

# Efectos del manejo de suelo en la escorrentía y erosión en el olivar

Los eventos puntuales provocan mayor pérdida de suelo y en ellos se manifiesta la importancia de la cubierta vegetal

En España, el 25% del suelo está gravemente deteriorado por la erosión, especialmente acentuado en Andalucía. El empleo de cubiertas vegetales es un sistema eficaz para su conservación. En este artículo se resumen los resultados de dos ensayos realizados para determinar la eficacia de la cubierta vegetal en olivar frente al laboreo convencional.

**Antonio Rodríguez Lizana.** Asociación Española de Agricultura de Conservación/Suelos Vivos.

**Rafaela Ordóñez Fernández.** Departamento de Suelos y Riegos. CIFA Alameda del obispo. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

**Pedro González Fernández.** Departamento de Suelos y Riegos. CIFA Alameda del obispo. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

**Antonio Jesús Espejo Pérez.** Asociación Española de Agricultura de Conservación/Suelos Vivos.

**E**spaña cuenta con olivares repartidos por gran parte del territorio nacional, lo cual la sitúa a la cabeza de la producción de aceitunas del mundo, con una superficie de olivar que supera los 2,4 millones de hectáreas, de los cuales 1,4 se encuentran en Andalucía (MAPA, 2002). Dicho olivar ha ocupado tradicionalmente suelos marginales, poco fértiles, con horizontes truncados por la erosión, elevadas pendientes y poco aptos para otros cultivos. Sólo en las últimas décadas se han puesto en cultivo zonas con condiciones aceptables de suelo y clima.

En España, estudios realizados por el MOPU (1990) concluyen que el 25% de nuestro suelo está gravemente deteriorado por la erosión (pérdida total del horizonte A y más del 25% del B), lo cual se acentúa en Andalucía, caracterizada por una pluviometría irregular, con una estación seca pronunciada con lluvias de tipo torrencial, donde las cuencas en ocasiones presentan elevadas pendientes, favoreciendo los procesos erosivos.

La regeneración del suelo es lenta y en ocasiones muy difícil de conseguir, lo que hace que sea considerado un recurso no renovable, por lo que su conservación puede a veces convertirse en una prioridad. El empleo de cubiertas vegetales es un sistema eficaz para su conservación (Philips, 1986; Moreira, 1991; Castro, 1993), reconociendo que pueden plantearse problemas de competencia con el cultivo si no se emplean estrategias de manejo adecuadas, y que hay algunos problemas por resolver. Han sido muchas las tentativas de su empleo en olivar, pero quizás la complejidad de su manejo ha dificultado su implantación hasta la reciente aparición de herbicidas cada vez más selectivos y económicos, que han hecho que las técnicas de cultivo basadas exclu-



Pérdida de olivo.

sivamente en la aplicación de herbicidas hayan tenido un mayor grado de aceptación por parte del agricultor (Castro, 1993).

En este estudio se determina la eficacia de la cubierta vegetal en olivar frente al laboreo tradicional en reducción de la erosión y producción de escorrentía, a lo largo del período 4/3/03 al 7/4/04 en dos parcelas de olivar situadas en los términos municipales de Castro del Río (Córdoba) y Nueva Carteya (Córdoba).

## Material y métodos

Se ha elegido el sistema de trampas de sedimentos. La trampa usada es un recinto cerrado, con una superficie de 1 m<sup>2</sup> por facilidad de transporte y montaje, aspecto importante dado el elevado número de dispositivos instalados (doce en total) y también porque con los datos que ofrecen basta para cumplir nuestros propósitos de estudio. Se decidió colocar en cada finca cuatro trampas cerradas, gradualmente repartidas por la pendiente, que luego se ampliaron a seis, empleando un diseño en bloques al azar, con dos tratamientos (cubierta y laboreo convencional) y tres repeticiones.

El canal colector, con forma de V, es una pieza metálica –con una chapa metálica a modo de cobertura para evitar la caída directa de agua sobre ella– a la cual se conecta un tubo flexible de goma, que dirige la escorrentía y los sedimentos al sistema de almacenamiento de agua, un bidón cilíndrico de polietileno de 25 l de capacidad.

