Uso de Cubiertas Vegetales para el control de la dispersión de contaminantes asociados a los procesos erosivos

De entre los posibles contaminantes de las aguas, el N y el P son los de mayor importancia, existiendo una extensa legislación a nivel comunitario, nacional y regional en este sentido sobre el primero de ellos. Las pérdidas de N y P representan una merma de nutrientes para el sistema a la que el agricultor no suele conceder ninguna importancia por su escasa cuantía y por el precio de los fertilizantes. En cambio, desde un punto de vista ambiental, pueden suponer un serio deterioro en la calidad de las aguas.

R. Ordóñez[1]; A. Rodríguez-Lizana, R[2]; [3]. Carbonell1 y M. Repullo[2]

La eutrofización es un problema importante en diversos países, por ejemplo Estados Unidos, Nueva Zelanda y Canadá (USEPA, 1997) y muy pequeñas concentraciones de P pueden dar lugar a la eutrofización de las masas de agua. Sin embargo, teniendo en cuenta que el olivar es una planta apenas exigente en P (Fernández-Escobar, 2004), al menos en secano, y que en secano suele recibirlo únicamente por fertilización foliar en laboreo convencional o vía aportación de materia orgánica (método minoritario hasta la fecha), se ha prestado poca atención hasta época cercana a la pérdida de P en aguas de escorrentía en Andalucía (España), erigiéndose el nitrato como el principal contaminante de las aguas en olivar.

En general, nitrógeno, fósforo y carbono son los principales elementos contaminantes en el agua, y de entre ellos, el transporte de P resulta el de más fácil control (Sharpley et al., 2000), puesto que en nitrógeno y carbono no resulta controlable el intercambio entre la atmósfera y el agua, así como la movilidad del N en el flujo superficial y subsuperficial (Sharpley et al., 2000). Sin embargo, las aportaciones de fósforo y nitratos procedentes de suelos agrícolas y asociados a los procesos de erosión y escorrentía son, junto con los plaguicidas, los elementos principales y más peligrosos de la contaminación agraria difusa (Davenport, 1994). Las descargas de estos elementos pueden producirse por su movimiento en aguas de drenaje o bien mediante procesos de erosión-escorrentía (Sharpley et al., 1994; Díaz, 2002), que se acentúan en el olivar al ser un cultivo tradicionalmente implantado en laderas, algunas de las cuales vierten a embalses, aunque en los últimos años su cultivo se haya generalizado a zonas más llanas por su mayor rentabilidad en comparación con otras alternativas tradicionales en la zona. Por ello, y dado que el olivar suele estar implantado en laderas, y que el clima mediterráneo, con precipitaciones torrenciales, unido al laboreo convencional, que propicia una baja cobertura del suelo, favorecen los procesos erosivos, se propone evaluar la cubierta vegetal como método para reducir los procesos erosivos y los de contaminación asociados en los sistemas agrícolas y en las cercanías de embalses.

La cubierta vegetal contribuye a una absorción de nutrientes en el periodo de reposo del olivo, minimizando las pérdidas, y a una mineralización tras su siega, a la par que el olivo se activa, favoreciendo el reciclado de nutrientes en el perfil, pues según Guerrero (1991), el máximo consumo de nitrógeno en el olivar tiene lugar desde la diferenciación de yemas (febrero-marzo) hasta el cuajado del fruto (mayo-junio) y en el momento de endurecimiento del hueso (julio-agosto). Se favorece así el reciclado de nutrientes en el perfil.

El manejo efectuado al suelo es una de las variables clave para determinar la pérdida de P y N en los procesos de erosión-escorrentía (Catt et al., 1998). Los olivares implantados en Andalucía se hallan en muchos casos situados en zonas de elevada pendiente, como demuestra el hecho de que el 36% de la superficie de este cultivo se halle en zonas con más de un 15% de pendiente (CAP, 2003). El olivo es un cultivo leñoso que en muchos casos otorga una escasa protección al suelo, inferior al 35% habitualmente en plantaciones tradicionales, aunque en los últimos años el mayor beneficio de este cultivo respecto a otras alterna-

CAJA MADRID
OBRA SOCIAL

tivas tradicionales de la zona ha propiciado su expansión en áreas más llanas y con marcos de plantación más estrechos.

