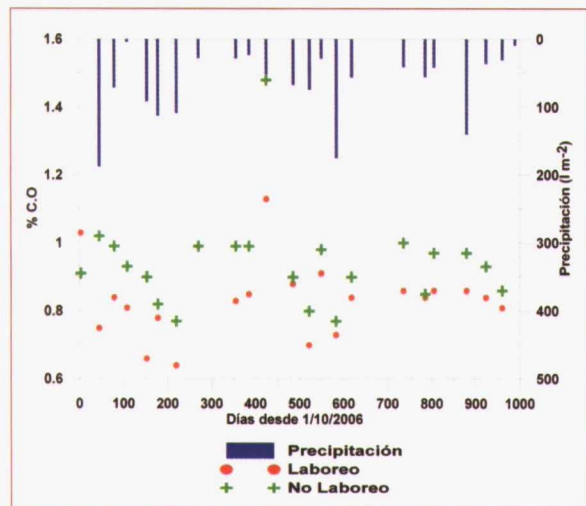
La cámara se pone sobre la superficie del suelo durante un período de 2,5 minutos durante los cuales se está realizando la toma de datos cada 4 segundos dando como valor final el valor medio de todo.

Resultados

Hay estudios que avalan la tesis de que cuando se cambia de la agricultura tradicional (laboreo intenso) a la de conservación, el contenido en materia orgánica del suelo aumenta con el tiempo, con todas las consecuencias

FIGURA 2.

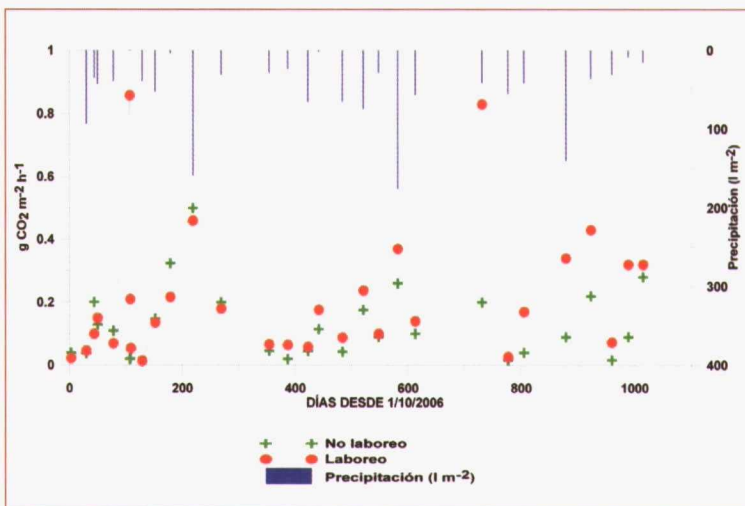
Evolución de carbono orgánico del suelo a través de los distintos muestreos.



Cada punto representa la media de treinta datos.

FIGURA 3.

Pluviometría registrada en el período de estudio y evolución temporal de las emisiones de CO₂.



Cada punto representa la media de treinta lecturas.

positivas que ello conlleva (Giráldez *et al.*, 1995; Klavivko 2001, Bravo *et al.*, 2007).

En la **figura 2** se ha representado la evolución en el contenido en carbono orgánico en el suelo para ambos sistemas de manejo. Se aprecia que los suelos bajo siembra directa han presentado siempre valores por encima de los de laboreo tradicional y cómo además estos valores se encuentran influenciados por la climatología, coincidiendo la gran mayoría de los valores máximos de contenido en dicho elemento con las épocas de menos pluviometría.

Al disminuir la labor en el suelo hay una menor exposición de los agregados del suelo a la atmósfera lo que disminuye la meteorización de los compuestos orgánicos y mantiene una mayor humedad que favorece la actividad de los microorganismos. Ambos procesos tienden a aumentar la concentración de CO en el suelo disminuyendo el volumen de CO₂ que se libera a la atmósfera. Sin embargo, la magnitud de

la respuesta de estos sistemas de agricultura de conservación varía considerablemente en función de las condiciones edafológicas y climáticas (Álvaro *et al.*, 2003).

El laboreo reducido o nulo es una de las prácticas agrícolas más eficaces a la hora de reducir las emisiones de CO₂ para aumentar

Hay estudios que avalan la tesis de que cuando se cambia de la agricultura tradicional (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

el secuestro de carbono atmosférico en el suelo (Sainju *et al.* 2008).

La **figura 3** representa la dinámica en el tiempo de las emisiones de CO₂ para los dos sistemas de manejo considerados en el estudio y a lo largo del período evaluado.