Para evitar la obturación del conducto que transporta el agua de escorrentía, se dispone una malla en el orificio de salida de la trampa. Debido a que algunos de los suelos del estudio son arcillosos, y por lo tanto el terreno sufrirá un cierto grado de expansión cuando se humedezca, pudiendo abrazar al bidón y no permitiendo así sacarlo tras un evento importante de lluvia para poder tomar las muestras, se ha dispuesto un tubo metálico hueco de acero galvanizado de 31,5 cm de diámetro, en cuyo interior se coloca el bidón cilíndrico para que sirva de pantalla protectora del mismo, de forma que el bidón sea fácilmente extraíble.

Cada vez que tiene lugar un episodio de lluvia se viaja a las parcelas, midiendo la cantidad de agua precipitada –en cada una se ha instalado un pluviómetro con capacidad de 250 mm– y el volumen de agua de escorrentía recogido en cada garrafa, tomándose una muestra de aproximadamente tres litros de esta última. Estos datos se acompañan en los resultados con la medición de la pendiente del terreno donde está instalada la trampa y con un seguimiento de la evolución de la cobertura vegetal del suelo.

Tras finalizar el trabajo de campo, en laboratorio se procede a la evaporación del agua de muestra recogida y a la posterior pesada de sedimentos.

La toma de ese volumen –tres litros– obedece a la sedimentación que tiene lugar en el bidón, por lo cual éste se agita enérgicamente antes de coger la muestra. El tercer litro pertenece al líquido final del bidón, que suele conservar mayor concentración de sedimento pese al agitado, por la presencia de partículas de arena. Se recoge también el suelo que haya quedado en el canal colector.

La evaporación de toda la muestra de agua recogida es un proceso muy lento, por lo que se deja decantar los sedimentos durante algunos días, vaciando posteriormente algo de muestra de agua sin sedimentos y el resto se introduce en el horno de aire forzado. Para introducir la muestra en el horno se han usado cápsulas de porcelana. Tras evaporar el agua, se procede a tomar el peso del sedimento acumulado.

El manejo de la cubierta es el que realiza cada agricultor en su propia finca acorde a sus necesidades, por lo que la época de siega, su tipo y su realización o no son diferentes para las fincas. El laboreo en el interior de las trampas se realizaba en las visitas a campo acorde al estado de la vegetación, para simular la cobertura que tendría el suelo en el sistema de laboreo convencional, efectuándolo a una profundidad de 10-15 cm con una azada.

**CUADRO I. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DE LAS FINCAS OBJETO DE ESTUDIO.**

Parcela	Tipo cubierta	Profundidad	Textura			MO (%)	pH	Clase textural
			Ar (%)	Lim (%)	Ac (%)			
C3	E	0-20	21,3	45,8	32,9	1,09	8,09	FA
		20-40	25,9	45,8	28,3	0,90	8,26	FA
		40-60	27,1	39,2	33,7	0,72	8,25	FA
C4	E	0-20	30,6	46,9	22,5	2,09	7,93	F
		20-40	25,8	47,3	26,9	2,42	7,96	F
		40-60	26,8	46,5	26,7	2,33	8,06	F

Tipo cubierta: E (espontánea). Ar (%), Lim (%) y Ac (%): porcentajes de arena, limo y arcilla, respectivamente; MO: materia orgánica. Clase textural: F, franco; FA: franco arcilloso.

## Resultados de los ensayos

Se muestran los resultados de dos parcelas de los términos municipales de Castro del Río (Córdoba) y Nueva Carteya (Córdoba), del 4/3/03 al 7/4/04, cuyas características se reflejan en el cuadro I.

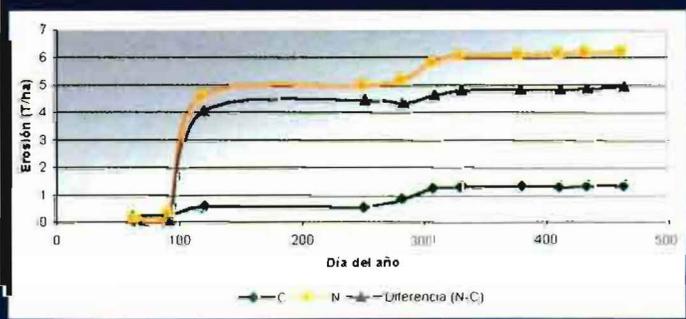
### Parcela C3

**Erosión.** La erosión es de 6,24 t/ha para la zona labrada y 1,32 t/ha para la zona con cubierta. Las pendientes medias de las microparcelas de C3 son del 16,2%. El mayor incremento en pérdida de suelo tiene lugar en el evento anterior a la toma de datos de 30 de abril (día 121). Tras él (figura 1), la pérdida de suelo se mantiene relativamente constante a lo largo del período de estudio, por lo cual se manifiesta que el efecto de la cubierta ha sido en este caso puntual, dando eficaz protección al suelo frente a un evento muy erosivo.

