

## Efectos de las pérdidas de fósforo en olivar

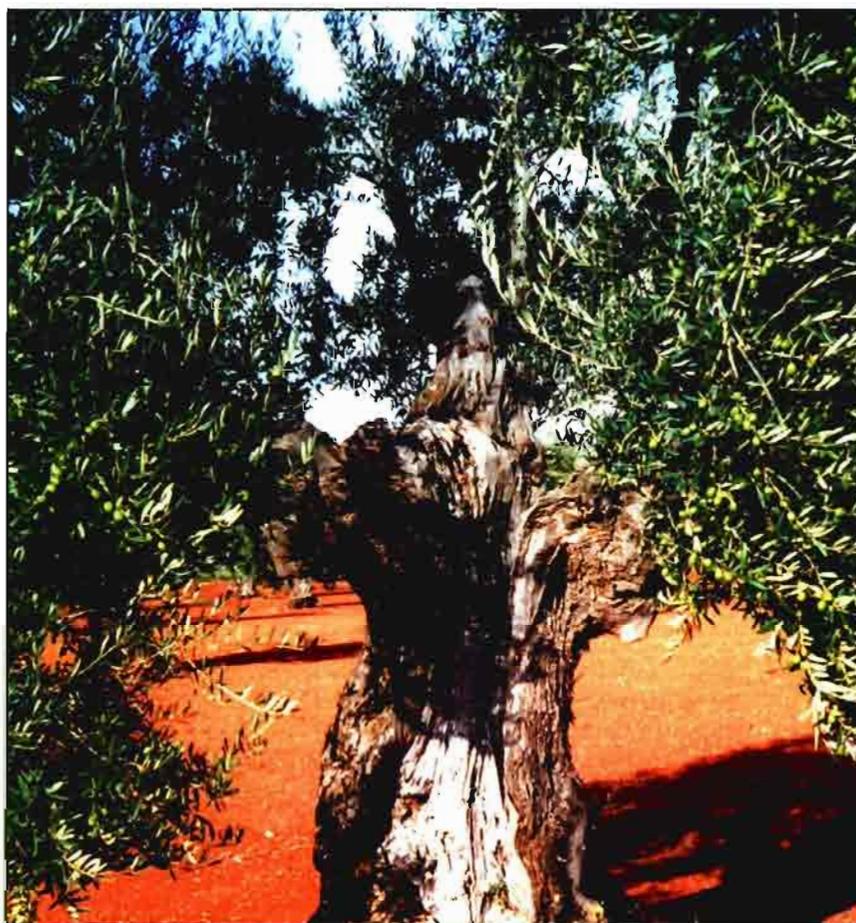
### Parcelas con cubierta vegetal y laboreo convencional

A. Rodríguez-Lizana\*  
R. Ordóñez Fernández\*\*  
P. González Fernández\*\*

El estudio del uso racional de los fertilizantes es, hoy en día, tema de interés tanto por el ahorro de inputs que supone en la práctica agrícola como por la disminución de la contaminación y eutrofización ambiental. La investigación del movimiento del fósforo es importante desde los puntos de vista agronómico y ambiental. Desde un punto de vista agronómico, las pérdidas de P representan una merma de nutrientes para el sistema a la que el agricultor no suele conceder ninguna importancia dado el precio de los fertilizantes. Ahora bien, desde un punto de vista ambiental, estas pérdidas pueden suponer un deterioro en la calidad de las aguas que a su vez pueden crear otros problemas diferentes que son difíciles y caros de resolver, pues la calidad de las aguas puede no recuperarse con la rapidez deseada.

El exceso de aplicación de fertilizantes fosforados y estiércoles puede originar elevados niveles de este elemento en determinados suelos agrícolas, que si bien no tienen un efecto perjudicial directo pueden contribuir a la contaminación de las aguas de consumo humano y la degradación de los ecosistemas acuáticos (eutrofización). Los vertidos de fósforo (P) procedentes de los suelos agrícolas son junto con los nitratos y los plaguicidas los elementos principales y más peligrosos de la contaminación agraria difusa, aunque en nuestro país la eutrofización es afortunadamente un problema incipiente.