Se puede apreciar cómo la medida del gas emitido presenta una serie de máximos y mínimos en los que tiene gran influencia las condiciones climatológicas. Los puntos en los que la diferencia entre ambos sistemas de manejo es muy acusado, se corresponden con operaciones realizadas en el suelo tales como labores preparatorias en el sistema de laboreo tradicional o de siembra en ambos sistemas.

Otro aspecto a tener en cuenta es la estacionalidad de las emisiones. En la **figura 4** se ha representado el flujo de CO₂ acumulado en las distintas estaciones, sistemas de manejo y campañas consideradas en el estudio. Además, se aprecia cómo casi la totalidad de las emisiones contabilizadas en las diferentes campañas se registran en el período primaveral en el que la mayor humedad del suelo por las lluvias registradas en este período y sobre todo las temperaturas próximas a los 20°C favorecen la actividad de los microorganismos que degradan los restos orgánicos protegidos por los agregados del suelo, lo que trae como consecuencia un aumento del flujo de gas a la atmósfera. A lo largo de las diferentes campañas agrícolas, los suelos en siembra directa

CUADRO II.

Incremento del porcentaje de emisión de las parcelas labradas con respecto a las de siembra directa.

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Campaña 2006/07	21,3	9,9	38,5	178,1
Campaña 2007/08	34,48	45,09	60,5	45,09
Campaña 2008/09	250	-----	142	145

han emitido un menor flujo de gas en comparación con los suelos labrados.

Estas diferencias se reflejan en el **cuadro II** en el que se recogen los porcentajes de emisión contabilizados en las parcelas labradas con respecto a las parcelas bajo siembra directa.

En la campaña 2006/07, la importante diferencia observada en el periodo invernal en cuanto a las emisiones contabilizadas en ambos sistemas de manejo, se debió a la apertura del surco para las labores preparatorias del suelo y para la siembra en los suelos en laboreo tradicional. El significativo aumento en las emisiones de CO₂, que tiene lugar inmediatamente después de labrar o sembrar, responde a la liberación física de este gas atrapado en el espacio poroso del suelo. Sin embargo, en la campaña 2008/09 es donde nos encontramos con las diferencias más notables probablemente debido a que durante el otoño se realizaron labores preparatorias al suelo y a que en invierno se realizó la siembra pero con el agravante de haberse efectuado estas operaciones en mi-



Momento de lectura de CO₂ durante la campaña 2006/07. En la imagen se aprecia el punto donde se precedió a recoger la muestra de suelo.

dad de períodos muy lluviosos lo que unido a temperaturas suaves en el caso del otoño, ha favorecido la actividad degradadora de los microorganismos.

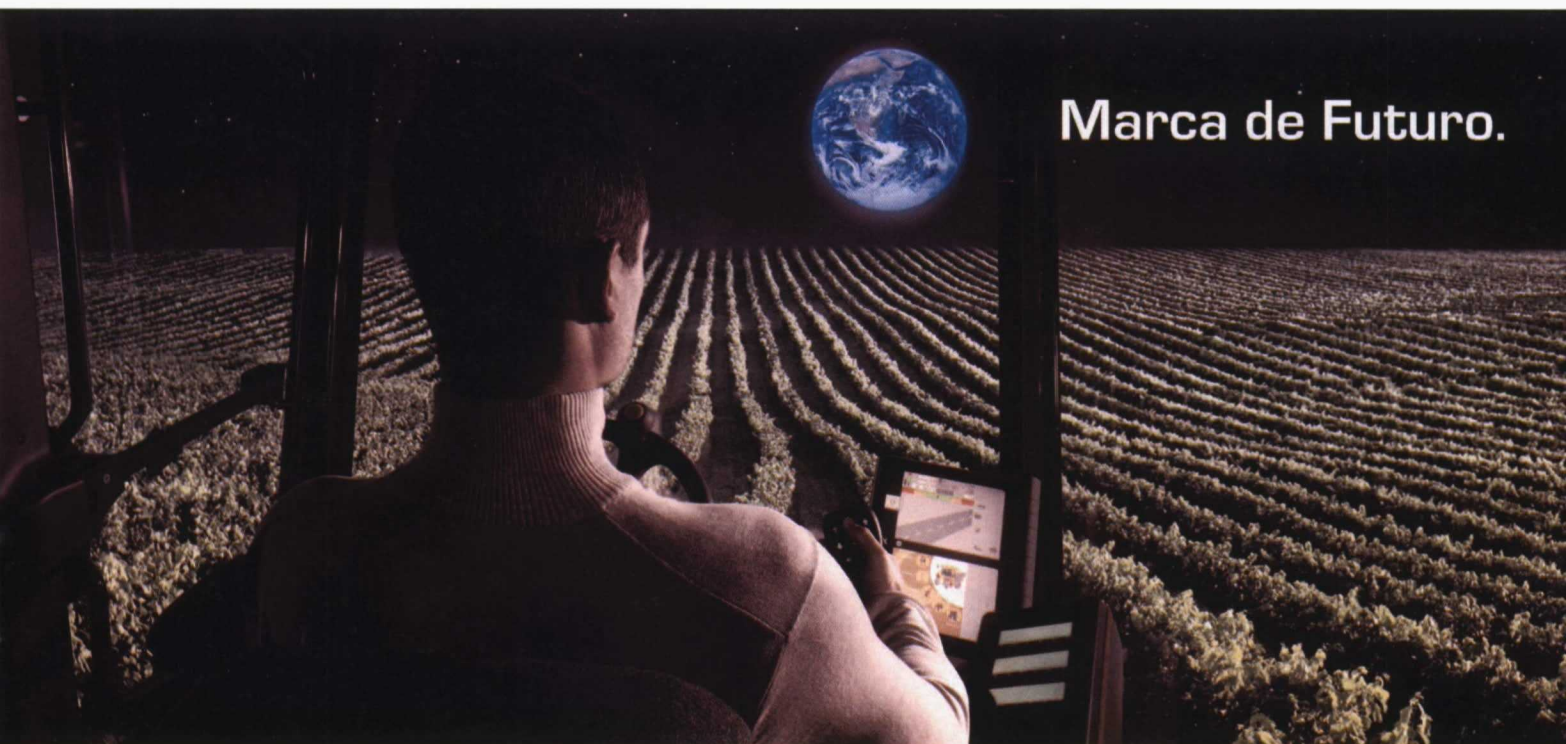
Unido a la variación estacional en el flujo de CO₂ a la atmósfera en la que hay una clara

