

Manejo de suelo en olivar

Implicaciones sobre la intensidad de pérdida de suelo y agua por escorrentía, contaminación de aguas superficiales

A. Rodríguez-Lizana*

R. Ordóñez**

A.J. Espejo-Pérez*

J.V. Giraldez***

Introducción

Andalucía cuenta con olivares repartidos por gran parte de su territorio, lo que la sitúa a la cabeza de las regiones productoras de aceite en el mundo, con una superficie de olivar superior a 1,5 Mha (Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía, 2005). La pérdida de suelo es uno de los problemas más importantes del olivar en Andalucía. A ello se une la pérdida de agua por escorrentía, un problema adicional que, en muchos casos, limita la producción. Es éste un aspecto importante, pues el 81 % de la superficie de olivar andaluz se encuentra en secano (Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía, 2005).

El empleo de técnicas de agricultura de conservación en cultivos leñosos (cubiertas vegetales) es un sistema eficaz para la conservación de suelos y aguas (Phillips, 1986; Moreira, 1991; Castro, 1993), por lo que han sido muchas las tentativas de su empleo en olivar. Este sistema conservacionista presenta una clara tendencia al alza en los últimos años, como se manifiesta en la evolución positiva de la superficie de la medida agroambiental de olivar en pendiente (Medida 4: lucha contra la erosión en olivar) (Rodríguez-Lizana, 2004).

Por ello, y con la finalidad de profundizar en el estudio de este sistema se ha estimado, a lo largo de un año y en ocho parcelas de olivar situadas en diferentes localidades de Andalucía, la eficacia de la cubierta vegetal como reductora de la intensidad de pérdida de suelo y produc-



ción de escorrentía, así como su efecto respecto a las pérdidas de NO_3^- , P y K en solución, frente al laboreo tradicional.

Se evalúa igualmente la contaminación de las aguas por NO_3^- , P y K. Desde un punto de vista agronómico, las pérdidas de estos elementos pueden representar una merma de nutrientes para el sistema a la que el agricultor no suele conceder ninguna importancia dado el precio de los fertilizantes que implica disminución de la fertilidad natural de los suelos por la materia orgánica y nutrientes que salen del sistema. En cambio, desde un punto de vista ambiental, estas pérdidas pueden suponer un deterioro en la calidad de las aguas.

La influencia del sistema de manejo de suelo se manifiesta en las diferentes tasas de infiltración y respuesta del suelo ante los eventos pluviométricos. Los resultados obtenidos hasta la fecha indican que la cubierta vegetal reduce la erosión, escorrentía y pérdida de NO_3^- en solución. El efecto del sistema sobre las pérdidas de P y K en solución no resulta evidente hasta la fecha, por lo que

se hace necesaria una continuación de estos estudios, que se seguirán realizando en los próximos años.

Objetivos

Los objetivos de este trabajo son:

- Cuantificación del efecto de la cubierta vegetal en la reducción de la intensidad de pérdida de suelo en olivar con el uso de cubierta vegetal viva y determinación de la influencia del porcentaje de cobertura en la producción de sedimento.
- Evaluación de la influencia de la cubierta vegetal en la pérdida de agua por escorrentía.
- Efecto de la cubierta vegetal en la disminución de la contaminación de las aguas por el aporte de P, K y NO_3^- disueltos en agua de escorrentía.
- Análisis de la compactación susceptible de producirse en los sistemas conservacionistas.

Material y métodos

Ensayos de campo: se ha trabajado con trampas de sedimentos en una red de ocho parcelas de olivar localizadas

* Asociación Española de Agricultura de Conservación/Suelos Vivos. CIFA Alameda del Obispo.

** Departamento de Recursos Naturales y Producción Ecológica. CIFA Alameda del Obispo.

*** ETSI de Agrónomos y Montes. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.

en las provincias de Córdoba (Castro del Río, parcela C3; Nueva Carteya, C4 y Obejo, C5), Huelva (Chucena, dos parcelas, H1 y H2), Sevilla (La Campana, S2) y Jaén (Torredonjimeno, J1 y Torredelcampo, J2). La unidad experimental es una microparcela de



Figura 1. Pareja de microparcelsas

un metro cuadrado, elección motivada por el elevado número de trampas instaladas (48), y por su facilidad de transporte y montaje. Se constituye de tres chapas cuadrangulares de acero galvanizado, formando la unión de cada dos un ángulo de 90°. (Figura 1).

