

Aplicación de Siembra Directa en un cultivo de maíz: efectos en la compactación, el agua y la materia orgánica del suelo

Los sistemas agrícolas basados en el laboreo de la tierra ejercen una presión degradativa sobre el suelo, desequilibrando sus niveles de materia orgánica, alterando su estabilidad estructural y modificando la compactación del suelo. Además, la agricultura utiliza aproximadamente el 70 % de los recursos hídricos mundiales. Por ello, siendo el suelo y el agua recursos fundamentales y muy escasos en muchas zonas de la Europa Mediterránea, resulta prioritario la conservación de los mismos desde un punto de vista ambiental y económico. En este trabajo se ha planteado determinar el efecto que sobre la compactación, porcentaje de humedad y materia orgánica ejerce la siembra directa con cobertura (SDC) sobre un luvisol distri-crómico bajo un clima semiárido y con cultivo de maíz.

A. López-Piñeiro ^{(1)*}, **A. Muñoz** ⁽¹⁾, **A. Albarrán** ⁽¹⁾, **J.M. Rato** ⁽²⁾, **J.B. González** ⁽³⁾, **M. Ramírez** ⁽⁴⁾ y **F. Hernando** ⁽⁵⁾

Uno de los problemas generalmente más temidos por productores y técnicos agrícolas asociado a la reducción y eliminación del laboreo, es el de la compactación del suelo. El arado se realiza con el fin de impedir la compactación para, así, facilitar la siembra y la nascencia de las plantas. Existen muchos estudios contradictorios acerca de la compactación del suelo con y sin laboreo. Algunos investigadores encuentran niveles de compactación más elevados en los suelos sin laboreo que en los de laboreo convencional (Potter and Chichester, 1993). Sin embargo, otras investigaciones ponen de manifiesto que la cobertura del suelo y las mayores cantidades de materia orgánica encontradas en los suelos sin laboreo alivian la compactación de los mismos (Raper *et al.* 2000).

La mejora de las propiedades físicas del suelo está ampliamente basada en el incremento de materia orgánica. Por ello, los sistemas de siembra directa podrían tener un efecto beneficioso sobre dichas propiedades y, en consecuencia, sobre el control de los procesos degradativos del suelo.

El agua es un recurso esencial para un cultivo agrícola y su conservación es uno de los principales retos a conseguir por una agricultura que pretenda ser sostenible. La contaminación de los acuíferos y de las aguas dulces superficiales, los períodos prolongados de sequía y la escasez de agua, unido a la demanda cada vez mayor que de ella se hace, está llevando a plantearse métodos más eficaces de riego, así como manejos que mantengan la humedad del suelo y permitan reducir el aporte de agua. En este sentido, la agricultura de conservación puede convertirse

en un eficiente sistema de producción agrícola que podría potenciar el ahorro de agua en cultivos de regadío.

Este estudio centra la atención en un suelo de clima mediterráneo semiárido, con un ciclo anual de cultivo condicionado por las diferencias estacionales, soportando altas temperaturas por la elevada radiación solar en el verano, que junto con la escasa humedad ambiental, supone una fuerte pérdida de agua por la evapotranspiración conjunta del suelo y la planta durante esta estación seca y que tan solo es compensada por el riego del cultivo. Bajo estas condiciones climáticas, los suelos mediterráneos están muy expuestos a procesos erosivos y de degradación, lo cual supone un grave problema para la productividad agrícola en un área que ha sido estimada por Yaalon (1997) en unos 4.300.000 km² y en donde la agricultura suele ser un sector económico fundamental.

Con este estudio se pretende (1) dar a conocer los beneficios obtenidos, en términos de conservación de agua, en un cultivo de maíz de regadío bajo manejos de agricultura de conservación, en su modalidad denominada siembra directa y (2) determinar la evolución de la materia orgánica y compactación del suelo, hasta el noveno año de implantación de esta técnica de manejo. Estos datos se han comparado con los obtenidos en un manejo de laboreo convencional.