influencia de las condiciones climáticas de la zona, se puede dar una variación espacial en la que influyen tanto la distribución del rastrojo como las características del suelo. En las condiciones de nuestro estudio hemos observado cómo en el momento de realizar la medida del gas no en todos los puntos de las parcelas se está emitiendo el mismo flujo de CO₂.

La distribución espacial de las medidas registradas en un día se representa en la **figura 5**. Se puede observar cómo los datos más altos de emisión registrados se encuentran todos en las parcelas sometidas a laboreo advirtiéndose cómo además la cercanía de las parcelas de no laboreo a estas últimas, hace que se registren datos de emisión debidos a efectos de deriva en las cuatro primeras parcelas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran a la siembra directa como una técnica especialmente favorable para prevenir pérdidas de carbono del suelo y favorecer su crecimiento,



Marca de Futuro.



Antes, vendimiábamos.

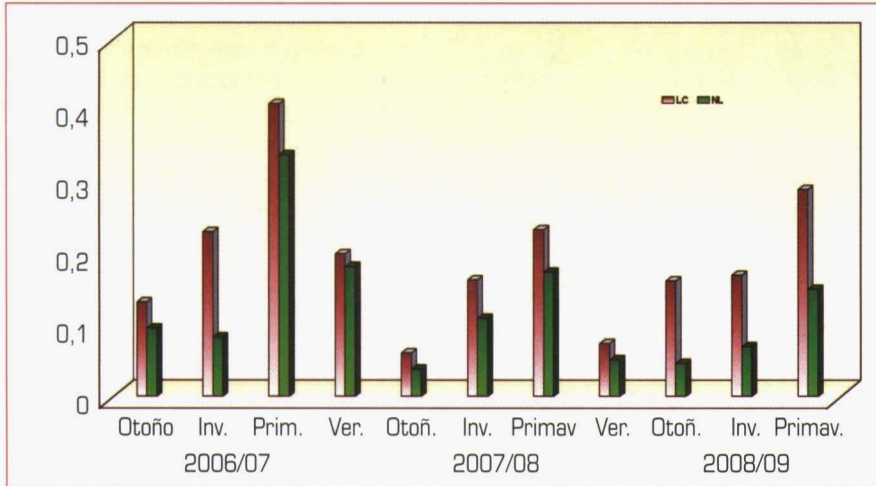
Ahora, gestionamos su cosecha.

La nueva gama Grégoire introduce la vendimiadora en una nueva dimensión: la del confort, el diseño, la gestión inteligente de la vendimia y una calidad de recolección jamás imaginada. Además, su bajo consumo optimiza su rendimiento económico y limita su impacto ambiental. Descubra su marca de futuro y todas las innovaciones exclusivas Grégoire en www.gregoiregroup.com o en su concesionario oficial.