Las reservas de muchos de nuestros suelos de olivar serían suficientes como



para no tener que recurrir al abonado fosforado. En dicho cultivo, se recomiendan las dosis de 0,43 a 1,12 UF/árbol, con el fin de maximizar la rentabilidad de la aplicación, que es baja en cualquier caso (Guerrero, 1991). El consumo de P por parte del olivo es bastante débil, lo que hace pensar que en un suelo medianamente dotado de este elemento, el sistema radicular es capaz de extraer el necesario para la vida de la planta. Es muy raro que aparezcan deficiencias de P en olivar. Es probable que sólo en árboles cultivados en suelos pobres en este elemento las concentraciones en hojas alcancen niveles deficientes y puedan responder al abonado.

El P se encuentra asociado principalmente a las partículas sólidas del suelo, de forma que existe una correlación directa entre el grado de erosión que sufren los suelos y el arrastre de partículas de fósforo por las aguas de escorrentía. Al llegar a las aguas principalmente a través de procesos de escorrentía es fundamental (Sharpley et al., 1993) el control de ésta en orden a minimizar su movimiento. La presencia de cubiertas vegetales en olivar resulta muy beneficiosa por el control que ejerce sobre cantidad de suelo erosionado. Una mayoría de las pérdidas de P corresponden a P asociado al sedimento. No obstante, el resto parte de este elemento pasa al agua de escorrentía y su dinámica y concentración ha sido objeto del presente capítulo en el que se comparan la

\*Asociación Española de Agricultura de Conservación/Suelos Vivos.

\*\*Departamento de Suelos y Riegos. CIFA Alameda del obispo. IFAPA. Junta de Andalucía.

Tabla 1. Características de las fincas objeto de estudio. T.M.: término municipal; Ar (%), Lim (%) y Ac (%): porcentajes de arena, limo y arcilla, respectivamente; M.O.: materia orgánica

Parcela	T.M.	Provincia	Profundidad	Textura			M.O. (%)	pH
				Ar (%)	Lim (%)	Ac (%)		
C3	Castro del Río	Córdoba	0-20	21,3	45,8	32,9	1,09	8,09
			20-40	25,9	45,8	28,3	0,90	8,26
			40-60	27,1	39,2	33,7	0,72	8,25
C4	Nueva Carteya	Córdoba	0-20	30,6	46,9	22,5	2,09	7,93
			20-40	25,8	47,3	26,9	2,42	7,96
			40-60	26,8	46,5	26,7	2,33	8,06
C5	Obejo	Córdoba	0-20	37,6	57,6	5,2	2,62	6,61
			20-40	34,2	60,1	5,7	1,59	6,61
			40-60	47,4	47,5	5,1	0,93	6,66
J1	Torredonjimeno	Jaén	0-20	16,4	44,0	39,6	1,91	7,93
			20-40	20,4	44,1	35,5	1,78	8,01
			40-60	20,6	40,2	39,2	2,23	7,91
J2	Torredelcampo	Jaén	0-20	27,0	39,8	33,2	0,95	7,98
			20-40	25,3	43,9	30,8	1,58	7,89
			40-60	30,4	43,1	26,5	0,69	8,08
S1	La Campana	Sevilla	0-20	42,6	33,1	24,2	1,49	8,29
			20-40	36,2	32,6	31,2	2,06	8,21
			40-60	37,6	34,1	28,3	1,80	8,23
H1	Chucena	Huelva	0-20	35,4	41,8	22,8	1,43	7,92
			20-40	25,3	44,0	30,7	1,19	8,22
			40-60	31,1	41,0	27,9	1,39	8,08
H2	Chucena	Huelva	0-20	28,4	41,8	29,8	1,51	8,05
			20-40	27,6	43,1	29,3	1,35	8,09
			40-60	24,7	47,6	27,7	0,94	8,25

cantidad y concentración de fósforo en disolución en el agua de escorrentía en dos sistemas de manejo de suelo: parcelas con cubierta vegetal y parcelas con laboreo convencional.

