

SOSTENIBILIDAD

CUBIERTAS VEGETALES VS LABOREO

ProTerra y Biosuelo, siete años de ensayo de cubiertas vegetales para control de la erosión en un olivar de verdeo

José A. Gómez

Gema Guzmán

Tom Vanwalleghem

Instituto de Agricultura Sostenible CSIC. Alameda del Obispo. Córdoba

Mercedes Campos

Estación Experimental del Zaidín. Granada

Juan Vicente Giráldez

Estación Experimental del Zaidín. Granada

Este artículo presenta un resumen de los resultados de un programa de ensayos desarrollado en colaboración con la compañía Syngenta, que durante los últimos siete años ha medido la erosión y la escorrentía en un olivar de verdeo en el Aljarafe sevillano, así como de medidas complementarias como pérdidas de nutrientes, materia orgánica y biodiversidad de las cubiertas (esto último de manera incipiente).



FOTO 1. *Olivar con pendiente moderada erosionado tras las lluvias del invierno 2009-2010*

Este trabajo pretende contribuir a aportar información acerca de lo que está ocurriendo con respecto a la conservación de recursos naturales en olivares del sur de España, y reflexionar sobre futuros esfuerzos.

La degradación del suelo, especialmente por erosión hídrica, es uno de los principales problemas ambientales de la olivicultura tanto en el sur de España como en otras regiones del Mediterráneo (Beaufoy, 2001). Por ello, en las últimas décadas se ha investigado acerca de sistemas de manejo del suelo alternativos al laboreo, destacando el uso de cubiertas vegetales en las calles (e.g. Gómez y Giráldez, 2009). Pese a ello, existen pocos ensayos a largo plazo que lo hayan monitorizado de manera continuada para dar una visión adecuada en un clima tan variable como el Mediterráneo. También existen pocos trabajos que

toda la calle comparada con un sistema de laboreo ligero, 1.7 frente a 31 toneladas ha⁻¹ año⁻¹ en el olivar con cubierta y labrado respectivamente, y una reducción más moderada en la pérdida media de agua por escorrentía superficial, con respecto al laboreo, 44 frente a 83 mm año⁻¹, en el olivar con cubierta y labrado respectivamente.

Esas reducciones en escorrentía y pérdida de suelo se tradujeron en una disminución de las pérdidas en nutrientes y materia orgánica en la escorrentía desde las parcelas con cubierta con respecto a las labradas.

DISEÑO DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES

Estas parcelas están situadas en la finca *Santa Marta*, en el término municipal de Benacazón, en el borde occidental del Aljarafe sevillano. En esta finca existe una

// LA CUBIERTA VEGETAL DE GRAMÍNEAS TIENDE SISTEMÁTICAMENTE A GENERAR MENOS ESCORRENTÍA QUE EL SISTEMA DE LABOREO, AUNQUE ESTAS DIFERENCIAS VARÍAN APRECIABLEMENTE AÑO A AÑO //

estudien las interacciones del manejo de suelo con otros aspectos como, por ejemplo, los flujos de nutrientes y carbono asociados a la escorrentía o la biodiversidad.

Los resultados de este programa muestran una reducción drástica de la pérdida de suelo cuando se dispone una cubierta vegetal de gramíneas cubriendo

plantación de olivar de verdeo en riego con goteo de unas 6 ha de extensión, situada en una zona con una pendiente media del 11%, **Foto 1**. El suelo, que tiene una clase textural franco arenosa, está clasificado como Petrocalcic Palexeralf.

En el año 2002 comenzó la instalación de parcelas experimentales para la medida de la

escorrentía y la erosión de 60 m de largo y 8 de ancho con una pendiente media del 11%. Están basadas en el diseño de tanques colectores conectados con partidores de caudal.

Durante los años hidrológicos 2002-03 y 2003-04 dos parcelas estuvieron operativas, y desde el año hidrológico 2004-05 las parcelas operativas han sido seis, dos bajo manejo de laboreo convencional como se entiende en la zona de estudio, y cuatro con diversas alternativas de manejo con cubierta vegetal. Una descripción más detallada del área de estudio y las parcelas de escorrentía aparecen en Gómez *et al.* (2009).