Materiales y métodos

Para la consecución de los objetivos propuestos se han diseñado una serie de experiencias en una parcela perte-

reciente a la finca Casas de Hitos, pionera en Extremadura en la utilización de siembra directa, con un suelo clasificado como Luvisol distri-crómico, FAO (1999), y ubicada en Madrigalejo (Cáceres). Las experiencias se han realizado en un cultivo de maíz en regadío durante un período de tres años consecutivos en tres manejos diferentes, para la posterior recogida de muestras en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones por tratamiento (**Figura 1**):



Figura 1. Diseño experimental con parcela LC al frente y SDC al fondo de la imagen

- a) cultivo de maíz mediante técnicas de agricultura convencional habituales en la región (LC);
- b) cultivo de maíz mediante siembra directa con cobertura (SDC);
- c) cultivo de maíz mediante siembra directa con cobertura con una antigüedad de 6 años al comienzo del estudio (SDC6).

De esta forma se ha podido hacer un seguimiento para conocer los efectos que, a corto y medio plazo, provoca la implantación de la siembra directa en las propiedades estudiadas.

La humedad ha sido medida en el campo, mediante una sonda de perfil tipo PR1, provista de sensores electromagnéticos. Se ha determinado a cuatro profundidades diferentes: de 0 a 10, de 10 a 20, de 20 a 30 y de 30 a 40 cm. La resistencia a la penetración se ha determinado utilizando un penetrómetro de mano Eijkelkamp con un cono de 1 cm² de superficie, realizándose cinco repeticiones por cada punto de medida. Además se han tomado muestras de suelo a profundidades de 0 a 5, de 5 a 10 y de 10 a 30 cm. Se determinó la materia orgánica mediante la oxidación con dicromato potásico en medio ácido, va-

lorando el exceso con sulfato ferroso amónico (Nelson & Sommers, 1982). Para el tratamiento estadístico de los datos se ha utilizado el software informático SPSS 11.5 para Windows. Para cada prueba estadística se ha tenido en cuenta la prueba de significación previa correspondiente que dé validez a los resultados, considerando siempre un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0,05$).

Resultados

HUMEDAD

Como se observa en la **Tabla 1**, el porcentaje de humedad del suelo se mantuvo constante en el primer muestreo. Sin embargo, en el mes de junio, con una evapotranspiración muy elevada, se observa un incremento de humedad en las zonas destinadas a la siembra directa (SDC) con respecto al laboreo convencional (LC). SDC6, que en 2002 llevaba 6 años aplicando la siembra directa con cobertura, mantuvo una mayor humedad en todo el perfil del suelo durante todo el año.

Tabla 1. Humedad en el año 2002 para cada tipo de manejo

Manejo	Medias de humedad (%) en todo el perfil del suelo durante el primer año		
	Marzo	Junio	Octubre
LC	21,15a	24,86a	31,53a
SDC	22,93a	31,37b	34,37a
SDC6	30,07b	32,16b	37,96a
F	6,757	7,421	8,114
Sig.	0,001	0,02	0,003

Los datos de una misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Durante el segundo y tercer año de implantación de la siembra directa (SDC), se fue confirmando que el suelo bajo estos manejos mantenía más la humedad que el suelo de laboreo convencional. Como se observa en la **Tabla 2**, el valor medio de la humedad de todo el perfil del suelo es más elevado en SDC.

El tercer año de la experiencia se observó un claro incremento en los suelos con manejos de siembra directa respecto al de laboreo convencional. Los datos obtenidos ponen de manifiesto que el ahorro de agua en un cultivo de maíz de regadío como el estudiado es más de un 30% a partir del segundo año de implantación de estos manejos agrícolas de conservación. El manejo SDC6 mantuvo unos niveles de humedad constantes durante todo el estudio, siendo siempre muy superiores a los registrados en LC.

