

# Sistemas de cultivo con cubiertas en olivar de Andalucía (y II)

Estudio de la influencia de los sistemas de cultivo sobre algunas propiedades agronómicas del suelo

*En este artículo continuamos analizando los sistemas de cultivo con cubiertas en olivar iniciado en el pasado número de Vida Rural. En esta parte estudiamos los factores que determinan la elección de los mismos en función de las propiedades físicas y químicas del suelo, el balance de agua en el mismo, la producción y la erosión.*

Miguel Pastor, Juan Castro, M<sup>a</sup> Dolores Humanes y Jesús Muñoz

C.I.F.A "Alameda del Obispo". Córdoba.  
Consejería de Agricultura y Pesca.  
Junta de Andalucía.

Cuando se modifica el sistema habitual de cultivo, a corto y largo plazo, se producen cambios en el suelo, cambios que afectan a sus propiedades físicas y químicas, a la susceptibilidad a la erosión, a la productividad de los árboles y a los costes de cultivo. A continuación haremos una rápida revisión de los cambios que previsiblemente pueden producirse.

Hemos estudiado la influencia de los sistemas de cultivo sobre algunas propiedades químicas del suelo (Castro, 1993; Muñoz, 1998) tales como contenido en materia orgánica (MO), nitrógeno orgánico, fósforo y potasio asimilables, pH y capacidad de intercambio catiónico. Solamente el contenido en materia orgánica y el de P asimilable se han visto significativamente afectados a largo plazo.

Después de 15 años de aplicación de la

técnica de cultivo con cubierta vegetal se ha observado un aumento significativo en el contenido de MO en la capa más superficial del suelo (0-2 cm) en el centro de las calles de la plantación, con respecto a los sistemas de cultivo L y NLD, no habiéndose observado diferencias entre sistemas de cultivo a mayores profundidades (figura 4).

La aplicación de la técnica de NLD no ha provocado a largo plazo una reducción significativa del contenido de M.O. con respecto al cultivo tradicional. Bajo la copa de los árboles se observa un contenido en M.O. significativamente mayor que en el centro de la calle en todos los sistemas de cultivo, con unos valores mucho más altos en los sistemas sin laboreo (NLD y cubierta), debido probablemente a la acumulación de hojas de olivo en la superficie del suelo a lo largo de los años y a su parcial humificación, a pesar de no incorporarse en profundidad mediante labores.

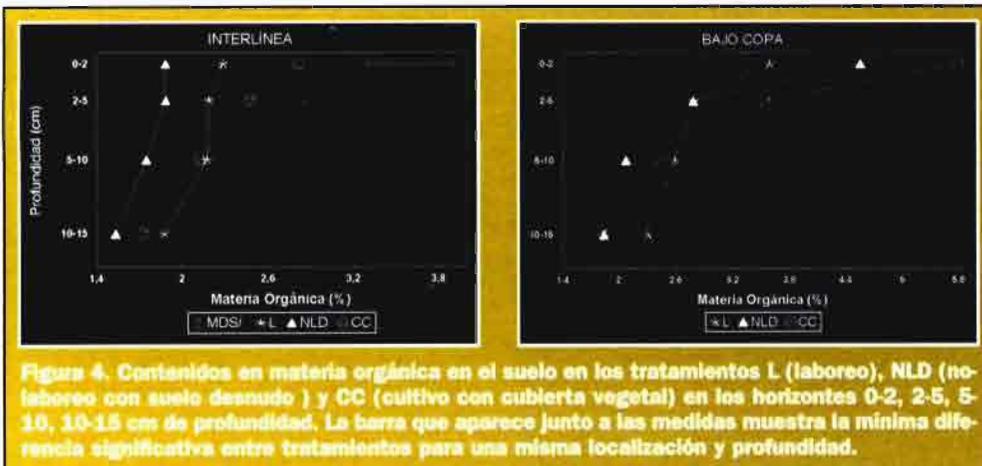
En cuanto al P asimilable los mayores valores se observan en cultivo con cubierta vegetal en la capa más superficial (0-2 cm) y en el centro de la calle del olivar, debido probablemente a la descomposición de los restos vegetales acumulados año tras año sobre el suelo, y probablemente porque las plantas de cobertura podrían bombear los nutrientes hasta la superficie.