¿A QUÉ SE DENOMINA LABOREO CONVENCIONAL Y CUBIERTA VEGETAL?

- El manejo denominado Laboreo Convencional (LC) consiste en el control de la vegetación adventicia en las calles del olivar mediante un pase superficial del cultivador entre 2 y 3 veces a lo largo de la campaña, que se efectúa cuando el propietario de la finca cree conveniente, por el crecimiento de la vegetación en las calles.
- El manejo denominado Cubierta Vegetal (CV) consiste en el mantenimiento de una cubierta vegetal en la calle del olivar de 4 m de ancho.
- En ambos casos, la línea de árboles se mantiene libre de vegetación mediante la aplicación periódica de herbicida.

MANTENIMIENTO DE LA CUBIERTA VEGETAL

Hasta el año hidrológico 2008-09 las cuatro parcelas con cubierta vegetal se implantaron sembrando ballico (*Lolium rigidum* o *L. multiflorum*) dependiendo de las disponibilidades de se-



FOTO 2. Vista de los tres tratamientos en abril de 2010. De izquierda a derecha cubierta de ballico, laboreo y cubierta mezcla

// LA CUBIERTA VEGETAL HA SUPUESTO EL EVITAR LA PÉRDIDA DE APROXIMADAMENTE 205 TONELADAS POR HECTÁREA DE SUELO FÉRTIL, MÁS O MENOS UN CENTÍMETRO Y MEDIO DE SUELO //

milla ese año). Esta cubierta fue sembrada cada dos años a finales de octubre tras la recolección de la aceituna, recibiendo una fertilización en otoño de 50 UF de N. Además, es segada químicamente con herbicida de contacto durante el mes de abril (la fecha dependiendo de la pluviometría del año) dejándose una banda central sin segar para favorecer la autosiembra el año en que no se siembra la cubierta.

Hasta el año 2006 se utilizó para la siega química de la cubierta en la calle un herbicida compuesto por paraquat 12%+diquat 8% (marca comercial Gramoxone Plus®) y desde esa fecha glifosato 36% (marca comercial Touchdown Premium®).

Desde el año 2009-10 dos de las parcelas con cubierta vegetal han sido sembradas con una mezcla de semillas seleccionada para aumentar la biodiversidad floral y de fauna de artrópodos beneficiosa para el control de plagas de olivar, segadas mecánicamente en primavera. La **Foto 2** ofrece una vista de los tres tratamientos.

ANÁLISIS DE SEDIMENTOS Y ESCORRENTÍA

Durante los años hidrológicos 2003-04 a 2006-2007 las muestras de sedimento fueron analizadas para determinar su textura y su contenido de carbono, nitrógeno orgánico, y fósforo y potasio disponible.

Desde al año 2009-10 las muestras de sedimento están siendo analizadas para determinar su textura y contenido de carbono y fósforo total.

Igualmente, entre los años 2003-04 a 2006-07 las muestras de escorrentía se analizaron para determinar su concentración de fósforo y potasio soluble, y de $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$.

A partir del año 2009-2010 las muestras de escorrentía están siendo analizadas de nuevo para determinar su concentración de fósforo total y carbono orgánico disuelto.

ESTUDIO DE LOS TRES TIPOS DE CUBIERTA EMPLEADOS

Durante el año 2005-06 se evaluaron en calles adyacentes

del olivar diferentes alternativas de cubierta vegetal basadas en tres gramíneas diferentes sembradas: *Lolium rigidum*, *Lolium multiflorum* y *L. dactylo*, segadas químicamente con herbicida, y la vegetación natural existente en la finca manejada con desbrozadora.

En invierno de 2005 se hizo una caracterización completa de las propiedades de suelo en sus primeros 20 cm de profundidad en las parcelas originales implantadas en el año 2002, una en LC y otra CV, que se ha vuelto a repetir en el verano de 2009.

En al año hidrológico 2009-10 se amplió el experimento para evaluar tres alternativas de manejo con cubierta con el fin de mejorar el hábitat para aumentar la fauna de artrópodos beneficiosa para el olivar. Estos manejos fueron, además de la siembra de ballico y de la mezcla (compuesta por de una docena de especies), el sistema de cubierta natural existente en la finca manejada con desbrozadora a lo largo del otoño invierno, una práctica usada por el propietario de la finca fuera de nuestras zonas experimentales.