Tabla 2. Humedad de cada manejo a los tres años de experiencia

Manejo	Medias de humedad (%) en todo el perfil del suelo los tres años de experiencia		
	2002	2003	2004
LC	25,77a	25,85a	18,55a
SDC	27,50a	31,01b	33,89c
SDC6	32,08b	32,05b	35,20c
F	6,885	2,847	20,216
Sig.	<0,0001	0,042	<0,0001

Los datos de una misma columna seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes (p < 0,05)

Materia orgánica

En la **figura 2** se observa la elevada diferencia que existe en el porcentaje de materia orgánica a favor del SDC6, frente al LC (más del 50%). Los datos de esta figura se refieren a los 30 cms del perfil del suelo, pero si sólo se considera los primeros cinco centímetros de perfil de suelo, las cantidades de materia orgánica en el SDC6 superarían en más del 60% al LC. De igual forma, el pequeño incremento que se observa en el SDC al segundo y tercer año, es mayor en los primeros cinco centímetros de suelo.

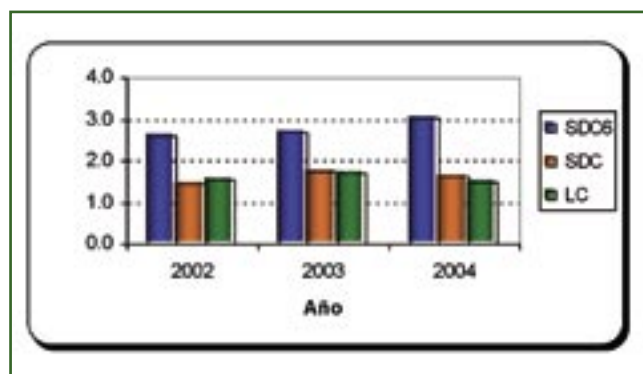


Figura 2. Evolución del porcentaje de materia orgánica

Compactación

Durante el estudio se observó que los niveles de compactación eran mucho más bajos en el SDC6 que en el LC (inferiores al 60%). Los datos de la Fig. 3 pertenecen a los 10 primeros centímetros de suelo, puesto que los niveles de compactación en los horizontes subsuperficiales, sobre todo en el LC, eran tan elevados que no permitían una correcta determinación. A partir del segundo año se observó un cambio en los niveles de compactación del

SDC, llegando a ser un 30% inferior a los correspondientes a LC en el tercer año.

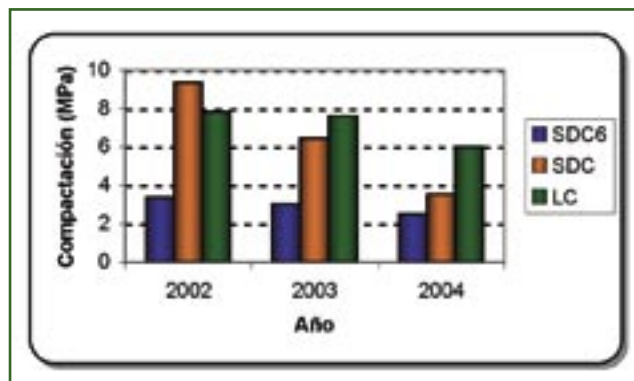


Figura 3. Evolución de la compactación

Discusión

El incremento en la humedad de los manejos de siembra directa se debe a los residuos dejados sobre el suelo, que proporcionan una protección frente a la pérdida de humedad, en una zona, como la elegida para el estudio, donde la evapotranspiración llega a ser crítica para el cultivo. En otros estudios (Arshad *et al.* 1999; Holland, 2004; Bescansa *et al.* 2006; Fu *et al.* 2006) la siembra directa también registra mayor contenido de humedad de suelo, lo que significa menor desecación superficial del suelo y mayor retención de agua en caso de darse largos periodos de sequía; por el contrario, el laboreo convencional tiene mayor desecación superficial, inclusive llegando a niveles de agua no asimilable por los cultivos en periodos de prolongada sequía, según las conclusiones extraídas de estudios en zonas semiáridas.

La materia orgánica tiene la capacidad de estabilizar la estructura del suelo, hacerla más resistente a la degradación (Cochrane and Aylmore, 1994; Thomas *et al.* 1996), además de disminuir la compactación y la resistencia del suelo a la penetración (Sparovek *et al.* 1999; Carter, 2002). Por ello, en nuestro estudio los datos presentados están correlacionados con el porcentaje de materia orgánica hallado en los diferentes manejos. De esta forma podemos explicar los bajos niveles de compactación observados en el SDC6, puesto que es el manejo con mayor contenido en materia orgánica. Resultados similares han sido descritos por otros autores en estudios de no laboreo a largo plazo (Peacock *et al.* 2001; Feng *et al.* 2003). De igual forma podemos explicar el comportamiento del SDC, que en tan solo dos años presenta una significativa mejora en los parámetros estudiados con respecto a LC.