Bajo la copa de los olivos, también en los sistemas sin laboreo (NLD y cubierta) se observaron en superficie (0-2 cm) valores significativamente mayores que en laboreo. Los mayores contenidos de P bajo la copa de los árboles se observan para la capa de 0-15 cm de profundidad en el suelo cultivado sin laboreo.

A pesar de haberse observado ciertas diferencias en las propiedades químicas del suelo, como consecuencia de los diferentes sistemas de cultivo aplicados, estas modificaciones no parecen haber repercutido de una forma clara sobre el estado nutritivo de las plantaciones de olivar. Aunque para alguno de los nutrientes y años se han observado diferencias significativas, tal como podemos observar en la **Tabla 3**, estas diferencias no parecen ser relevantes, ya que al es-



En los sistemas de no-laboreo y cubiertas vegetales, existe una diferenciación muy clara entre la zona centro de calle y bajo copa de olivo. Las propiedades químicas y físicas cambian en estas dos localizaciones, siendo el aporte de restos vegetales y la compactación del suelo los factores determinantes.



tar los valores observados por encima de los valores considerados como adecuados (Freeman et al., 1994), en principio no cabe esperar una repercusión importante sobre la producción del olivar.

### Cambios en las propiedades físicas del suelo

Se ha realizado igualmente el estudio a largo plazo de la influencia de los sistemas de cultivo sobre algunas propiedades físicas como la densidad aparente, porosidad, compactación (resistencia a la penetración), estabilidad de la superficie del suelo ante el impacto de las gotas de agua de lluvia (susceptibilidad primaria a la erosión), e infiltración, determinando experimentalmente parámetros como la conductividad hidráulica y sorptividad, de gran importancia sobre el balance de agua en el suelo.

En los sistemas de cultivo sin laboreo (NLD y cubierta), y especialmente en NLD, se observa una mayor compactación del suelo

en su superficie (Figura 5). Sin embargo, tal como podemos ver en la mencionada figura, es en laboreo y en profundidad, debido al paso de los aperos de labranza, donde se detecta la mayor compactación (suela de labor), que a lo largo del tiempo y lentamente será descompactado en el sistema de cultivo con cubierta vegetal.

En laboreo, la porosidad total y en especial la macroporosidad, son significativamente mayores que en NLD y en cultivo con cubierta, especialmente inmediatamente después de realizarse las labores. Sin embargo, la microporosidad es mayor en NLD y cultivo con cubierta. Bajo la copa de los olivos se observa igualmente una mayor proporción de grandes poros que en el centro de la calle para todos los sistemas de cultivo estudiados.

La aplicación de técnicas de no-laboreo, tanto con suelo desnudo como con cubierta vegetal, aumenta la estabilidad de la superficie del suelo a la desagregación por el impacto de las gotas de agua de lluvia, razón

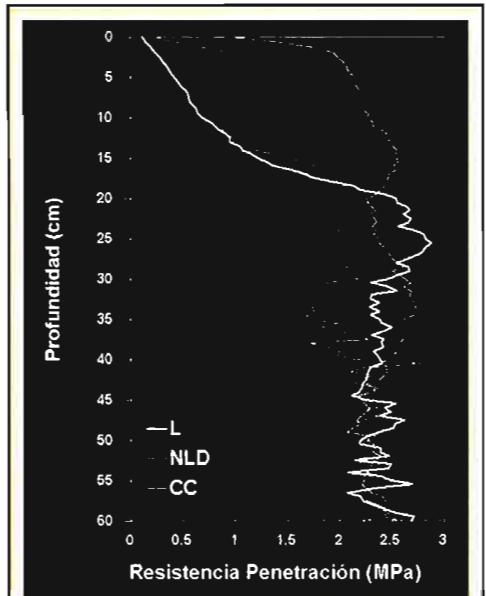


Figura 5. Resistencia a la penetración a lo largo del perfil del suelo en las profundidades de 0-60 cm en los tratamientos L (laboreo), NLD (no laboreo con suelo desnudo) y CC (cultivo con cubierta vegetal en el centro de la calle).

por la que un suelo no labrado es menos susceptible a la erosión que uno labrado frecuentemente.