En abril de 2010 se hicieron los primeros muestreos, mediante aspiración y con trampas de caída, para determinar la composición de la artropodofauna en los tres sistemas. Simultáneamente se estudió la composición de la flora en los tres tratamientos.

RESULTADOS MÁS RELEVANTES

► Evolución de la escorrentía

El **Gráfico 1** representa la escorrentía anual medida en las parcelas en cada tratamiento en las parcelas de escorrentía frente a la lluvia de ese año, ambos en $l\ m^{-2}$. En ella se puede apreciar como la cubierta vegetal de gramíneas tiende sistemáticamente a generar menos escorrentía que el sistema de laboreo, aunque estas diferencias varían apreciablemente año a año.

Hay varios factores que explican esas diferencias entre años. Uno de ellos es la distribución de las lluvias y su momento con respecto al cultivo.

Así los años en que ha llovido intensamente sobre la parcela recién labrada, y en ese momento la parcela de cubierta disponía ya de una cubierta implantada, las diferencias se acentúan, mientras que disminuían si las lluvias ocurrían cuando la parcela de cubierta estaba recién implantada o al final del segundo año cuando ya había zonas consolidadas y sin proteger por la cubierta. Este es uno de los motivos por lo que son necesarios ensayos a largo plazo. Sin ellos no seríamos capaces de capturar esta variabilidad, y de entender qué diferencias podemos realmente esperar entre los diferentes sistemas de manejo y cómo varían en función de las circunstancias.

En promedio, durante estos siete años la cubierta vegetal redujo el coeficiente de escorrentía a la mitad con respecto al laboreo, 6.6 y 13.7 % para CV y LC respectivamente, eso es una diferencia promedio de 39 $l\ m^{-2}$ por año. Aún es pronto para evaluar el efecto de la cubierta con mezcla ya que llevamos un solo año y éste ha sido especialmente lluvioso. Para un año de este tipo, ha presentado pérdidas ligeramente superiores en promedio a los otros dos tratamientos,

GRÁFICO 1

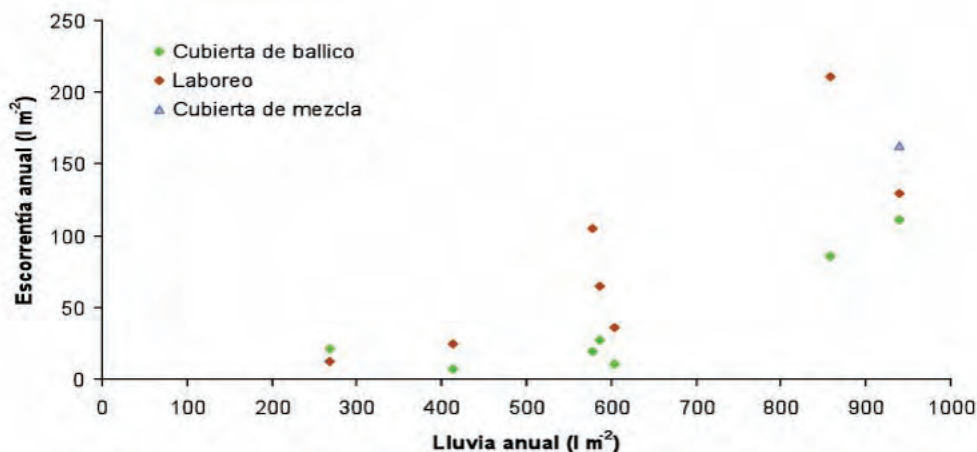
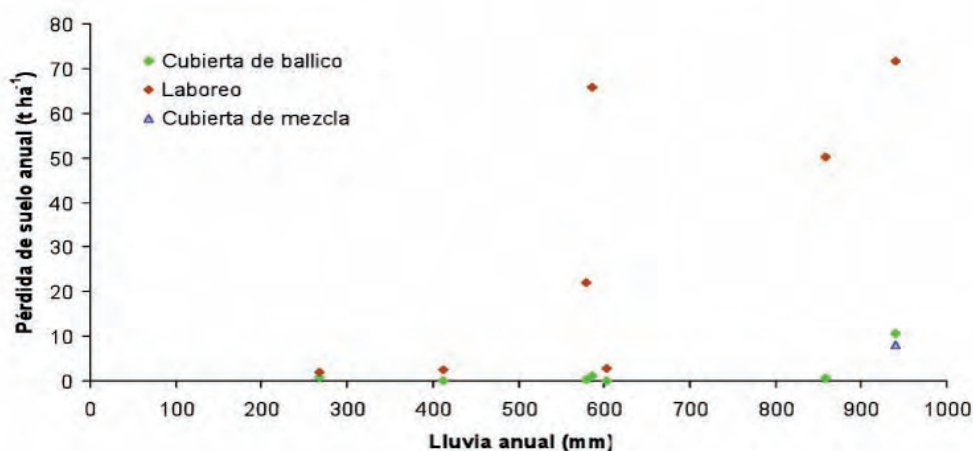