GREGOIRE
PASSEZ À L'AVENIR

FIGURA 4.

Variación estacional de las emisiones CO₂ en suelos en siembra directa y laboreo tradicional para las campañas 2006/07, 2007/08 y 2008/09.

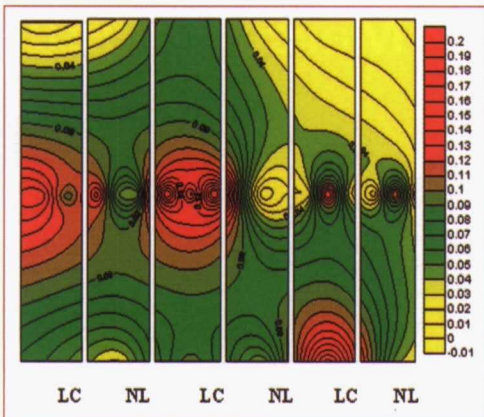


ya que se han observado aumentos en el contenido de dicho elemento en los suelos sometidos a esta técnica de manejo.

Los flujos de CO₂ a la atmósfera registrados en los suelos no labrados han sido inferiores con respecto a los sometidos al manejo tradicional. Esta diferencia se ve incrementada en las emisiones registradas tras las labores realizadas en el suelo en las parcelas de laboreo tradicional que suponen una rotura de los agregados del suelo y la liberación del gas atrapado en el mismo. Estos aumentos han llegado a ser un 80% superiores en los suelos labrados.

FIGURA 5.

Mapa de distribución espacial de las emisiones de CO₂ en las diferentes parcelas.



La práctica totalidad de las emisiones registradas se han producido en la época de la primavera debido a la conjunción de pluviometría con temperaturas cálidas cercanas a los 20°C. Durante esta estación, los suelos labrados tuvieron un 20% más de emisiones que los suelos sometidos a siembra directa. ●

Agradecimientos

Los autores agradecen al INIA la financiación concedida al proyecto RTA06-058-C03-01 y a la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa (Junta de Andalucía) la financiación concedida al proyecto RNM-03205, gracias a los cuales se ha podido obtener los datos recogidos en el texto.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, J.; López, M.V.; García, R.; Arrúe, J.L. 2004. Effect of tillage on short-term CO₂ emissions from a loam soil in semiarid Aragón (NE Spain). En Arriue, J.L.; Cantero-Martínez C. Third Mediterranean Meeting on No Tillage. Options Méditerranéennes. 60, 51-54.

Bravo, C., Giráldez, J.V., González, P., Ordóñez, R. and Perea, F., 2007. Long term influence of conservation tillage on chemical properties of surface horizon and legume crops yield in a Vertisol of southern Spain. Soil Science, Vol 172, N° 2, 141-148.

Davidson, E.A. y I.L. Ackerman, 1993; Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. Biogeochemistry, 20, 161-193.

FAO. 2001. Soil carbon sequestration for improved land management. Based on the work of Michel Robert. Institut national de recherché agronomique. Paris, Francia.

Giráldez, J.V., P. González, R. Ordóñez, J.M. de Haro y A. Laguna. 1995. Nutrient enrichment and straw evolution under reduced tillage in heavy clay soils of southern Spain. En: Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. F. Tebrügge y A. Böhmisen (Ed.) Actas de la II Reunión 15-17 Mayo Sissoc. Giessen. ISBN 3-930600-46-3, 69-80.

Kladivko, E.J. 2001. Tillage systems and soil ecology, Soil Till. Res. 61:61-76

Ordóñez-Fernández, R., Carbonell-Bojollo, R., González-Fernández, P. y 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, Año VI, N° 6, Ed. S&C, 2340-2354.

Perea, F. 2000. Agronomía del laboreo de conservación en los vertisoles de la campiña andaluza. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Departamento de Agronomía. Córdoba- España.

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

Sainju, U.M., Jabro, J.D., Stevens, W.B. 2008. Soil carbon dioxide emissions and carbon contents as affected by irrigation, tillage, cropping system and nitrogen fertilization. J.Environmental Quality, 37, 98-106.

Senthilkumar, S., Kravchenko, A., Robertson, P., Basso, B. 2008. Changes in total soil C under different crop management systems and in never-tilled soil in a long-term experiment. EUROSOIL, 2008.Viena (Austria), Book of abstract pp: 22.

COSECHADORAS DE OCASIÓN



www.enriquesegura.com

Polígono industrial Sector 4, nº 9
50830 Villanueva de Gállego (Zaragoza). España

Tfno.: 976 18 50 20 • Fax: 976 18 53 74

Móvil: 609 300 299 • E-mail: enrique@enriquesegura.com