Los bordes se fijan para conseguir una unión hermética que evite la entrada de agua. La parte frontal de la trampa tiene forma triangular, facilitando así la recogida de agua. En la parte inferior existe un orificio de salida que conduce el agua

hasta el sistema de recogida, y de aquí a la cisterna colectora, bidón cilíndrico de polietileno de 25L de capacidad. En algunas parcelas se han dispuesto dos en serie. Asimismo, se ha instalado un tubo metálico hueco de acero galvanizado para facilitar la extracción del bidón, a semejanza de Díaz (2002).

La caracterización de los suelos en los que se implantan los campos de experimentación es la que sigue en la tabla 1.

El manejo de la cubierta es distinto para cada finca, pues el agricultor lo re-

aliza acorde a sus necesidades, por lo que la época de siega, su tipo y su realización o no, son diferentes para cada una de ellas. Así, el manejo de suelo de las microparcelsas se realiza, por un lado, en el tratamiento de cubierta vegetal, siguiendo las labores realizadas a la cubierta de la finca, y en el tratamiento de laboreo se efectúa la correspondiente labranza

en el momento en que se realiza en los olivares de la zona que practican laboreo tradicional como técnica de manejo. En campo se determina el volumen de escorrentía vaciando las cisternas sobre un recipiente calibrado. Para la determinación de la pérdida de suelo se toma una muestra de 3 L para su posterior análisis, recogiendo también el suelo que haya quedado en el canal colector. A la muestra de escorrentía recogida se le realizan los correspondientes análisis.

Análisis de laboratorio: se procede a la evaporación del agua de la muestra recogida en un horno de aire forzado, utilizando cápsulas de porcelana. Posteriormente, se pesan los sedimentos. Se supone proporcionalidad entre los sedimentos obtenidos en el volumen recogido y los que corresponderían al volumen total de la cisterna. Respecto al análisis químico, las muestras obtenidas se conservan a 4 °C. Posteriormente se filtra una alícuota para la determinación de la concentración de P, NO₃⁻ y K en disolución en la trampa correspondiente. Los procedimientos de análisis se exponen en Page (1982).

Análisis estadístico: Para evaluar las diferencias entre pérdidas de suelo, escorrentía y contaminación de las aguas con los dos sistemas de manejo de suelo, se ha realizado por parámetro una prueba T de muestras relacionadas (contraste unilateral), correspondientes a los resultados globales de cada campo experimental a lo largo del periodo de estudio, indicando la probabilidad límite obtenida. En algunos de los parámetros presentados se determina, por campo experimental, la influencia del sistema de manejo con una prueba no paramétrica de Wilcoxon, bajo hipótesis de contraste unilateral.

Tabla 1. Caracterización del suelo de las fincas objeto de estudio y tipo de cubierta

Parcela	Tipo cubierta	Profundidad (cm)	Textura			M.O. (%)	pH	Clase textural
			Ar (%)	Lim (%)	Ac (%)			
C3	E	0-20	21,3	45,8	32,9	1,09	8,09	F-A
		20-40	25,9	45,8	28,3	0,90	8,26	F-A
		40-60	27,1	39,2	33,7	0,72	8,25	F-A
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
C5	E	0-20	37,60	57,60	5,20	2,62	6,61	F-L
		20-40	34,20	60,10	5,70	1,59	6,61	F-L
		40-60	47,40	47,50	5,10	0,93	6,66	F-A
J1	S	0-20	16,40	44,00	39,60	1,91	7,93	F-A-L
		20-40	20,40	44,10	35,50	1,78	8,01	F-A
		40-60	20,60	40,20	39,20	2,23	7,91	F-A
J2	S	0-20	27,0	39,8	33,2	0,95	7,98	F-A
		20-40	25,3	43,9	30,8	1,58	7,89	F-A
		40-60	30,4	43,1	26,5	0,69	8,08	F
H1	E	0-20	35,4	41,8	22,8	1,43	7,92	F
		20-40	25,30	44,00	30,70	1,19	8,22	F-A
		40-60	31,10	41,00	27,90	1,39	8,08	F-A
H2	E	0-20	28,40	41,80	29,80	1,51	8,05	F-A
		20-40	27,60	43,10	29,30	1,35	8,09	F-A
		40-60	24,70	47,60	27,70	0,94	8,25	A
S2	E	0-20	42,60	33,10	24,20	1,49	8,29	F
		20-40	36,20	32,60	31,20	2,06	8,21	F-A
		40-60	37,60	34,10	28,30	1,80	8,23	F-A

Tipo cubierta: E (espontánea), S (sembrada). Ar (%), Lim (%) y Ac (%): porcentajes de arena, limo y arcilla, respectivamente; M.O. (%): porcentaje de materia orgánica. Clase textural: F, franco; L, limoso; A, arcilloso.