Utilizando un simulador de lluvia se ha medido la infiltración de agua en el suelo, detectándose en todos los sistemas de cultivo una tasa de infiltración bajo la copa de los olivos mucho mayor que en el centro de la calle, explicable por las diferencias observadas en la compactación, en la porosidad y en el contenido en materia orgánica en la capa más superficial del suelo.

En NLD en el centro de la calle, y debido a la compactación superficial y a la formación

**TABLA 3: CONTENIDOS EN NUTRIENTES DE LA HOJA DE OLIVOS SOMETIDOS A DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO L (LABOREO), NLD (NO-LABOREO CON SUELO DESNUDO) Y CC (CULTIVO CON CUBIERTA). LOS VALORES DE CADA NUTRIENTE SEGUIDOS POR LETRAS DIFERENTES MUESTRAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS. SE PRESENTAN EN EL ÚLTIMO RENGLÓN LOS NIVELES CONSIDERADOS COMO ADECUADOS PROPUESTOS POR FREEMAN ET AL., (1994).**

1996										
Tratamientos	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
Laboreo	1,72 a	0,14 a	0,94 a	1,16 a	0,14 a	28 a	13 a	27 b	23 a	42 a
No-laboreo	1,75 a	0,13 a	0,99 a	1,36 a	0,15 a	26 a	12 a	28 a	21 a	44 a
Cubierta	1,69 a	0,12 b	0,93 a	1,17 a	0,13 a	26 a	14 a	24 c	21 a	37 a
1997										
Tratamientos	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
Laboreo	1,46 b	0,10 a	0,77 a	1,49 a	0,15 a	34 a	70 a	30 a	21 a	35 a
No-laboreo	1,58 a	0,11 a	0,88 a	1,48 a	0,14 a	38 a	77 a	32 a	21 a	37 a
Cubierta	1,65 a	0,11 a	0,83 a	1,65 a	0,16 a	47 a	116 a	37 a	20 a	37 a
Nivel adecuado	1,5-2	> 0,08	> 0,8	>1	>0,1	---	>4	>20	>10	19-150
Nivel deficitario	< 1,4	< 0,05	< 0,4	< 0,3	< 0,08	---	---	---	---	< 14

de la costra, se observa una reducción significativa de la tasa de infiltración (Figura 6), observándose igualmente como la utilización de la cobertura vegetal mejora la infiltración en condiciones de no-laboreo (Figura 6). Debido al impacto de las gotas de agua de lluvia, que provocan la degradación de la capa más superficial, en los suelos labrados, poco a poco se va reduciendo la tasa de infiltración conforme se suceden los episodios de lluvia, pudiéndose llegar después de varios aguaceros a una infiltración similar a la observada en NL (Figura 7).

Los sistemas de manejo del suelo afectan a la conductividad hidráulica (tasa de infiltración para tiempos grandes) y a



La reducción en la infiltración de agua en suelo en los sistemas labrados ocurre por la formación de capas compactadas por el paso de los aperos.

la sorptividad (capacidad de absorción capilar o de movimiento del agua en el perfil) del suelo, observándose valores significativamente menores en condiciones de NLD que en L o en cultivo con cubierta, también explicable por las diferencias de compactación, porosidad y contenido de materia orgánica observadas en la superficie del suelo en los diferentes sistemas de cultivo (Tabla 4 y Figuras 4 y 5).

Los cambios en la conductividad térmica del suelo debido a la aplicación del NL y al efecto pantalla de la cubierta vegetal, determinan igualmente cambios en el régimen térmico de la plantación en los diferentes sistemas de cultivo (Pastor y Castro, 1996). También se observan menores temperaturas nocturnas y mayor riesgo de heladas en olivares cultivados con cubierta vegetal, mientras que en NLD las temperaturas nocturnas son significativamente más altas, incluso mayores que en un suelo labrado.

Durante el día es en el cultivo con cubierta donde se observan las temperaturas mayores. En zonas con grandes riesgos de heladas el cultivo con cubierta vegetal es comprometido, especialmente en las zonas de valle.

## Balance de agua en el suelo

En la mayoría de los olivares de secano las disponibilidades de agua para el cultivo dependen fundamentalmente de la fracción de agua de lluvia infiltrada y almacenada en el suelo, y de las cantidades de agua perdidas por evaporación desde el suelo. Cantidades que en zonas áridas y cálidas como la nuestra son cuantiosas y nunca despreciables (Fischer y Turner, 1978).