## Material y métodos

El estudio se realizó a lo largo del periodo Septiembre 2003 hasta la fecha, recogiendo así el abono que anualmente se realiza al cultivo en suelo hasta Septiembre 2004.

Los ensayos se han realizado en 8 fincas de olivar localizadas en las provincias de Córdoba (C3<sup>1</sup>, C4, C5), Jaén (J1, J2), Huelva (H1, H2) y Sevilla (S2), desde Septiembre de 2.003 hasta la fecha. Las características de las parcelas se reflejan en la **tabla 1**.

Se ha realizado un diseño en bloques completos al azar, con dos tratamientos (cubierta vs laboreo convencional) y tres repeticiones. La unidad experimental es una microparcela de 1m<sup>2</sup> de superficie, cerrada. Los bloques se han colocado siguiendo el gradiente de pendiente. La descripción de las microparcels puede encontrarse en AEAC/SV (2003) y en Rodríguez-Lizana et al. (2004).

En cada una de las parcelas el tratamiento que se sigue es distinto, pues se adopta el sistema habitual que utilice el propietario de la parcela. Por ejemplo, en la parcela C5 se permite a la cubierta finalizar su ciclo, lo cual se hace también en las microparcels, mientras que en H1 y H2 se siegan químicamente, al igual que se lleva a cabo en la finca correspondiente. En la otra mitad de las trampas de sedimentos se efectúa una labranza para simular el efecto del laboreo convencional, cuya fecha depende del estado de la vegetación en la microparcela.

Se ha contabilizado la pluviometría registrada a lo largo del ensayo. Días después de un evento de lluvia (el tiempo necesario para poder pisar la zona de

estudio), se realiza una visita de campo para recoger las muestras captadas por los colectores y preparar los recipientes para el próximo evento de lluvia. De cada trampa se anota el volumen almacenado en las garrafas, y se toma una muestra de uno a tres L en un recipiente estanco de polipropileno. La cisterna colectora, de 25 L, se agita energicamente antes de tomar la muestra en el bote de polipropileno. A continuación se limpian los filtros de los elementos arrastrados por el agua de escorrentía y se vacían y enjuagan los bidones. Las muestras obtenidas se introducen en una cámara frigorífica a 4°C para evitar que la variación de temperatura pudiera producir cambios en la composición inicial de las muestras, al realizar también análisis de contenido de NO<sub>3</sub> (el contenido de nitratos y nitritos de las muestras de suelo tomadas del campo sufren alteraciones rápidas como consecuen-

cia del aumento de aireación y temperatura). Una vez en el laboratorio las muestras se almacenan y analizan. Los procedimientos de análisis se exponen en Page (1982).

## Resultados

Los resultados obtenidos en las distintas muestras analizadas son muy variables según la parcela de que se trate. Tan sólo una finca realiza abonado fosforado al suelo (finca J2). En la **tabla 2** se indica la dosis, fecha y método de aplicación del nitrógeno en la finca J2. El resto no aparecen, bien porque no realizan el abonado fosforado al suelo, bien porque son ecológicas que no realizan abonado orgánico de ningún tipo.

Las pérdidas medias son muy variables de unas parcelas a otras. A lo largo del periodo se manifiesta un éxito vario de las cubiertas en la reducción de P en disolución, pues en cuatro fincas disminuyen las pérdidas y en otras cuatro aumentan (**Tabla 3**).

1 La primera letra hace referencia a la provincia y la segunda al número de la finca en dicha provincia. C3 es la parcela número 3 de Córdoba. Estos experimentos comenzaron en el 2002. Las parcelas C1 y C2, al igual que S1, ya no se utilizan.

Tabla 2. Prácticas de abonado en la parcela J2. 1. UFP Unidades fertilizantes de fósforo.