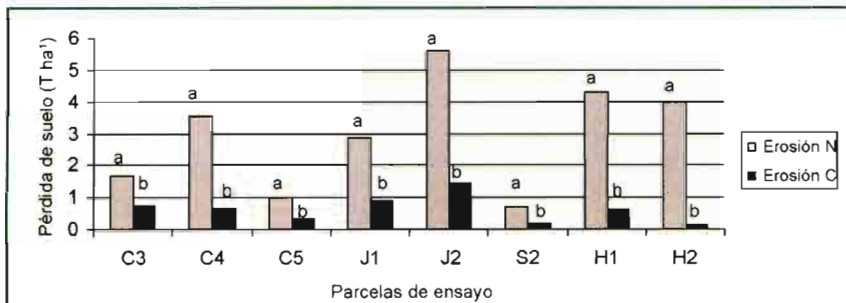


Figura 2. Pérdida de suelo para el periodo 1 Junio 2003-1 Junio 2004. Letras distintas en un campo experimental indican diferencias significativas según el test de Wilcoxon ($p=0,053$). laboreo convencional. C: cubierta vegetal.

Resultados

Pérdida de suelo: se muestran los resultados obtenidos en los ocho campos experimentales en el periodo 1 Junio 2003-1 Junio 2004. Como se observa, en todas las parcelas disminuye significativamente la intensidad de pérdida de suelo, entre el 53% y el 96%, obteniendo una media del 74% (figura 2).

La pérdida de sedimentos resulta significativamente superior en laboreo convencional ($p=0,006$). Ésta no sigue un patrón uniforme para los distintos eventos, sino que es especialmente importante en uno o dos que concentran la mayoría de la pérdida de suelo, hecho que tiene lugar en todas las parcelas.

En la figura 3 se muestra la producción de sedimentos para las distintas parcelas en función de la erosividad de los distintos eventos y para distintos grados de cobertura. Puede observarse cómo elevados niveles de cobertura, superiores al 70%, disminuyen la pérdida de suelo con independencia del valor de la erosividad del chubasco. Valores de entre el 30%-70% de cobertura reducen en la gran mayoría de las ocasiones la pérdida de suelo a valores inferiores a 50 $g\ m^{-2}$. Por ello, pueden considerarse adecuados valores a partir del 30% de cobertura para dar una protección eficaz (Espejo, 2004). Las pérdidas de suelo mayores tienen lugar, generalmente, con coberturas inferiores al 30%. Los puntos con las mayores pérdidas de suelo corresponden a eventos en los que se había realizado una labranza en las microparcelas con anterioridad (puntos indicados en la figura 3 como una elipse).

La relación producción de sedimentos-cobertura queda corroborada con los datos de la figura 4. Se aprecia con claridad cómo una elevada cobertura reduce en gran medida la pérdida de suelo. Con valores superiores al 20-30% la pérdida se reduce con respecto a la zona denominada "sin protección", que comprende valores de cobertura de 0% a 20%. A partir del 70%, la producción

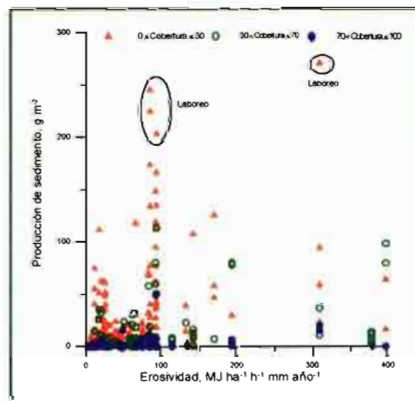


Figura 3. Relación entre la erosividad y la producción de sedimento medida en campo para el periodo 1 Junio 2003-1 Junio 2004.

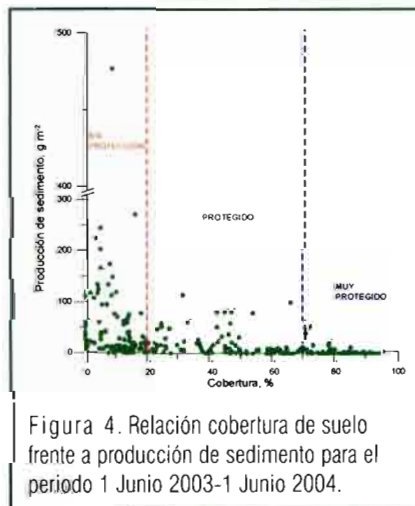


Figura 4. Relación cobertura de suelo frente a producción de sedimento para el periodo 1 Junio 2003-1 Junio 2004.

de sedimentos se reduce drásticamente. La zona con cobertura del 20 al 70%, típica del olivar con cobertura, especialmente en la primera mitad del citado intervalo (20-45%) ofrece una protección muy superior a la de la región 0-20%, que tiene un cierto número de casos con pérdidas superiores a 100 $g\ m^{-2}$.