Son numerosos los estudios de pérdida de P y N en disolución en distintos cultivos (Douglas et al., 1998; Díaz, 2002), pero casi inexistentes en el olivar, en el que el nitrato se erige como principal contaminante de las aguas de escorrentía (Rodríguez-Lizana et al., 2005) por las prácticas tradicionales de fertilización, que se basan en un abonado exclusivamente nitrogenado la mayoría de las veces, aplicado a final de invierno-principios de primavera, y que en muchas ocasiones permanece en superficie hasta que la lluvia lo infiltra en el perfil, haciéndolo aprovechable para la planta. Por ello, la medición de la pérdida de P en escorrentía representa un mejor conocimiento de la disminución de fertilidad del suelo y de la posible contaminación de las aguas de la zona, puesto que el P está considerado como el elemento limitante para el inicio de la eutrofización en la mayoría de los sistemas acuáticos (European Environment Agency, 1998).

Los objetivos de este trabajo son (i) determinar el efecto del sistema de manejo en el flujo de escorrentía y las pérdidas de NO_3^- y fósforo soluble en tres parcelas experimentales de olivar manejadas en agricultura ecológica y (ii) analizar la relación entre la escorrentía y pérdidas de nutrientes disueltos.

Material y métodos

Ensayos de campo

Se ha trabajado con trampas de sedimentos en una red de 3 parcelas de olivar localizadas en la provincia de Córdoba (Castro del Río, parcela A1; Nueva Carteya, A2 y Obejo, A3). El experimento se ha diseñado por campo experimental según un modelo factorial de bloques completos al azar con medidas repetidas, con 2 factores que corresponden a sistema de manejo de suelo (2 niveles: N (laboreo tradicional) y C (cubierta vegetal)) y tiempo, y tres repeticiones por cada parcela de estudio en el primer año de ensayos que posteriormente se ampliaron a cuatro en el segundo.

La unidad experimental es una microparcela (MP) cuadrada de 1 m^2, elección motivada por el elevado número de trampas instaladas (24), y por su facilidad de transporte y montaje. Se constituye de tres chapas cuadrangulares de acero galvanizado de 2 mm de espesor, 1 m de longitud y 30 cm de altura, fijados al suelo mediante un angular metálico en cada una de las esquinas de la trampa. Los bordes se fijan para conseguir una unión hermética que evite la entrada de agua de escorrentía del exterior. La parte frontal de la trampa, también de chapa galvanizada, tiene forma triangular, facilitando así la recogida de agua. En la parte inferior existe un orificio de salida de 2,5 cm de diámetro, que conduce el agua hasta el sistema de recogida, y de aquí a la cisterna colectora, bidón cilíndrico de polietileno de 25 litros de capacidad, de los que existen dos en serie. Para evitar la obturación del conducto que transporta el agua de escorrentía se dispone una malla en el orificio de salida de la trampa. Para este trabajo se han considerado los datos correspondientes a la campaña 2006/07.

En cada parcela se ha instalado un registrador de lluvia HOBO Event (memoria de 8 kb datos) con caja IP-67 y cable intemperie de salida a pluviómetro, así como un pluviómetro normalizado de 200 cm^2 de superficie de recogida con balancín y salida de pulsos para HOBO Event. Para la descarga de los datos recogidos por los registradores se utilizó un transportador de datos. Cada vez que tiene lugar un episodio de lluvia se viaja a campo, midiendo la cantidad de agua precipitada y el volumen de agua de escorrentía recogido en cada cisterna colectora, agitándola antes enérgicamente, y preparando y limpiando los recipientes para el siguiente evento. Igualmente, se realiza un seguimiento de la evolución de la cobertura vegetal del suelo, según el método de valoración subjetiva por sectores desarrollado por Agrela (2003).

El manejo de la cubierta es distinto para cada finca, pues el agricultor lo realiza acorde a sus necesidades, por lo que la época y tipo de siega son diferentes para cada una de ellas, respondiendo a las prácticas reales de la zona en que se encuentra. El laboreo en el interior de las trampas de los suelos manejados de forma convencional se efectúa en las visitas a campo acorde al estado de la vegetación y a las prácticas de la zona. Se realiza a una profundidad de 10-15 cm con una azada.

Las parcelas presentadas en este trabajo, al cultivarse en manejo ecológico, no reciben aportaciones de abono mineral de síntesis, lo cual condiciona la fertilización utilizada. Tampoco realizan aportaciones en superficie, con la excepción de A2, que en ocasiones esporádicas esparce hoja de limpia de la cooperativa, a razón de 3.000 kg ha^{-1}, lo cual no ha tenido lugar en el periodo de estudio. En A1 se procede a la inyección de vinaza, que no se realiza en el interior de la microparcela por imposibilidad física. Pensamos que ello no tiene mucha importancia pues la inyección se realiza a una profundidad de unos 20 cm, acompañada de una labranza. En A3 no se realiza abonado, pues es una parcela de sierra con ganado, que puede dar lugar a fertilización orgánica en el interior de las microparcelas, aspecto éste que no se ha controlado pues el ganado ovino está libre en la parcela.