Nomenclatura	Época de abonado	Dosis abono (kg/ha)	UFP <sup>1</sup> /ha	Árboles/ha	Forma de aplicación
J2	22/3/04	277,6	8,45	69,4	Abonadora centrífuga

eficientes de escorrentía (CEC=13% y CEN=24%), provocó pérdidas muy superiores. Las pérdidas P(C) son 0,05 kg/ha y P(N) son de 0,195 kg/ha, muy superiores al resto de eventos, salvo el de 5 de Abril de 2004, ya que se había abonado el día 22 de Marzo de 2004, con 8,45 UFP/ha al suelo, mediante abo-

Como era de esperar, en la mayoría de las parcelas, las cubiertas propician un incremento de la infiltración, o lo que es igual, un decremento en la escorrentía, con la excepción de las parcelas de Huelva, en las que se hace superior en las microparcelas con cubierta vegetal. La causa puede estribar en el alto porte de la vegetación, inexistente en la zona labrada, que aumenta la zona efectiva de captura de agua por parte de un dosel formado por dicotiledóneas principalmente que reconducen el agua a través de hojas y ramas al interior de la microparcela. En efecto, el resto de parcelas de la red no presentan vegetación de tal porte.

Este decremento de la escorrentía tiende a favorecer al sistema de cubierta vegetal en reducción de pérdidas de P en disolución. Sin embargo, en los sistemas de agricultura de conservación puede tener lugar una cierta estratificación de nutrientes como el P y el K (Ordóñez, 2004). Ello puede originar dudas sobre el resultado final del efecto de la cubier-

ta vegetal, que resulta diverso. No hay una tendencia generalizada, ni de reducción ni de incremento. Por otro lado, el decremento en la escorrentía favorece el aumento de la concentración del elemento en agua, hecho que sucede en todas las parcelas salvo en J1. Tampoco se aprecia una clara diferencia entre las parcelas bajo cultivo convencional y ecológico, pues unas y otras, en este caso, no abonan al suelo con fósforo.

Resulta llamativo el caso de la finca J2, cuya evolución se muestra en la **tabla 4**.

A principios de Octubre se realizó un abonado a todo el terreno con una dosis de 6,05 UFP/ha. La toma de datos del 23 de Octubre reveló una precipitación de 36 mm. Otro posterior evento de 11 de noviembre, de 100 mm, con altos co-

nadora centrífuga. Tras un evento de lluvia de 90 mm (CEC=8%, CEN=11%), se procedió a la toma de datos de 5 de Abril. Los resultados muestran el resultado del evento: P(C)=1,35 kg/ha y P(N)=1,86 kg/ha. Hay una gran diferencia entre los resultados obtenidos tras ambos abonados. Las posibles razones son:

1. Lejanía en el tiempo del evento tras el abonado: en el primer abonado fue de unos 40 días, aproximadamente; en el segundo fue inferior a 15.

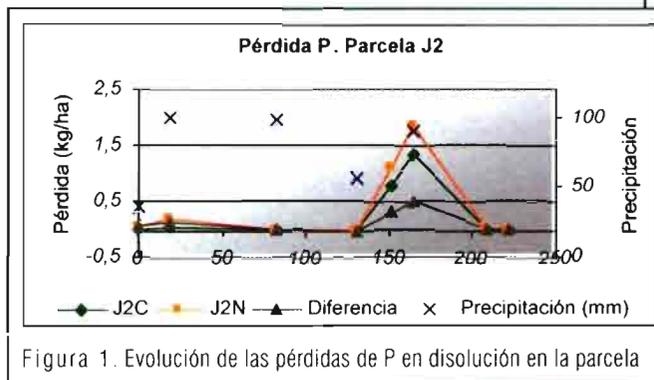


Figura 1. Evolución de las pérdidas de P en disolución en la parcela

Tabla 1. Características de las fincas objeto de estudio. T.M.: término municipal; Ar (%), Lim (%) y Ac (%): porcentajes de arena, limo y arcilla, respectivamente; M.O.: materia orgánica