Por otra parte, la pérdida de agua se reduce igualmente ($p=0,08$), aunque en menor medida que la de suelo, un 16% de media en todas las parcelas. En seis de los campos experimentales se reduce la escorrentía (figura 5), mientras que en dos de ellos, ambos localizados en la provincia de Huelva, aumenta. Ello podría deberse a un incremento de la compactación superficial en alguna de las zonas de medición, pues debe tenerse en cuenta que el laboreo destruye la estructura posiblemente compactada de la capa superficial, favoreciendo la infiltración en este caso, como han observado Francia et al. (2000).

Al igual que tiene lugar con la producción de sedimentos, la pérdida de agua también se reparte mayoritariamente en uno o dos eventos de lluvia, como se indica en la tabla 2.

La tabla 2 indica el número de eventos de lluvia acaecidos en cada parcela, así como el porcentaje de escorrentía que supone el episodio de mayor pérdida de agua con respecto al total anual (columnas C(%) y N(%)). Como puede apreciarse, en la mayoría de las parcelas y sistemas de manejo de suelo, el evento de mayor escorrentía supone más de un 25% de la pérdida total anual de agua por este concepto.

Contaminación de las aguas: Son numerosos los ensayos realizados acerca de pérdidas de nutrientes en diversos cultivos. Por otra parte, es un hecho conocido que las cubiertas vegetales reducen el flujo total de escorrentía (Berenjena, 1998; Giráldez, 1998; Gómez, 2004; Holland, 2004; Rodríguez-Lizana et al., 2004), aspecto de especial relevancia a la hora de realizar estudios de pérdidas de elementos en solución. Ahora bien, en el cultivo del olivo existe poca información sobre la dispersión de nutrientes y contaminantes en agua de escorrentía.



mañezlozano
PULVERIZADORES

**CALIDAD SIGNIFICA ÉXITO
UN AÑO MAS N° UNO EN VENTAS**



**CONSÍGUELO CON LA NUEVA
GENERACIÓN DE ATOMIZADORES
MAÑEZ Y LOZANO, S.L.**

NO ARRIESGUES TU FUTURO.

MAÑEZ & LOZANO, S.L.
POL. INDUSTRIAL NORTE S/N

46230 ALGINET - Valencia
www.manezylozano.com

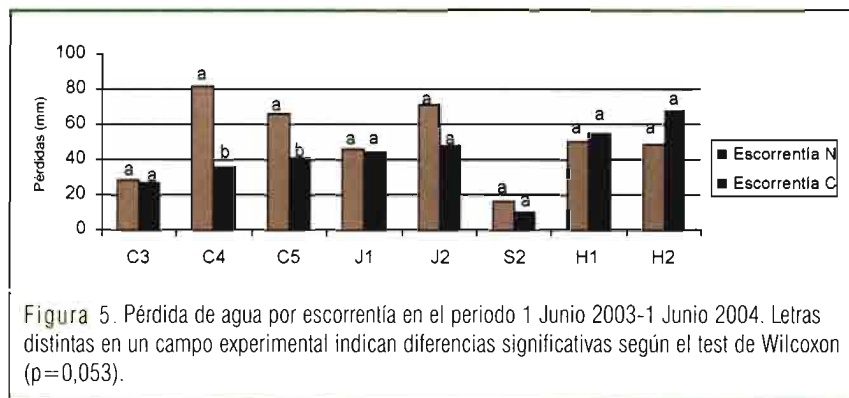


Figura 5. Pérdida de agua por escorrentía en el periodo 1 Junio 2003-1 Junio 2004. Letras distintas en un campo experimental indican diferencias significativas según el test de Wilcoxon ($p=0,053$).