GRÁFICO 2



aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas.

► Disminución de la pérdida de suelo

El **Gráfico 2** presenta la pérdida de suelo anual recogida en los tanques colectores situados al final de las parcelas para cada año en toneladas $ha^{-1}\ año^{-1}$. En ese gráfico resulta evidente la reducción de la pérdida de suelo en el sistema de manejo con cubierta vegetal frente a sistema de laboreo. De nuevo, existe una gran variabilidad entre años debido a la interacción entre precipitación y cobertura y estado del suelo y momento de las tormentas.

El sistema con cubierta sólo presentó pérdidas de suelo elevadas en el año 2009-2010 en el que tuvimos un invierno y primavera muy lluviosos que ocasionaron

daños importantes en la región.

En el conjunto de estos siete años las pérdidas de suelo acumuladas por erosión hídrica en ambos sistemas han sido de 12.2 y 217 $t\ ha^{-1}$ para CV y LC respectivamente. En otras palabras, en este olivar, la cubierta vegetal ha supuesto el evitar la pérdida de aproximadamente 205 toneladas por hectárea de suelo fértil, más o menos un centímetro y medio de suelo.

► Variación en el contenido de nutrientes

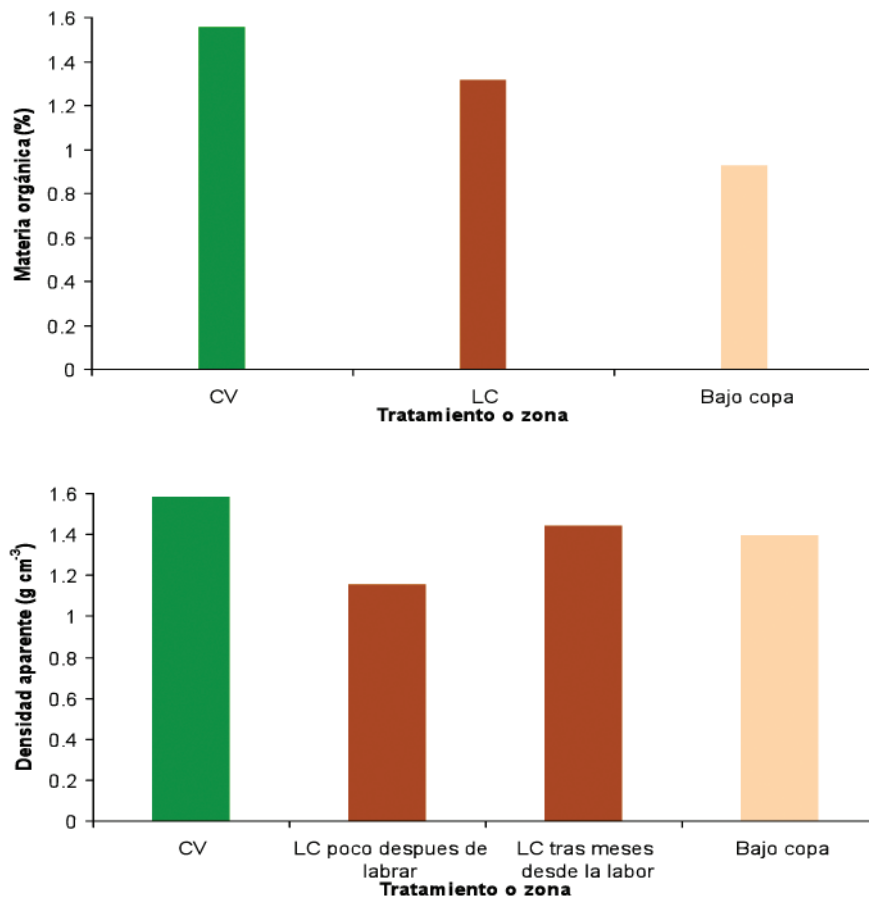
Las medidas efectuadas durante los años 2003-2007, que ahora se están ampliando en el caso del fósforo total y carbono orgánico, nos han permitido evaluar en qué pérdidas de nutrientes se traducen esas pérdidas de suelo y escorrentía.