	Sistema	C3	Δ (%)	C4	Δ (%)	C5	Δ (%)	J1	Δ (%)	J2	Δ (%)	S <sup>2</sup>	Δ (%)	H1	Δ (%)	H2	Δ (%)
Precipitación total(mm)	-	512	-	673	-	705	-	479	-	428	-	222	-	512	-	524	-
Escorrentía	C	26,7	-	35,3	-	40,6	-	34,9	-	44,3	-	10,2	-	55,0	-	55,0	-
	N	28,7	-7,0	81,9	-56,6	65,9	-38,4	42,9	-18,6	67,5	-34,8	16,7	-38,9	50,5	8,9	43,6	26,1
Pérdidas de P (Kg/ha)	C	0,093	-	0,079	-	0,05	-	0,05	-	1,46	-	0,06	-	0,06	-	0,06	-
	N	0,070	32,8	0,118	-33,0	0,06	-16,7	0,12	-58,3	2,22	-34,2	0,03	100	0,05	18,2	0,04	5,5
P Perdido/ P aplicado (%)	C	-	-	-	-	-	-	-	-	17,3	-	-	-	-	-	-	-
	N	-	-	-	-	-	-	-	-	26,0	-	-	-	-	-	-	-
Perd. P (kg/ha)/ esc. (mm)	C	0,003	-	0,002	-	0,001	-	0,001	-	0,033	-	0,006	-	0,001	-	0,001	-
	N	0,001	42,8	0,001	-	0,001	-	0,003	-	0,033	-	0,002	-	0,001	-	0,001	-

2 Esta parcela es la de menor precipitación por un fallo en los dispositivos de recogida en el evento de 30/4/03

3 Coeficiente de escorrentía: porcentaje de escorrentía respecto al total de agua precipitada. CEC: coeficiente de escorrentía con cubierta vegetal. CEN: coeficiente de escorrentía sin cubierta vegetal.

**Tabla 4.** Resultados de la toma de datos tras los diferentes eventos en la parcela J2. P(C): pérdidas de P en disolución con cubierta, Kg/ha. P(N):pérdidas de P en disolución sin cubierta, Kg/ha.

Fecha toma de datos	P(C)	P(N)
11-nov-2003	0,0515	0,195
13 ene-2004	0,013	0,016
2-mar-2004	0,006	0,000
5-abr-2004	1,350	1,865
18-may-2004	0,026	0,043
2-jun-2004	0,006	0,023

2. En el segundo abonado la precipitación posterior a aquél resultó de 90 mm, originando una mayor escorrentía. En el primer caso, tras el abonado tuvo lugar un evento de pequeña cuantía. Con posterioridad a éste, se registró el evento de Noviembre (tabla 4), que dio lugar a mayores pérdidas, pero muy inferiores a las del abonado correspondiente a la toma de datos del 5 de Abril.

Resulta interesante destacar que el chubasco que tuvo lugar unos 15 días tras el abonado originó una pérdida del 15,96% de las UFP aportadas con cubierta vegetal, y del 22,05% en laboreo convencional.

La distribución temporal de las pérdidas presenta variaciones extremas (pe, véase **figura 1**): normalmente son pequeñas, salvo el evento que sigue al abonado: el 93% de las pérdidas totales que se muestran en la tabla 4 corresponde al evento de Abril de 2004 en las zonas con cubierta vegetal. En las zonas labradas representa el 87%. De esta manera, una gran cantidad de las pérdidas de P en disolución tiene lugar en uno o dos eventos al año. El resto de las parcelas estudiadas siguen la misma tendencia: más de la mitad o cerca de la mitad de las pérdidas corresponden a uno o dos eventos del total.

La **figura 1** muestra la distribución de las pérdidas a lo largo del año y la precipitación en la parcela J2. Como se ve, la diferencia entre ambos sistemas de manejo de suelo se mantiene constante. El primer máximo relativo corresponde al evento de 11 de noviembre de 2003, de 100 mm, antes mencionado. El segundo máximo corresponde al evento que sigue al abonado fosforado al suelo, y es el que realmente incrementa las diferencias de pérdidas entre ambos sistemas.

En la **figura 2** se presenta la Pérdida de P en disolución en sistema de laboreo convencional en función del sistema de cubierta vegetal. Se han elegido, a modo de ejemplo, las parcelas S2, C5 y H1-H2. Éstas últimas se han agrupado a la hora de calcular la regresión dada la cercanía entre ellas, 1 km, con igual precipitación y tipo de suelo. Se observan elevadas correlaciones en S2 y C5, no así en H1-H2.