Tabla 2. Escorrentía medida en las parcelas estudiadas (periodo 1 Junio 2003-1 Junio 2004)

Parcela	Nº de eventos	Sistema de manejo de suelo	
		C (%)	N (%)
C3	9	19,9	24,3
C4	9	30,2	24,2
C5	6	30,5	34,2
J1	7	22,2	47,2
J2	7	26,7	33,1
S2	6	44,5	28,5
H1	4	39,0	46,1
H2	4	34,1	37,6

La cantidad de nitrógeno soluble en el agua de escorrentía es muy dependiente del sistema de manejo de suelo (Richardson y Knight, 1995; Douglas et al., 1996; Aguilar, 2004). Existen diversos ensayos de pérdida de NO_3^- en disolución en distintas alternativas de cultivo (Blevins et al., 1990; Owens y Edwards, 1993; Douglas et al., 1998; Fleming y Cox, 1998; Díaz, 2002), pero son muy escasos en el olivar, al haberse centrado los estudios en otras zonas y países sin importancia para este cultivo.

Los resultados obtenidos por nuestro equipo indican que las pérdidas medias de NO_3^- y K son muy variables de unas parcelas a otras, pues no todas ellas realizan igual abonado en tiempo y forma. Las correspondientes a P y NO_2^- presentan una menor variabilidad entre parcelas pues las cantidades de estos elementos en la escorrentía resultan muy inferiores, con la excepción de un dato de NO_2^- de 1,73 Kg/ha en la parcela J2. Las mayores pérdidas corresponden generalmente a NO_3^- en solución. Destacan las parcelas H1 y H2, que sin presentar las mayores escorrentías, tienen

una salida de NO_3^- en solución muy superiores a los demás campos experimentales para ambos sistemas de manejo de suelo –véase figura 6-, que originan unas pérdidas en escorrentía de entre el 7,9% (H1) y el 12,6% (H2) del nitrógeno aplicado con el abonado,

bajo el sistema de laboreo convencional. Con cubierta vegetal la cantidad transferida es inferior: 3,66% y 4,48 %, en H1 y H2, respectivamente.

La cubierta vegetal da lugar a una menor pérdida de nitrógeno en disolución en forma de nitrato (figura 6) y nitrito en todas las parcelas analizadas, con un grado de disminución variable, salvo en J1. El sistema conservacionista reduce significativamente las pérdidas de este anión en el flujo de escorrentía tanto en parcelas ecológicas que no reciben abonado alguno ($p=0,009$) como en aquellas en las que se utiliza abono químico ($p=0,014$). En cuanto al resultado obtenido en P y K disueltos (figura 7), conviene aclarar que sólo en J2 se realiza abonado al suelo con estos elementos, presentando unas pérdidas del 17% (C) y 26%(N) de las Unidades fertilizantes de fósforo (UFP) aplicadas, y del 23,1%(C) y 25,6%(N) de las Unidades fertilizantes de potasio (UFK) aplicadas

en el periodo de estudio. Las cubiertas ejercen un efecto significativo en la reducción de las pérdidas de P en solución ($p=0,06$). En cambio, no se aprecian diferencias en lo referente al K en solución ($p=0,16$). En todo caso, la continuidad del estudio permitirá obtener en el futuro unos resultados más concluyentes al respecto. Es importante destacar que las pérdidas de K en solución son muy superiores a las de P en solución, lo cual es atribuible a la mayor solubilidad de este elemento respecto al P y a su mayor contenido en la superficie del suelo.

Los eventos lluviosos puntuales posteriores al abonado son los responsables de la mayoría de la pérdida de NO_3^- del

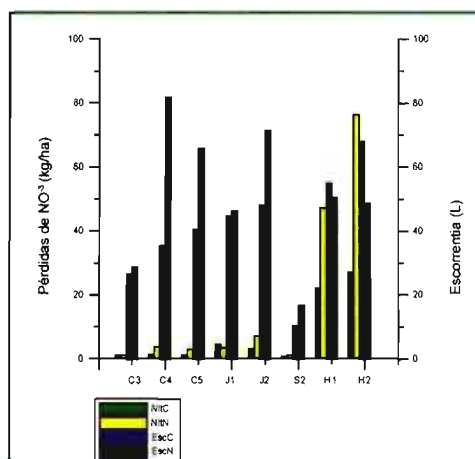


Figura 6. Pérdidas de agua y de nitrato disuelto en el periodo 1 Junio 2003 – 1 Junio 2004