Los sistemas de manejo del suelo modifican sustancialmente la infiltración y a la

**TABLA 4: VALORES DE LOS AJUSTES AL MODELO DE PHILIP ( $I = S T^{1/2} + A t$ ; DONDE I = INFILTRACIÓN ACUMULADA; S = SORPTIVIDAD; A = CONDUCTIVIDAD Y t = TIEMPO), SEGÚN LOS TRATAMIENTOS Y LOCALIZACIÓN, DE LOS ENSAYOS CON DOBLE ANILLO. SE INDICA TAMBIÉN EL AJUSTE MEDIO ( $r^2$ ) A LOS MODELOS. LAS LETRAS QUE SIGUEN A LOS PARÁMETROS INDICAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE TRATAMIENTOS DENTRO DE LA MISMA LOCALIZACIÓN.**

TRATAMIENTOS	INTERLINEA			BAJO COPA		
	A (mm/h)	S (mm/h 1/2)	r <sup>2</sup>	A (mm/h)	S (mm/h 1/2)	r <sup>2</sup>
L antes labor	11,2 ab	14,0 a	0,99	26,4 a	15,9 a	0,99
L después de labor	6 10-6 b	8,1 a	0,82	14,0 a	16,4 a	0,99
L suelta de labor	3,4 b	5,0 a	0,99	6,1 a	10,1 a	0,99
NLD	2,1 b	1,7 a	0,99	3,4 a	5,9 a	0,99
CC	21,2 a	12,5 a	0,99	34,0 a	28,7 a	0,99

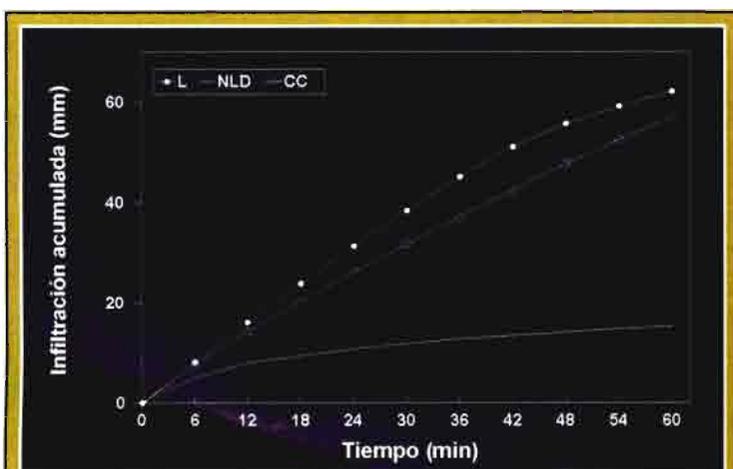


Figura 6. Curvas de infiltración acumulada para los tratamientos laboreo (L) no-laboreo (NLD) y cubierta vegetal de cebada (CC) en el centro de la calle. Curvas obtenidas con un infiltrómetro de doble anillo.

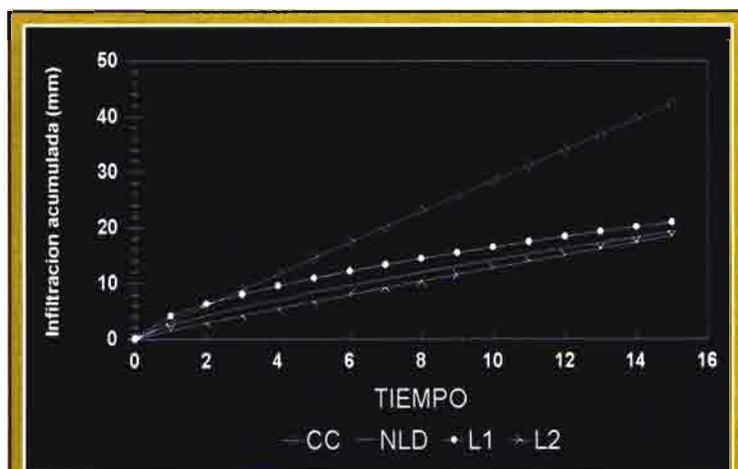


Figura 7. Curvas de infiltración acumulada para tratamientos de no-laboreo con suelo desnudo (NLD), cubierta de cebada (CC), laboreo (L) después de una (L1) o dos (L2) lluvias simuladas.