Las parcelas con cubierta vegetal tendieron a reducir las aportaciones de nutrientes disueltos en agua. Así las pérdidas promedio anual en LC fueron, 3.28, 0.06, 0.19 y 2.94 $kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$ para NO_3-N , NO_2-N , P y K disueltos en agua de escorrentía respectivamente, mientras que en CV fueron 1.75, 0.01, 0.33 y 1.75 $kg\ ha^{-1}\ año^{-1}$ para NO_3-N , NO_2-N , P y K.

Como puede verse esas diferencias fueron moderadas. Y se debieron a la reducción en escorrentía total en las parcelas con cubierta, que compensaron la tendencia a una concentración ligeramente superior en la escorrentía proveniente de las parcelas con cubierta con respecto a las labradas (concentraciones en Gómez *et al.*, 2009).

Igualmente el manejo con cubierta vegetal redujo de mane-

GRÁFICO 3



ra drástica las pérdidas de nutrientes y carbono orgánico en el sedimento. Así las pérdidas promedio anual en LC fueron, 20.3, 234, 0.32 y 0.37 kg ha⁻¹ año⁻¹ para N_{orgánico}, C_{orgánico}, P_{disponible} y K_{disponible} respectivamente, que iban en el sedimento arrastrado por la escorrentía, mientras que en CV fueron 0.65, 6.31, 0.02 y 0.10 kg ha⁻¹ año⁻¹ para N_{orgánico}, C_{orgánico}, P_{disponible} y K_{disponible} respectivamente. Eso fue debido sobre todo a la menor pérdida por sedimento en el manejo con cubierta, **Gráfico 2**, que compensó que el sedimento proveniente de las parcelas con cubierta tuviera una mayor concentración de nutrientes y carbono orgánico que la proveniente de las parcelas labradas (concentraciones en Gómez *et al.* 2009).

► Materia orgánica

Después de siete años consecutivos de manejos diferencia-

dos, el suelo superficial de las calles del olivar tiende a tener un mayor contenido de materia orgánica que las calles labradas y que el suelo bajo las copas que se mantiene permanentemente desnudo, **Gráfico 3**.

Igualmente, el suelo superficial de las calles de las cubiertas está más consolidado que el suelo bajo las copas y que el de las calles labradas, en el que oscila debido a las labores.

Las calles con cubierta vegetal presentan una estratificación diferente de algunas propiedades de suelo, como materia orgánica o densidad aparente (datos no mostrados). Así, aunque la densidad aparente tiende a aumentar con la profundidad en las parcelas labradas o bajo las copas, en las de cubierta, debido a la elevada consolidación en superficie no se aprecia.

Las parcelas con cubierta también presentan una elevada estratificación de la materia orgá-

nica en los primeros 5 cm del suelo, con una acusada reducción de su contenido con la profundidad, presentando en las calles de los dos sistemas y en la zona bajo las copas valores similares a 40 cm de profundidad.

► Mantenimiento de la vegetación natural mediante desbroce

En este ensayo se han evaluado diferentes tipos de cubiertas vegetales.

Además de las dos descritas anteriormente (ballico y mezcla de semillas), se ha evaluado el manejo que hace el agricultor consistente en un desbroce periódico de la vegetación natural de la finca en invierno y primavera, y ocasionalmente en otoños muy lluviosos.