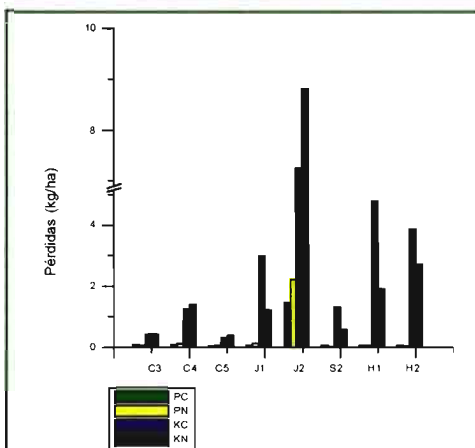


Figura 7. Pérdidas de K y P disueltos en el periodo 1 Junio 2003 – 1 Junio 2004

Kubota

Un **nuevo Tractor** equipado con el revolucionario motor **Kubota V3800-DI-TI** y una caja de cambios de hasta **48 velocidades** en cada sentido de la marcha



Nuevo diseño

El nuevo capó totalmente abatible que facilitará un cómodo acceso en los elementos mecánicos para ahorrar tiempo en las labores de mantenimiento. El tubo de escape lateral pegado al bastidor derecho de la cabina supone una notable mejora de la visibilidad frontal.

- ✓ Transmisión hidráulica con inversor y Hi-lo.
- ✓ Frenos hidráulicos en baño de aceite, incluido el freno de remolque de serie.

KUBOTA ESPAÑA, S.A.
Ctra. del Barrio de la Fortuna, s/n
28044 Madrid
Tlfno.: 91 508 64 42 • Fax: 91 508 05 22
www.kubota-spain.com

periodo analizado (figura 8), aun cuando transcurra en algunos casos más de un mes desde la aplicación del abono, como sucedió en las parcelas H1 y H2. En todos los casos se trata de aplicación a todo terreno mediante abonadora centrífuga, permaneciendo el abono en superficie.

La figura 9 representa el porcentaje de N perdido en escorrentía respecto al aplicado en los distintos campos experimentales que han utilizado abono de síntesis. La cubierta vegetal reduce la pérdida porcentual en las 3 parcelas. Los porcentajes varían entre el 3,9% y el 12,6%.

En la figura 10 se refleja la importancia del evento inmediatamente posterior al abonado en la pérdida de P y K disueltos. Entre el 80,2% y el 95,7% de las pérdidas totales de P y K tuvieron lugar tras la aportación del fertilizante químico en superficie, porcentaje que resultó algo inferior en el caso del nitrato para la misma parcela (véase parcela J2, figura 8).

En cualquier caso, los porcentajes anuales de pérdida en dicho evento son superiores en el caso del sistema con cobertura, aun cuando la escorrentía resultó menor en este caso particular. Ello podría deberse a la extracción de P y K que realiza la cubierta en su crecimiento -hecho que no tiene lugar en el sistema de laboreo-, y que aumenta la importancia proporcional de la presencia de abono en superficie.

Por último, destacamos que se ha observado una clara correlación entre las pérdidas de nitrato en disolución y la escorrentía producida por los distintos eventos. A pesar de la gran variabilidad a lo largo del año del contenido de NO_3^- en el horizonte superficial del suelo, que se ve afectado por el crecimiento de la cubierta y por la mineralización de restos tras labranzas, en general mayores escorrentías suelen producir pérdidas superiores de nitrato. En lo referente a potasio, también se ha observado idéntica correlación, como se aprecia

¹ Nivel de significación establecido: $\alpha=10\%$. Prueba no paramétrica de Wilcoxon. Contraste de hipótesis unilateral

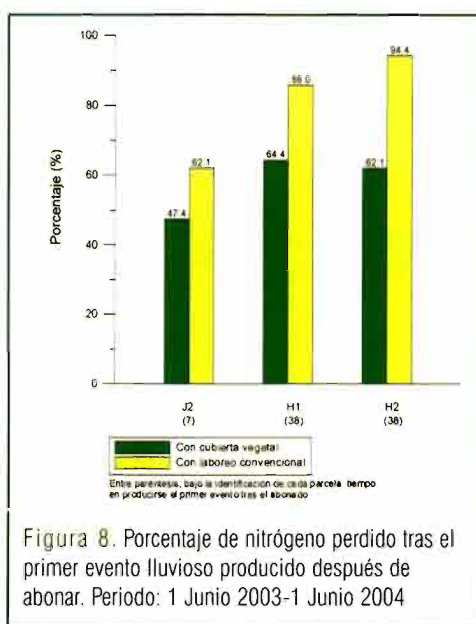


Figura 8. Porcentaje de nitrógeno perdido tras el primer evento lluvioso producido después de abonar. Periodo: 1 Junio 2003-1 Junio 2004

en las figuras 11 y 12, que muestra los resultados obtenidos en uno de los campos experimentales.