Análisis de laboratorio

Las muestras obtenidas se conservan a 4 °C. Posteriormente se filtra una alícuota con un papel de 10 µm de diámetro de poro para la determinación de la concentración de P y nitrato en disolución en la trampa correspondiente. El procedimiento de análisis se expone en Page (1982).

Análisis estadístico

Para determinar la relación entre la pérdida de P y NO_3^- y la escorrentía en ambos sistemas de manejo de suelo, se ha utilizado el coeficiente de correlación no paramétrico rho de Spearman, que mide la correspondencia de los rangos asignados a las observaciones para cada variable.

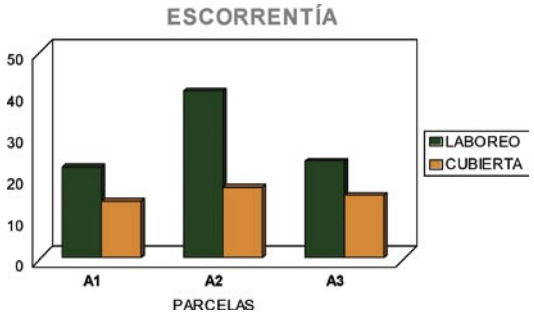
Resultados y discusión

El sistema de manejo de suelo es uno de los factores determinantes en la pérdida de P y N y en su concentración en las aguas de escorrentía, puesto que afecta a las modificaciones del porcentaje de cobertura del suelo en el transcurso del ciclo del cultivo, íntimamente relacionado con los procesos erosivos y de escorrentía, que dan lugar al flujo de masas contaminantes de distintos elementos.

Las figuras 1 a, b y c representan la pérdida total de agua, fósforo y nitrato para los dos sistemas de manejo considerados en el estudio y para las distintas fincas experimentales. En relación a la escorrentía (fig. 1a), se puede observar como la cubierta vegetal reduce en gran medida la pérdida de agua, con porcentajes de reducción del 38%, del 58% y del 35 % para las parcelas A1, A2 y A3 respectivamente.

Los datos presentados tienen una gran importancia en una región con déficit hídrico como es Andalucía. El tipo de clima que afecta a esta zona, implica una gran variabilidad interanual e intranual de lluvias, concentrando las precipitaciones en los meses de octubre a febrero. Los veranos son secos y cálidos, hay una fuerte demanda evaporativa que junto con la escasez de lluvias hace que el balance hídrico sea negativo. El éxito de estos cultivos de secano se basa en la capacidad de almacenamiento de agua por parte del suelo (Berenjena, 1997).

Figura 1 a. Escorrentía acumulada durante la campaña 2006/07 en los diferentes sistemas de manejo y localizaciones consideradas en el estudio.



Se puede decir que el nitrato es el contaminante agrícola por excelencia por su facilidad de lavado con las aguas de escorrentía y lixiviación. La pérdida de este anión acumulada a lo largo de la campaña 2006/07 se sitúa entre los 5 y los 24 kg de NO_3^- /ha para el sistema de laboreo tradicional y entre 2 y 13 Kg de NO_3^- /ha para los suelos protegidos con la cubierta. La transferencia de nitratos en el flujo de escorrentía es menor en los suelos cubiertos, con reducciones con respecto a los suelos labrados del 46%, 45% y 63% para las parcelas A1, A2 y A3 respectivamente (fig. 1b).

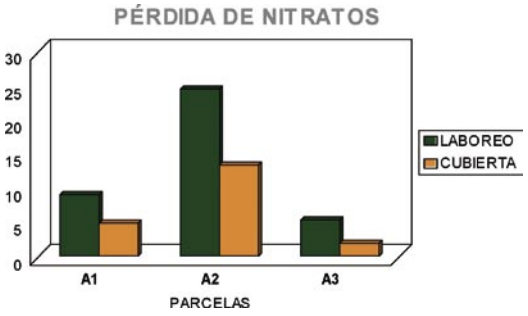


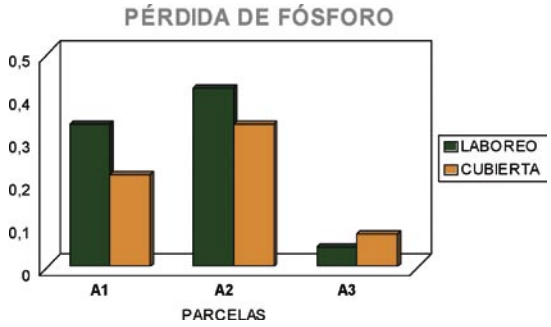
Figura 1 b. Pérdida de nitratos acumulada durante la campaña 2006/07 en los diferentes sistemas de manejo y localizaciones consideradas en el estudio.