Conclusiones

Podemos afirmar que las prácticas de agricultura de



conservación permiten incrementar las reservas de agua disponibles para el crecimiento del cultivo, registrando hasta un 37 % más de humedad en el suelo con respecto al laboreo convencional. Este incremento de la humedad se estabiliza en el segundo año de implantación de los manejos de siembra directa. Además, los datos obtenidos a lo largo de los tres años de estudio ponen de manifiesto que la siembra directa disminuye la compactación e incrementa los contenidos de materia orgánica a corto plazo (a partir del segundo año). Todo esto supone unas notables ventajas no sólo medioambientales, sino que también económicas. Se produce una clara optimización del uso del agua y una mejora en ciertas propiedades edáficas determinantes en la conservación del suelo como recurso. ●

1. Departamento de Biología y Producción de los Vegetales, Universidad de Extremadura, Avda Elvas s/n, España.
*E-mail:pinciro@unex.es
2. Escuela Superior Agraria de Elvas, Portugal.
3. SIDT, Junta de Extremadura.
4. Departamento de Microbiología, Universidad de Extremadura.
5. Casas de Hitos, Madrigalejo, Cáceres.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (Proyecto AGL 2000-0463-P4-05)

Referencias

Arshad, M. A.; Franzluebbers, A. J.; Azooz, R. H. 1999. Components of surface soil structure under conventional and no-tillage in northwestern Canada. *Soil and Tillage Research* 53, 41-47.

Bescansa, P.; Imaz, M. J.; Virto, I.; Enrique, A.; Hoogmoed, W. B. 2006. Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *Soil and Tillage Research* 87, 19-27.

Carter, M. R. 2002. Soil quality for sustainable land management: Organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal* 94, 38-47.

Cochrane, H. R.; Aylmore, L. G. R. 1994. The effects of plant roots on soil structure. pp. 207-212.

Feng, Y.; Motta, A. C.; Reeves, D. W.; Burmester, C. H.; van Santen, E.; Osborne, J. A. 2003. Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. *Soil Biology and Biochemistry* 35, 1693-1703.

Fu, G.; Chen, S.; McCool, D. K. 2006. Modeling the impacts of no-till practice on soil erosion and sediment yield with RUSLE, SEDD, and ArcView GIS. *Soil and Tillage Research* 85, 38-49.

Holland, J. M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103, 1-25.

Nelson, D. W.; Sommers, L. E. 1996. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Chemical Methods.* American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 961-1010.

Peacock, A. D.; Mullen, M. D.; Ringelberg, D. B.; Tyler, D. D.; Hedrick, D. B.; Gale, P. M.; White, D. C. 2001. Soil microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate applications. *Soil Biology and Biochemistry* 33, 1011-1019.

Potter, K. N.; Chichester, F. W. 1993. Physical and chemical properties of a Vertisol with continuous controlled-traffic, no-till management. *Transactions - American Society of Agricultural Engineers* 36, 95-99.

Raper, R. L.; Reeves, D. W.; Schwab, E. B.; Burmester, C. H. 2000. Reducing soil compaction of Tennessee Valley soils in conservation tillage systems. *Journal of Cotton Science* 4, 84-90.

Sparovek, G.; Lambais, M. R.; Da Silva, A. P.; Tormena, C. A. 1999. Earthworm (*Pontoscolex corethrurus*) and organic matter effects on the reclamation of an eroded oxisol. *Pedobiologia* 43, 698-704.

Thomas, G. W.; Haszler, G. R.; Blevins, R. L. 1996. The effects of organic matter and tillage on maximum compactability of soils using the proctor test. *Soil Science* 161, 502-508.

Yaalon, D. H. 1997. Soils in the Mediterranean region: what makes them different? *CATENA* 28, 157-169.