Conclusiones

La cubierta ha disminuido la producción de sedimentos en una cantidad variable pero en todo caso elevada en las ocho parcelas. Porcentajes de cobertura del 20-30% son críticos a la hora de reducir la pérdida de suelo, pues a partir de estos valores aquélla disminuye en gran medida. Valores de cobertura elevados hacen descender las pérdidas de suelo a valores próximos a cero con ino

dependencia de la erosividad del chubasco, lo que denota un elevado grado de protección. La pérdida de suelo se reduce en todas las parcelas (entre el 53% y el 96%) con el uso de la cubierta vegetal viva como sistema de mantenimiento del suelo, obteniendo una media del 74%. La salida de agua del sistema disminuye igualmente, aunque en menor medida, un 16% de media en las parcelas. En dos de ellas se ha incrementado, lo cual podría ser debido a una excesiva compactación del suelo en las mismas. Los resultados resultan estadísticamente significativos¹ tanto para las pérdidas de suelo ($p=0,006$) como las de agua ($p=0,08$), lo que lleva a concluir sobre la bondad de la cobertura a estos efectos.

La distribución de la pérdida de suelo y agua concentra una mayoría de su masa en uno o dos eventos a lo largo del año, que en los ensayos realizados han tenido lugar en los meses de Noviembre-Diciembre en la mayoría de las parcelas, y en Mayo-Junio en las parcelas localizadas en Jaén. En dichos momentos se hace especialmente necesaria la protección del suelo. Con todo, es conveniente la experimentación durante un mayor número de años para poder extraer conclusiones al respecto, pues el olivo es un cultivo perenne en el que la observación y obtención de resultados requiere de varios años para poder obtener resultados fiables en base a unos ensayos de larga duración.

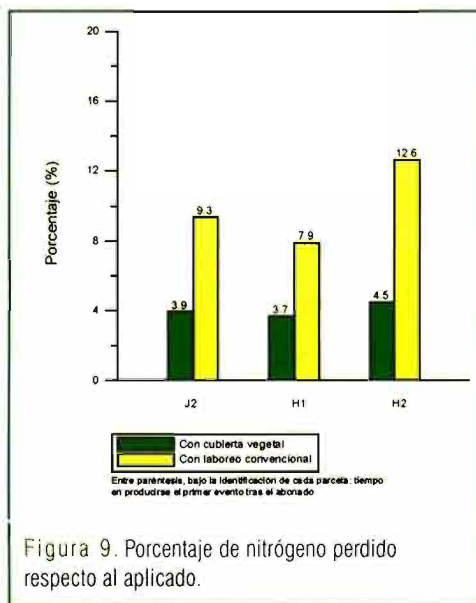


Figura 9. Porcentaje de nitrógeno perdido respecto al aplicado.

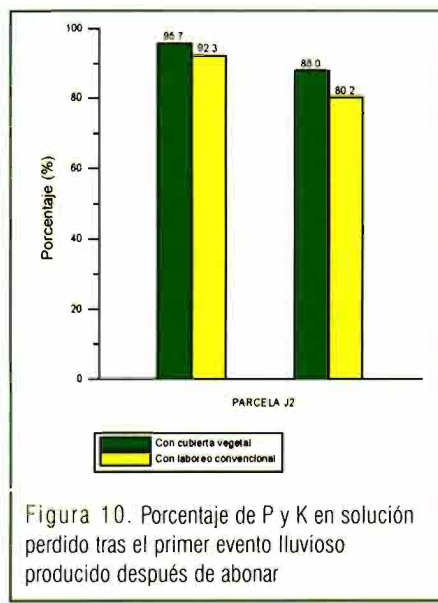
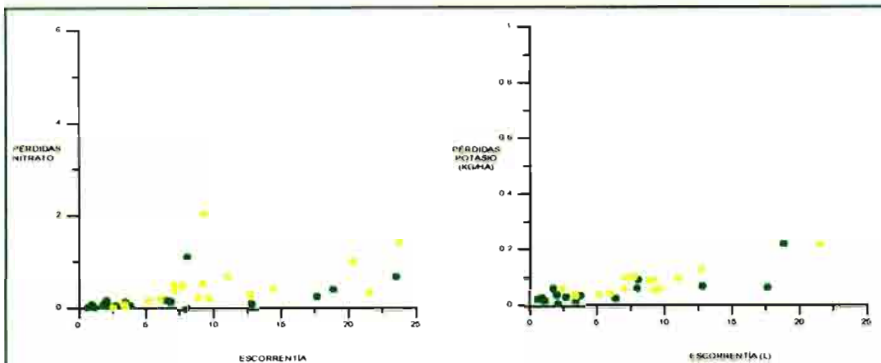


Figura 10. Porcentaje de P y K en solución perdido tras el primer evento lluvioso producido después de abonar



Figuras 11 y 12. Pérdidas de nitrato y potasio en solución (kg/ha) y escorrentía (L) por bloque y evento a lo largo del periodo estudiado. Los puntos amarillos indican resultados del sistema de laboreo convencional. Los puntos verdes se obtienen con la cubierta vegetal en olivar.