Aunque la cantidad de fósforo disuelto en las aguas de escorrentía es sensiblemente menor que la de nitratos, este elemento desde un punto de vista de la contaminación de las aguas tiene una gran importancia. El principal problema del P radica en su biodisponibilidad, es decir, en su posible captura por las algas, lo que hace que este elemento sea considerado como limitante para el inicio de la eutrofización en la mayoría de los sistemas acuáticos. Para este elemento la pérdida acumulada en la escorrentía se sitúa entre 0,05 y

0,42 kg de P/ha para los suelos labrados y entre 0,08 y 0,33 kg de P/ha para los protegidos con la cubierta.

En este caso, el efecto de la cubierta vegetal sobre la reducción del contaminante no está tan claro. En las parcelas A1 y A2 los suelos cubiertos reducen la cantidad de fósforo perdido en un 33 y 21 % respectivamente respecto de lo estimado en los suelos labrados. Sin embargo, en la parcela A3 la menor pérdida de este elemento se aprecia en el sistema de manejo tradicional con un porcentaje de reducción del 38% respecto a la cubierta (fig. 1c).

Figura 1 c. Pérdida de fósforo soluble acumulada durante la campaña



2006/07 en los diferentes sistemas de manejo y localizaciones consideradas en el estudio.

Nuestros resultados en cuanto al efecto de la cubierta vegetal sobre la reducción de contaminantes son similares a los estimados por Durán et al. (2004), que en olivar en bancales obtuvo una disminución en la pérdida de N de entre el 48-56% y de P de entre el 59-67%; Rodríguez-Lizana et al. (2005), que en olivar ecológico y cubierta espontánea midió reducción en la pérdida de NO_3^- en escorrentía del 23-61% respecto a laboreo convencional y Francia et al. (2006), que comparando los citados sistemas de manejo registro una disminución del 72% para N y del 76% para P.

Las figuras 2 a y b representan la pérdida de ambos contaminantes en función de la escorrentía registrada en la parcela A3. En ellas se puede apreciar como en el caso del nitrato, y como consecuencia de su facilidad de lavado, los valores más altos de escorrentía se corresponden con las mayores pérdidas de este anión, sin embargo para el fósforo esta relación no está tan clara.

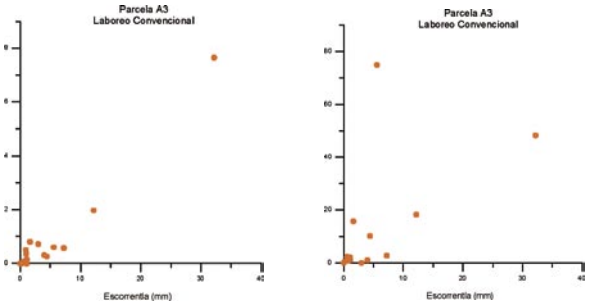


Figura 2 a y b. Pérdida de fósforo y nitrato en función de la escorrentía en el suelo labrado de la parcela A3.

Con el objeto de evaluar la influencia del flujo de escorrentía sobre las pérdidas de P y NO_3^- con respecto al cambio del sistema de manejo de suelo, se ha determinado el coeficiente de correlación no paramétrico de Sperman y los resultados aparecen en la tabla 1.

Los resultados muestran un grado de asociación significativo en todos los casos, y, en líneas generales, superior en el caso de la relación pérdidas de NO_3^- escorrentía en ambos sistemas de manejo, lo que confirma lo ya observado en la fig. 2a. Las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio tienen un gran influencia en el valor del coeficiente de correlación de las variables consideradas según el sistema de manejo de suelo. De tal manera, que la correlación más alta entre NO_3^- y escorrentía (0,863) se aprecia en el suelo labrado de la parcela A2 y para P-escorrentía el valor más alto (0,778) lo presenta el suelo con cubierta vegetal de la parcela A1.

Tabla 1. Correlaciones no paramétricas (rho de Spearman) entre la escorrentía y la pérdida de nutrientes en solución.