**Escorrentía.** El mayor incremento en escorrentía (figura 2) tuvo lugar el día 1 de abril (día 92). En dicho evento, las escorrentías recogidas fueron las máximas de todo el período de estudio para ambos sistemas de manejo. Se recogieron 8,32 l para la zona con cubierta y 23,7 l para la zona labrada, lo cual corresponde a un coeficiente de escorrentía de 0,18 en esta última, con una diferencia de significación  $p=0,01$ ;  $F=85,9$ . Es esa diferencia la que luego se mantiene relativamente constante para el resto del período, desde el 9 de septiembre de 2003, como se aprecia en la figura 2, por el paralelismo de los trazos que indican las escorrentías acumuladas con y sin cubierta. No hay gran diferencia entre las medias para el resto de los eventos que suceden desde

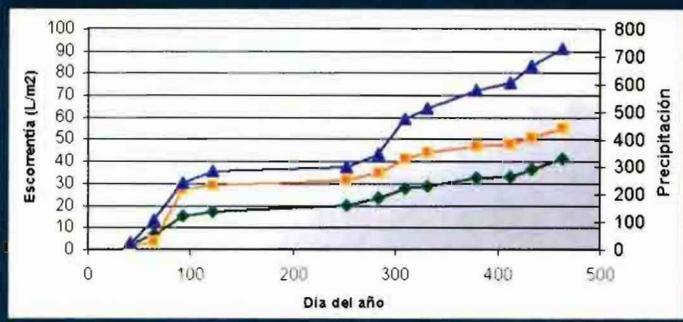
**FIGURA 1.**

Erosión acumulada en el periodo de estudio. C: zona con cubierta; N: zona labrada.



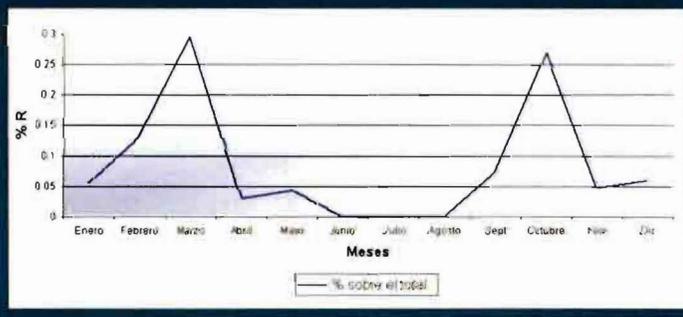
**FIGURA 2.**

Escorrentía acumulada en el periodo de estudio



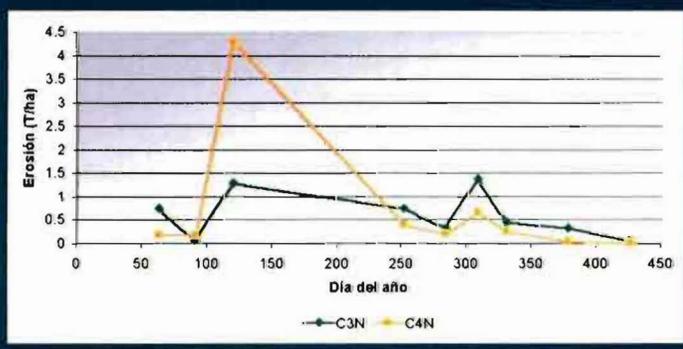
**FIGURA 3.**

Datos de la estación meteorológica de Baena. Red de Información Agroclimática de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. Distancia de la estación a las fincas C3 y C4: 16,7 y 17 km, respectivamente.



**FIGURA 4.**

Erosión parcial producida en los distintos eventos a lo largo del periodo de estudio.



entonces en cuanto a escorrentía, y la diferencia entre los sistemas ha pasado de 12,2 mm a 15,17 mm entre el 1/4/03 y el 8/3/04. Por ello, casi todo el efecto de la cubierta se manifiesta en un solo evento significativo. Analizando el período globalmente respecto a la escorrentía, no hay diferencias significativas en ambos sistemas en escorrentía ni en el resto de eventos, resultando para el período de estudio un CEC = 5,4% frente a CEN=7,7%.