evaporación de agua desde el suelo. En los apartados anteriores hemos estudiado las modificaciones en las propiedades físicas de los suelos como consecuencia del cambio de sistema de cultivo, lo que finalmente se traducirá en diferencias en las disponibilidades finales de agua. Esto tiene una gran importancia, ya que en zonas áridas y en cultivo de secano, pequeñas variaciones en las cantidades de agua disponibles para el cultivo pueden afectar significativamente a su crecimiento y producción.

El mejor reflejo de las disponibilidades globales de agua en el suelo es el crecimiento vegetativo y producción del cultivo medido en unas condiciones en las que la falta de humedad es el principal factor limitante. En estas condiciones es frecuente obtener respuestas mejores en no-laboreo que en suelo labrado (Gras y Trocme, 1977; Zaragoza et al., 1990; Pastor, 1991).

En un ensayo realizado en Mengíbar, los olivos cultivados en no-laboreo alcanzaron en el transcurso de los años un mayor volumen de copa y mayor producción que los de la parcela labrada (Figura 8 y 9), lo que evidencia unas mayores disponibilidades de agua en el suelo a lo largo del ciclo vegetativo.

#### Infiltración.

Aunque el laboreo aumenta aparente y momentáneamente la velocidad de infiltración (Pastor, 1989b), mediciones de humedad realizadas durante varios años en olivares que vegetan sobre diferentes tipos de suelo y pendiente, muestran como al final del invierno en los terrenos labrados no siempre almacenan mayor cantidad de agua que los que permanecieron sin labrar durante varios años (Figura 10), no habiéndose observado diferencias significativas entre laboreo y NLD. Tengamos en cuenta que no todas las lluvias producen escorrentía, y que en NLD aumenta la velocidad de infiltración una vez mojada la superficie del terreno (Pastor, 1989b; Gómez Calero, 1998).

Por otra parte, hemos visto como el impacto de las gotas de agua de lluvia alteran la superficie del suelo labrado, y tras su desecación se forma la costra, lo que también reduce drásticamente su velocidad de infiltración de los suelos labrados en los siguientes eventos de lluvia (Figura 5), pudiéndose producir niveles de escorrentía superficial bastante similares a los observados en no-laboreo.

Por tanto, si en un sistema con laboreo quisiéramos mantener permanentemente una alta velocidad de infiltración, habría que labrar inmediatamente después de cada episodio de lluvia, lo que desde otros puntos de vista no es lo más recomendable.