Respecto a la contaminación de las aguas de escorrentía, la cubierta vegetal ha reducido significativamente las pérdidas de nitrato tanto en parcelas ecológicas ($p=0,009$) y no ecológicas ($p=0,014$). Las pérdidas de P en solución también resultan significativamente menores ($p=0,06$), pero no las de K disuelto ($p=0,16$). El evento inmediatamente posterior al abonado resulta crítico a la hora de determinar las pérdidas anuales pues una gran mayoría de aquéllas acaecen en él. La distribución de abonado en superficie sin cubierta vegetal aumenta las pérdidas de fertilizante en gran medida con respecto al sistema conservacionista, aún cuando hayan transcurrido varias semanas tras la aplicación.

Bibliografía

Aguilar, C. 2004. Evaluación de la contaminación difusa en zonas de olivar con diferentes alternativas de manejo de suelo. Trabajo Profesional de Fin de Carrera. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.

Anuario de Estadísticas Agrarias y Pesqueras de Andalucía (datos avance año 2005). www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/publico

Berengena, J. 1998. Efectos del laboreo sobre el contenido de agua en el suelo. En García, L. y González, P. (Ed). Agricultura de Conservación. Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos. Asociación Española de laboreo de conservación. Córdoba. 4: 51-74.

Blevins, R.L.; Frie, W.W.; Baldwin, P.L. y Robertson, S.D. 1990. Tillage effects on sediment and soluble nutrient losses from Maury silt loam soil. *J. Environ. Qual.* 19: 683-686.

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

Díaz, I. 2002. Caracterización de la liberación de fosfatos en suelos representativos del Área Mediterránea. Trabajo profesional de Fin de Carrera. Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales. Universidad de Córdoba

Douglas, C.L.; King, K.A. y Zuzel, J.F. 1998. Nitrogen and phosphorus in surface runoff and sediment from a wheat-pea rotation in Northeastern Oregon. *J. Environ. Qual.* 27: 1170-1177.

Douglas, C.L.; King, K.A. y Zuzel, J.F. 1996. Nitrogen in surface runoff and sediment. Columbia Basin Agricultural Research Annual report. Spect. Rpt, 961: 41-44.

Espejo, A.J. 2004. Análisis de la erosión y escorrentía en microcuencas. Trabajo Profesional de Fin de Carrera. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.

Fleming, N.K. y Cox, J.W. 1998. Chemical losses of dairy catchments located on a texture-contrast soil: carbon, phosphorus, sulfur and other chemicals. *Aust. J. Soil Res.* 36: 979-995.

Francia, J.; Martínez, A. y Ruiz, S. 2000. Erosión en suelos de olivar en fuertes pendientes. Comportamiento de distintos manejos de suelo. *Edafología*, 7(2): 147-155.

Giráldez, J.V. 1998. Efectos de los diferentes sistemas de laboreo sobre las propiedades físicas del suelo. En García, L. y González, P. (Ed). Agricultura de Conservación. Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos. Asociación Española de laboreo de conservación. Córdoba. 2: 15-39.

Holland, J.M. 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, ecosystems and environment*, 103 (1): 1-25.

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.

Owens, L.B., y Edwards, W.M. 1993. Tillage studies with corn-soybean rotation: surface runoff chemistry. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 1055-1060.

Page, A.L. 1982. Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties. 2ª edición. Agronomy. N° 9. ASA, SSSA. Madison.

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.

Richardson, C.W. y Knight, K.W. 1995. Erosion and nutrients losses from zero tillage on a clay soil. *J. Agric. Engng Res.*, 61: 81-86.

Rodríguez-Lizana, A.; Ordóñez-Fernández, R. y González, E. 2004. Agricultura de Conservación en cultivos leñosos (olivar): cubiertas vegetales. Cualidades y tipos principales. En Gil-Ribes, J.; Blanco-Roldán, G.L. y Rodríguez-Lizana, A. (Ed.). Técnicas de agricultura de conservación. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 17: 113-126