Destaca también el hecho de la desigual distribución de pérdidas de suelo/evento respecto al total y de escorrentía/mm de

lluvia. El evento de 30/4/03 supone el 68,42% de las pérdidas de suelo para la zona labrada, mientras que es del 21,22% para la zona con cubierta vegetal, que presenta una homogeneidad mayor en la distribución de pérdidas, inferiores en todo caso a las de la parcela con laboreo.

Por ello, en este caso, la cubierta, aún cuando ofrece una protección general frente a pérdidas de suelo y agua, resulta especialmente positiva para eventos concretos que generan la mayoría de las pérdidas de suelo y agua. Su utilidad es manifiesta a lo largo del año, pero la heterogénea distribución anual de pérdidas antes comentada da lugar a ello.

**Parcela C4**

**Erosión.** La erosión es de 5,45 t/ha frente a 1 t/ha (zona labrada y cubierta, respectivamente). En C4 las microparcels están dispuestas a lo largo de una ladera de pendiente variable, con una media de 16,1%. Los mayores incrementos en la curva de pérdida de suelo acumulada tienen lugar los días 30/4/04 y 5/11/03. La **figura 3**, función de densidad de la erosividad anual en la estación meteorológica de Baena, situada a 17 km de la finca, muestra que en el período comprendido entre el 1/4/04 y el 30/4/04 la fracción de erosividad respecto a la anual fue del 29,44% anual, y entre el 10/10/03 y el 5/11/03 fue del 26,32%, lo cual denota que en esos períodos la erosión producida por las lluvias debe corresponder a los máximos de erosividad anuales, al menos en laboreo, como así sucede. Son los máximos relativos que se aprecian en la **figura 4** y que corresponden a grandes incrementos relativos de pérdida de suelo, los días del año 121 y 309, días que también coinciden con los eventos más erosivos de la finca C3. Esta coincidencia se explica por la proximidad entre las fincas C3 y C4, situadas a 3 km de distancia aproximadamente, aunque en zonas de distinta orografía. Resaltamos el hecho de que los eventos de la toma de datos del día 30/4/04, los más erosivos para C3 y el segundo en importancia para C4, son de pequeña cuantía en comparación con otros producidos a lo largo del período de estudio (44 mm en C3 y 30 mm en C4).

El escaso número de repeticiones hace que, aun cuando las medias de pérdida de suelo obtenidas en los distintos eventos sean siempre superiores en la zona labrada, no haya significación estadística salvo en los eventos de 10/10/03 ( $p=0,01$ ,  $F=1914$ ) y de 16/2/04 ( $p=0,08$ ,  $F=22,63$ ). En la mitad de los eventos el valor de  $p$  oscila entre 0,10 y 0,15, lo cual hace pensar que un mayor número de repeticiones otorgaría una clara significación esta-



Pareja de colectores de sedimentos.



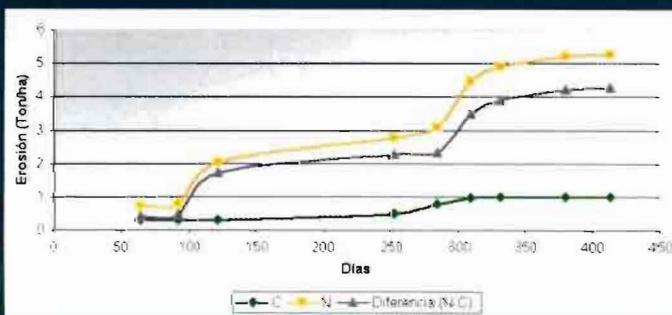
Una vez anotado el peso de sedimentos acumulados en el recipiente, se extrapolan los resultados obteniéndose la cantidad de material erosionado acumulado en el bidón.

dística. Con todo, hay una evidente tendencia de reducción de la erosión evento a evento que hace que la línea que indica la diferencia acumulada sea creciente con respecto al tiempo, como se observa en la **figura 5**.