		Pérdidas de NO_3^- - Escorrentía		**Pérdidas de P soluble - Escorrentía**		
Parcela	**Sistema**	r_{sxy}	***p***	r_{sxy}	***p***	***n***
A1	Cubierta	0,792	<0,001	0,778	<0,001	40
	Laboreo	0,713	<0,001	0,556	<0,001	40
A2	Cubierta	0,563	<0,001	0,471	0,002	40
	Laboreo	0,863	<0,001	0,693	<0,001	40
A3	Cubierta	0,796	<0,001	0,687	0,003	16
	Laboreo	-	***ns***	0,449	0,081	16

p: p- valor. ***ns***: no significativo

Conclusiones

La cubierta vegetal en olivar es una técnica con una progresiva implantación en el olivar de la región andaluza, sustituyendo al laboreo tradicional, hasta la fecha la técnica de manejo de suelo más utilizada por el agricultor. Los resultados obtenidos en este estudio, indican que este cambio contribuirá a reducir la pérdida de agua por escorrentía y la carga contaminante por NO_3^- y P disueltos en la corriente de agua y arrastrados por ella.

Se ha observado una significativa relación entre pérdida de nitrato y escorrentía, lo que indica que la reducción de esta última va a tener una clara influencia en la concentración de este contaminante y en la cantidad que del mismo llega a las aguas superficiales. La menor solubilidad de las distintas formas de fósforo en el suelo determina que con este elemento la relación no sea tan clara.

En resumen, y dadas las ventajas que presenta en la conservación de suelos y aguas, y por lo tanto en la reducción de la dispersión de contaminantes, así como por las pendientes del olivar en numerosas zonas de Andalucía, consideramos muy positiva su implantación en los olivares ecológicos de la zona.

Agradecimientos

La Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos desea agradecer a Obra Social Caja Madrid la financiación concedida, gracias a la cual se han podido realizar los trabajos y obtener los resultados que se indican en el artículo.

1. Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales, Centro "Alameda del Obispo"IFAPA, Apdo. 3092, 14080 Córdoba (rafaelam.ordonez@juntadeandalucia.es)
2. Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos, IFAPA Centro "Alameda del Obispo", edificio IFAPA 3, Apdo. 3092, 14080 Córdoba.
3. Área de Ingeniería Agroforestal. Dpto. de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos. EUITA, Univ de Sevilla. Carretera de Utrera Km 1., 41013 Sevilla.

Bibliografía

Agrela, F., 2003. Evaluación manual y automatizada de la cubierta de restos de cosecha en sistemas de Agricultura de Conservación. Tesis Doctoral. Departamento de ingeniería Rural. Universidad de Córdoba.

Berengena, J., 1997. 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-Suelos Vivos. Córdoba. 52-74.

CAP. 2003. El olivar andaluz. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.

Catt, J.A.; Howse, K.R.; Farina, R.; Brockie, D.; Todd, A.; Chambers, B,J.; Hodgkinson, R.; Harris, G.L. and Quinton, J.N., 1998. Phosphoruss losses from arable land. Soil Use Manage. 14: 168-174.

Davenport, T.E., 1994. 'EPA's perspective –you need to protect water quality'. J. Soil Water Conserv. Spec. Suppl. 49(2), 14-15.

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. and 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.

Durán, VH.; Martínez-Raya, A. y Aguilar, J., 2002. Control de la erosión en los taludes de bancales en terrenos con fuertes pendientes. Edafología 9(1), 1-10.

European Environment Agency,1998. 'Europe´s environment: the second assessment'. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.

Fernández Escobar, R., 2004. 'Fertilización'. En Barranco, D.; Fernández-Escobar, R y Rallo, L. (Ed.). El cutivo del olivo. Mundi-Prensa. Madrid.

Francia, J. R., Durán, V. H. & Martínez, A., 2006. Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management systems (SE Spain). Science of the Total Environment, 358, 46-60.

Guerrero, A., 1991. Nueva Olivicultura. Mundi-Prensa. Madrid. 271 p.

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, R; Espejo-Pérez, A.J. and González, P., 2005. 'Nitrate pollution of runoff waters in ecological olive groves under different soil management systems'. In AEAC/SV, ECAF, Diputación de Córdoba (Ed.). Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación. Córdoba (España).

Sharpley, A.N.; Chapra, S.C.; Wedepohl, R.; Sims, J.T.; Daniel, T.C. and Reddy, K.R., 1994. 'Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: issues and options'. J. Environ. Qual. 23, 437-451.

Sharpley, A.N.; Foy, R.H. and Withers, P.J.A., 2000. 'Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an overview'. J. Environ. Qual. 29, 1-9.

United States Environmental Protection Agency (USEPA)., 1997. Nonpoint source pollution: the nation's largest water quality problem. Pointer No. 1 EPA 841-F-96-004A. USEPA.