Los manejos con mezcla y de vegetación natural de la finca son más diversos desde el punto de vista vegetal, con 10 y 11 espe-

cies diferentes representadas de manera apreciable durante la primavera de 2010, en comparación con la cubierta de ballico. En esta última, el 90% de su superficie estaba cubierta por ballico y sólo se identificaron seis especies diferentes.

► Composición de las poblaciones de artrópodos

En la misma fecha, abril de 2010, poco antes de desbrozar o segar químicamente las cubiertas, se efectuaron las primeras medidas para determinar la composición y estructura de las poblaciones de artrópodos beneficiosos en los tres tipos de cubierta.

Mediante las técnicas de aspiración y trampas de caída se capturaron un total de 920 depredadores y 167 parasitoides. El número total de depredadores capturado fue ligeramente diferente en los tres tipos de cubierta aunque los parasitoides destacaron en la cubierta de ballico.

Respecto a los depredadores hay que indicar que los grupos más abundantes fueron el de las arañas y las hormigas. Estas últimas predominaron en la cubierta con mezcla, mientras que las arañas lo hicieron en la cubierta natural (**Gráfico 4**).

CONCLUSIONES

Este ensayo es un ejemplo de cual puede ser el impacto del manejo con cubierta vegetal en un olivar comercial con respecto al laboreo a medio plazo, y extraer conclusiones matizadas por las particularidades del olivar.

► Pérdida de suelo

Parece evidente que el manejo con cubierta, tal y como se ha planteado en el ensayo cubriendo prácticamente toda la calle del olivar, permite reducir las pérdidas de suelo a valores que podrían considerarse sostenibles, con una media cercana de 1.7 t ha⁻¹ año⁻¹ en un periodo de siete años que incluye uno de los



FOTO 3. Vista del olivar de Santa Marta y de una de las parcelas de escorrentía

años más lluviosos desde que hay registros.

Esto contrasta con las pérdidas observadas en el manejo con laboreo convencional, que es un laboreo ligero efectuado con cultivador limitado a los primeros 10-15 cm centímetros de suelo y efectuado entre 2-3 veces al año. En este segundo sistema se ha perdido una media de 31 t ha⁻¹ año⁻¹ un orden de magnitud superior y lejos de ser sostenible. No puede serlo un sistema que en siete años pierde de 217 t ha⁻¹ como ha ocurrido en este olivar cuando se labra.

Este olivar se encuentra en

una zona que presenta un riesgo de erosión moderado comparado con otras comarcas olivareas (ver mapas de ese análisis en Gómez y Giráldez, 2009) y en un intervalo de pendiente en que si el agricultor no usara herbicida bajo la copa no tendría obligación de usar cubierta vegetal para controlar la erosión de acuerdo a la actual normativa agroambiental.

Los resultados de este artículo, en línea con otras indicaciones como análisis con modelos de erosión (e.g. Gómez y Giráldez 2009), o las observaciones que cualquiera de nosotros pue-

de hacer en periodos de lluvia, recuerdan que es perentorio ampliar el grado de protección del suelo (usando entre otras técnicas las cubiertas vegetales) incluso en intervalos de pendiente por debajo de lo que requiera la normativa agroambiental. Esto es algo que algunos sistemas de certificación, como por ejemplo el sistema de producción integrada, ya han reconocido.

► Escorrentía

Las cubiertas vegetales redujeron de manera importante la

escorrentía superficial (aproximadamente al 50%) con respecto al laboreo, pero esta siguió siendo apreciable.

Este olivar se encuentra en un suelo poco susceptible a la compactación por tipología y manejo del olivar (verdeado a mano cosechado al inicio de la temporada). Es una situación óptima para la reducción de la escorrentía por las cubiertas (e.g. Gómez *et al.*, 2010).

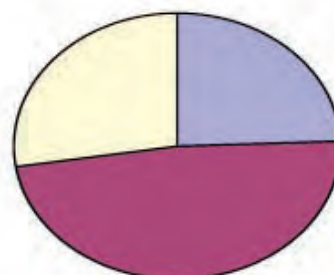
Nuestros resultados nos recuerdan que existe un máximo al aumento de la infiltración debido al uso de las cubiertas vegetales que debe considerarse

GRÁFICO 4

Arañas



Hornigas



■ Cubierta natural ■ Cubierta con mezcla □ Cubierta de ballico

■ Cubierta natural ■ Cubierta con mezcla □ Cubierta de ballico

a la hora de plantear un balance de agua en el suelo realista para un manejo seguro y efectivo de las cubiertas vegetales.