**Escorrentía.** Con respecto a la escorrentía, cuatro eventos resultan ligeramente significativos, de fechas 30/4/03 ( $p=0,07$ ;  $F=73,20$ ; día del año 121), 9/9/03 ( $p=0,07$ ;  $F=61,28$ ; día 252), 14/1/04 ( $p=0,05$ ;  $F=16,73$ ; día 379) y 16/2/04 ( $p=0,06$ ;  $F=15,68$ ; día 412). En el resto, aun cuando no tengan significación estadística, se observan unas medias de escorrentía supe-

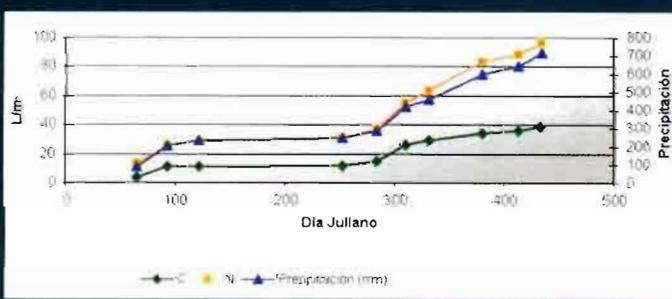
**FIGURA 5.**

Erosión acumulada en el periodo de estudio.



**FIGURA 6.**

Escorrentía acumulada en el periodo de estudio.



**Semillas Agromonegros:  
Y no le dé más vueltas.**



**AGRO MONEGROS**

Tel. Atención al Cliente:  
**902 168 289**

Ctra. Sariñena, Km 25,6 • Tel. 976 16 82 89  
Fax 976 16 82 95 • 50160 LECIÑENA - ZARAGOZA  
e-mail: [info@agromonegros.com](mailto:info@agromonegros.com)  
web: [www.agromonegros.com](http://www.agromonegros.com)

**CUADRO II. PÉRDIDA DE AGUA POR ESCORRENTÍA Y DE SUELO EN LA PARCELA C4.**

Fecha	Precipitación (mm)	Pérdida de suelo (gr/m <sup>2</sup> )			Escorrentía (mm)		
		C	N	Comparación (%)	C	N	Comparación (%)
4-mar-2003	87	30,7	72,8	-57,9	3,8	13,3	-71,7
1-abr-2003	115	1,1	5,1	-79,3	7,1	11,8	-39,3
30-abr-2003	30	0	127,5	-100,0	0	3,5	-100,0
9-sep-2003	16	17,9	73,8	-75,7	1,0	1,6	-39,9
10-oct-2003	40	28,2	31,1	-9,5	3,2	6,8	-52,3
5-nov-2003	131	19,4	136,4	-85,8	10,7	18,3	-41,5
27-nov-2003	41	1,7	43,1	-96,1	2,9	8,5	-65,1
14-ene-2004	138	0,6	31,7	-98,1	5,3	19,9	-73,6
16-feb-2004	45	0	5,6	-100,0	1,8	4,8	-61,6
8-mar-2004	73	0,6	7,7	-92,2	3,1	7,7	-59,8
7-abr-2004	98	0	10,3	-100,0	5,4	7,3	-25,8

Resultados por evento. C: parcela con cubierta; N: parcela labrada.

Comparación: porcentaje de reducción obtenido por la presencia de cubierta vegetal con respecto al laboreo convencional.

**CUADRO III. RESULTADOS GLOBALES DE PÉRDIDA DE AGUA Y SUELO. CONCENTRACIÓN MEDIA DE SEDIMENTOS. PARCELAS C3 Y C4.**

Parcela	Prec. (mm)	Escorrentía total (mm)			Pérdida de suelo total (gr/m <sup>2</sup> )			Pérdida/Esc (g/l)		
		C	N	Reducción (%)	C	N	Reducción (%)	C	N	Reducción (%)
C3	685	36,4	50,8	-28,5	132,1	624,3	-78,8	3,6	12,3	-70,4
C4	716	38,9	96,0	-59,4	100,4	544,9	-81,6	2,6	5,7	-54,6

Prec: precipitación.

riores en las parcelas labradas. Para el período estudiado, de una precipitación total de 716 mm, la escorrentía para la zona con cubierta es de 38,96 mm (CEC=5,44%) y la escorrentía para la zona labrada es de 96,01 mm (CEN=13,41%) (figura 6). Es destacable que, en ambos sistemas de manejo, el 40% de la escorrentía anual tiene lugar en tan sólo dos eventos, de fechas 5/11/03 y 14/1/04, que corresponden a los de pluviometría más cuantiosa, y que, sin embargo, no son los de mayor CE del estudio ni los dos más erosivos (uno de ellos sí lo es, de 5/11/03). De hecho, las mayores pérdidas de suelo suceden en los eventos de 30/4/03 y 5/11/03, como se ha indicado, que concentran el 48% de las pérdidas anuales en la zona labrada. En dichos eventos, la pérdida en la zona labrada fue 13,6 veces la de la zona con cubierta, manifestándose la importancia de la cobertura en ellos.