Se observa que en S2 y C5 hay una elevada correlación —el coeficiente de determinación es próximo a la unidad— entre las pérdidas de P(C) y P(N), siendo los resultados favorables en S2 (pendiente de la recta inferior a 1: por cada UFP perdida con laboreo se pierden sólo 0,51 con cubierta vegetal) y desfavorables a la técnica de cubierta vegetal en

## ¿ Busca equipos a su medida ?


**AGRIC - BEMVIG SA**

Carretera C-17, km. 72,68

08508 MASIES DE VOLTREGÀ

Barcelona - España

Tel. +34 93 850 27 00- Fax. +34 93 857 08 93

e-mail: Info@agricbemvig.com - web: agricbemvig.com

C5 (pendiente de la recta superior a 1, que indica que por cada 1,28 UFP perdida con cubierta, se pierden 1 UFP en laboreo).

Sin embargo, el coeficiente de determinación resulta muy bajo en las parcelas H1 y H2, indica que no hay una clara relación lineal entre las pérdidas de P en disolución comparando ambos sistemas de manejo de suelo.

Actualmente se está procediendo al análisis del contenido de P en sedimento para calcular las pérdidas totales. Como se ha indicado, las pérdidas de P en disolución representan una pequeña parte de las totales, razón por la cual es también importante su cálculo.

## Conclusiones

No hay una clara tendencia de la cubierta vegetal a la hora de reducir o aumentar las pérdidas de P en disolución. Los resultados son bastante variables. En 4 de las parcelas las pérdidas son inferiores, y en las otras 4 resultan inferiores.

El sistema de cubierta disminuye la es-

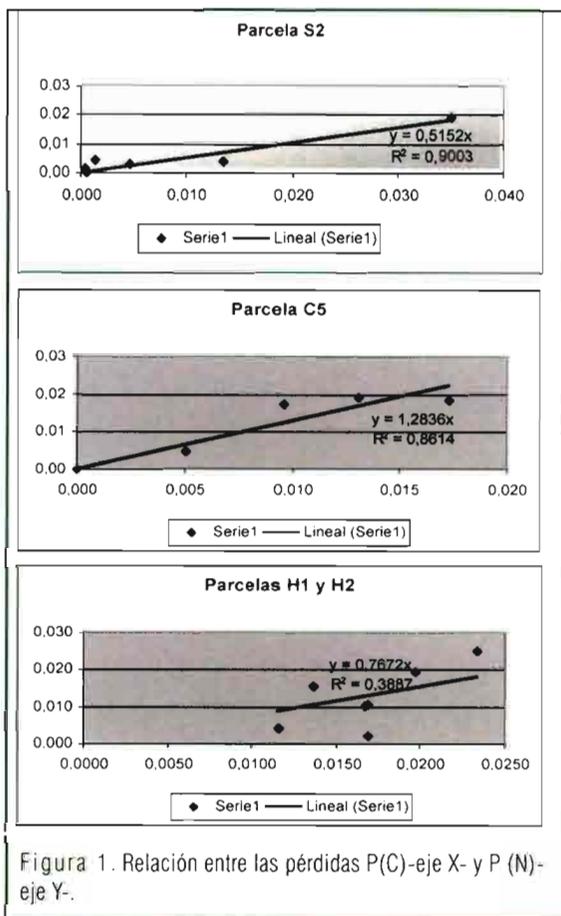


Figura 1. Relación entre las pérdidas P(C)-eje X- y P (N)-eje Y-.

La distribución de pérdidas de P en disolución a lo largo del año dista mucho de ser homogénea: más del 50% de las pérdidas anuales tienen lugar en uno o

dos eventos, tanto si las parcelas se abonan como si no.

Un evento lluvioso algunas semanas después del reparto del abono en superficie puede provocar pérdidas en escorrentía de entre el 15% y el 22% de las UFP aplicadas, a las que habrá que sumar las pérdidas correspondientes al P asociado al sedimento.