► Contenido en nutrientes y materia orgánica

El agua y sedimento proveniente del olivar con cubiertas vegetales tendió a presentar un mayor enriquecimiento en nutrientes y materia orgánica, que es compensando por las menores pérdidas en escorrentía y sedimento a la hora de determinar que sean las parcelas labradas las que presenten mayores pérdidas de estos elementos.

Estos resultados coinciden con otros trabajos evaluando ensayos similares en el mediterráneo (Gómez y Giráldez, 2009, Gómez *et al.*, 2010).

El mayor enriquecimiento del sedimento proveniente de las parcelas con cubierta con respecto a las labradas se entiende mejor cuando observamos que el uso continuado de las cubiertas vegetales ha resultado en un aumento en superficie de los contenidos de materia orgánica (**Gráfico 3**) y nutrientes (datos no mostrados).

No obstante en nuestro ensayo ese aumento se concentra en los primeros diez centímetros de la superficie: seguimos desarrollando trabajos para determinar con mayor precisión cual es el impacto de estos manejos sobre el contenido total de nutrientes y, materia orgánica.

Nuestros resultados a medio plazo sugieren que la mejora con la cubierta debe ser moderada al estar concentrada sobre todo en los primeros centímetros del perfil del suelo.

► Mejora de la biodiversidad

Otra de las líneas emergentes en los últimos años es la combinación del manejo de las cubiertas vegetales no sólo para

// UNA DE LAS LÍNEAS EMERGENTES EN LOS ÚLTIMOS AÑOS ES LA COMBINACIÓN DEL MANEJO DE LAS CUBIERTAS VEGETALES NO SÓLO PARA LA CONSERVACIÓN DEL SUELO, SINO TAMBIÉN PARA LA MEJORA DE LA BIODIVERSIDAD Y DE LA FAUNA BENEFICIOSA PARA POTENCIAL EL CONTROL BIOLÓGICO EN EL OLIVAR //



FOTO 4. *Olivar con cubierta vegetal insuficiente*

la conservación del suelo, algo en lo que se ha avanzado significativamente, sino también con la mejora de la biodiversidad y de la fauna beneficiosa para potencial el control biológico en el olivar.

Ensayos como el aquí presentado permiten construir sobre una base sólida para conjugar los aspectos medioambientales, que son varios e interrelacionados entre sí, como hemos podido ver, por ejemplo, en los resultados preliminares sobre biodiversidad de artrópodos, con mantener la capacidad productiva de nuestras explotaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha recibido el apoyo continuado de Syngenta desde sus inicios en el año 2002

a través de los proyectos ProTerra I y II y Biosuelo. Desde al año 2009 algunas medidas adicionales han sido posibles gracias al los proyectos P08-AGR-03643, RESEL, y fondos FEDER.

BIBLIOGRAFÍA

Beaufoy G. 2001 EU policies for olive farming. Unsustainable on all counts. BirdLife International-WWF. Disponible libremente en: <http://www.wwf.org.uk/filelibrary/pdf/oliveoil.pdf>

Gómez J A, Giráldez J V, Vanwalleghem T. 2008. Comments on "Is soil erosion in olive groves as bad as often claimed?" by L. Fleskens and L. Stroosnijder. *Geoderma* 147: 93-95.

Gómez J A, Guzmán M G, Giráldez J V, Fereres E. 2009. The influence of cover crops

and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil. *Soil & Tillage Research* 106: 137-144

Gómez J A & Giráldez J. 2009. Erosión y degradación de suelos. En *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*, pp. 45–86. Ed. J. A. Gómez. Junta de Andalucía. Sevilla. Edición electrónica disponible libremente en: <http://hdl.handle.net/10261/24985>

Gómez J A., Llewelyn, C., Basch, G. Sutton, P.B., Dyson, J.S., Jones, C.A. 2010. Comparisons of the effects of cover crops and conventional tillage on soil and runoff losses in vineyards and olive groves in several Mediterranean countries. En preparación.