## CONCLUSIONES

Se observa que la implantación de cubierta vegetal en olivar da lugar a una notable reducción de la pérdida de agua por escorrentía y de suelo en ambas fincas. La reducción de la erosión supera a la que tiene lugar en escorrentía, especialmente en la finca C3. Aun cuando ambas se encuentran cercanas, se observa diferencia en el comportamiento de la zona labrada en cada una de ellas: en la parcela C4 se produce mucha más escorrentía, algo que podría justificarse por el elevado grado de compactación que presenta en superficie.

La cuantía media de sedimentos de las aguas de escorrentía con cubierta vegetal es inferior que en laboreo convencional, aún cuando el menor volumen perdido con cubierta tiende a incre-

mentar el cociente en su caso. Es tal la disminución de la erosión, que el cociente pérdida de suelo/escorrentía se reduce a favor del sistema con cubierta. Es decir, hay una menor pérdida de agua y además esa menor cantidad lleva menos sedimento en suspensión por litro de escorrentía.

La diferencia de pérdida de suelo entre ambos sistemas tiende a mantenerse relativamente constante o con ligeros incrementos para los dos sistemas de manejo ensayados. Son eventos puntuales, no necesariamente cuantiosos, los que provocan un mayor crecimiento de la línea que marca dicha diferencia, pero que resaltan la importancia de la cubierta en los momentos de mayor erosividad. Un importante porcentaje de la pérdida de suelo producida tiene lugar en uno o

dos eventos a lo largo del período analizado (por ejemplo, en C4 dos eventos dan lugar al 48% de la pérdida total de suelo). Idéntico comportamiento tiene lugar para la pérdida de agua por escorrentía.

Es importante lograr una biomasa aceptable en la cubierta, pues en ocasiones (caso de C3) el evento más erosivo puede tener lugar cierto tiempo después de la siega de aquella; asimismo, es también de interés lograr un rápido establecimiento tras las primeras lluvias, pues éstas en el caso analizado resultaron muy erosivas (entre el 10/10/03 y el 5/11/03 la erosividad de estas lluvias supuso el 26,32% del total anual), de ahí la importancia de elegir una especie de rápido establecimiento. ■

En el cuadro II se muestran los resultados de pérdida de suelo obtenidos en las distintas salidas a campo desde el 4/3/03 para la parcela C4, en ella se puede apreciar cómo las pérdidas de suelo y agua resultan inferiores para el sistema de cubierta vegetal en todos los eventos desde el comienzo del estudio.

A modo de resumen, en el cuadro III se indican las pérdidas totales de suelo y escorrentía en las parcelas estudiadas. ■

## Agradecimientos

Al Convenio Específico entre la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y la Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos "Desarrollo de un Programa de Seguimiento para la Evaluación de la aplicación de las medidas de fomento de Cubiertas Vegetales en el Olivar de Andalucía", que ha permitido la financiación de los ensayos de campo y laboratorio; al comité científico del Convenio por su labor de revisión; al personal de laboratorio por su ayuda en la labor de realización de análisis; y a los propietarios de las diferentes parcelas por permitir la continuación de los experimentos.

## Bibliografía

Castro, Juan. 1993. Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas. Tesis doctoral. Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2002. En Hechos y cifras del sector agroalimentario y del medio rural español.

Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. 1990. Medio Ambiente en España 1989. Secretaría General de Medio Ambiente. Centro de Publicaciones del MOPU.

Moreira, J.M. 1991. Capacidad de uso y erosión de los suelos. Agencia de Medio Ambiente. Consejería de Cultura y Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

Phillips, R.E. 1986. Efectos del clima sobre la agricultura sin laboreo. En: Phillips, R.E. y Phillips, S.H. (eds.). Agricultura sin laboreo. Principios y Aplicaciones. Bellaterra. Barcelona.