En todo caso, la continuación de estos estudios y por tanto la obtención de más datos en años con diferente climatología daría una visión más completa de la diná-

## 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 continua revisión; al personal de laboratorio por su ayuda en la labor de realización de análisis; y a los propietarios de las diferentes parcelas por su amabilidad al permitir la continuación de los experi-

mentos.

## Bibliografía

- AEAC/SV. 2003. Desarrollo de un programa de seguimiento para la evolución de la aplicación de las medidas de fomento de cubiertas vegetales en el olivar de Andalucía. Informe anual 2003. Córdoba. 225 pp.
- Guerrero, A. 1991. Nueva Olivicultura. Mundi-Prensa. Madrid. 271 p.
- Ordóñez, R. 2004. Cambios inducidos en la fertilidad de un suelo por la Agricultura de Conservación. En Gil-Ribes, J; Blanco-Roldán, G.L.y Rodríguez-Lizana, A. (Ed.). Tecnología y Sistemas de Agricultura de conservación. AEAC/SV. Córdoba. Capítulo 12.
- Page, A.L. 1982. Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties. 2ª edición. Agronomy. Nº 9. ASA, SSSA. Madison.
- Rodríguez-Lizana, A.; Ordóñez, F.; González, P. 2004 Efectos del manejo de suelo sobre las pérdidas de nitrato. Vida Rural, 189: 42-46.
- Sharpley, A.N.; Daniel, T.C.; Edwards, D.R. 1993. Phosphorus movement in the landscape. J. Prod. Agric., 4: 492-500.

## El vertido de fósforo procedente de los suelos agrícolas es uno de los elementos principales y más peligrosos de la contaminación agraria difusa

correntía en la mayoría de las parcelas estudiadas, lo cual aumenta la infiltración. Estos datos deben tenerse en cuenta pues la mayoría del olivar andaluz se encuentra en secano, siempre que la cobertura sea adecuadamente manejada.

El decremento de la escorrentía en el sistema con cubierta da lugar a que las aguas de escorrentía, inferiores en cantidad, lleven una mayor carga de P en suspensión, lo cual, como se explica en la conclusión 1, no implica que las pérdidas totales sean mayores.

New Holland TM

**¡Bienvenido a bordo!**

[www.newhollandtm.com](http://www.newhollandtm.com)



Un tractor New Holland Serie TM le estará esperando el próximo día 2 de Octubre. Venga a verlo a su Concesionario New Holland.

### Suba a bordo, acabamos de mejorar, aún más si cabe, los tractores TM.

Todo el mundo sabe que los TM ofrecen una sencillez de manejo, un rendimiento y un valor incomparables, con la mejor relación peso/potencia del mercado. Todo el mundo sabe que New Holland es el único fabricante que puede ofrecer tanta variedad de elección en el importante sector de 124 a 194 CV.

¿Quiere saber algo más sobre las novedades incorporadas?

¿Qué le parece un nuevo y mejorado sistema de secuencia automática de giro en cabecera (HTS), ahora con control de la toma de fuerza y de los distribuidores traseros electrohidráulicos?

¿O la opción de hasta 5 distribuidores traseros en el TM 175 y TM190?

¿Un nuevo sistema de inyección de combustible Power Command™ de 19 velocidades, opcional para el TM175 y TM190?

Además, la Serie TM puede ofrecerle el eje para cargas pesadas ClassIV en los modelos TM120, TM130 y TM140, un modo automático de transporte mejorado en tractores con Power Command™ y espejos resistentes a los impactos.

En su concesionario New Holland encontrará las respuestas. Acérquese, suba a bordo de un TM y compruébelo usted mismo.



**NEW HOLLAND**

**Especialistas en tu éxito**



NEW HOLLAND ES UNA MARCA DE CNH.

CNH: UNO DE LOS LÍDERES MUNDIALES EN LA FABRICACIÓN DE TRACTORES, COSECHADORAS, EMPACADORAS Y VENDIMIADORAS AUTOPROPULSADAS.