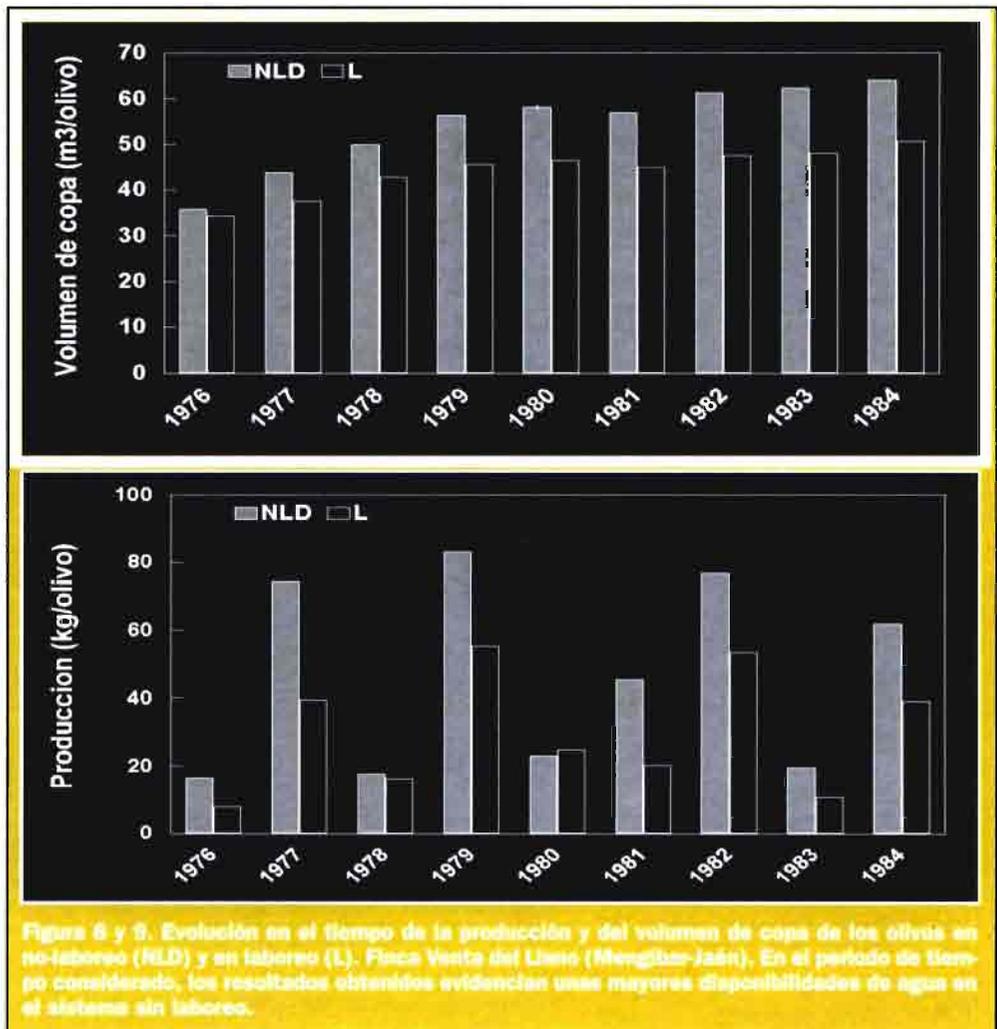


Figura 8 y 9. Evolución en el tiempo de la producción y del volumen de copa de los olivos en no-laboreo (NLD) y en laboreo (L). Finca Vesta del Llano (Mengíbar-Jaén). En el periodo de tiempo considerado, los resultados obtenidos evidencian unas mayores disponibilidades de agua en el sistema sin labores.



En los sistemas de no-laboreo y debido a la presencia de costras superficiales ocurre una disminución de la infiltración de agua en suelo. En estos sistemas es muy recomendable la realización de redes de captación de las escorrentías (pozas).

Una labor anual que rompa la costra, realizada en el centro de las calles, puede hacer aumentar la infiltración hasta niveles similares a los observados en el laboreo tradicional.

La aportación de materia orgánica en superficie cada cierto número de años puede mejorar permanentemente la infiltración en NLD en suelos con mala estructura (Aguilar et al. 1996)

Los aperos de labranza, especialmente las vertederas y grada de discos, dejan el suelo superficialmente mullido y disgregado, teóricamente en situación ideal para infiltrar el agua. Sin embargo, debajo de esta capa se encuentra la suela de labor compactada (**Figura 5**) que es aún menos permeable que la costra, y que es la responsable de la reducción de la infiltración en profundidad en los terrenos labrados (Pastor, 1989).

Un modo eficaz de mejorar la infiltración puede ser el empleo de cubiertas vegetales vivas. En la Figura 1 vimos como una cubierta vegetal de gramíneas aumentó la cantidad de agua infiltrada a capas profundas después de un período de lluvias intensas, tanto con respecto al NLD como con respecto al laboreo. La cubierta, además de mejorar la estructura del suelo, aumenta la retención del agua de escorrentía, estableciendo sus raíces canales preferenciales, factores que todos ellos conjuntamente contribuyen a aumentar la infiltración.

### Variaciones de producción

Como ya se expuso anteriormente, en los ensayos realizados por diversos Organismos Oficiales durante los últimos veinte años en Andalucía, en los que se ensayó la técnica de NL con suelo desnudo de malas hierbas, se puso en evidencia que en un alto porcentaje de las explotaciones esta técnica puede proporcionar aumentos de producción de cierta importancia con respecto al laboreo tradicional. Sin embargo, en determinados tipos de suelo (Aguilar et al., 1995) y en algunos años, puede reducirse la producción media en NLD (Tabla 1).

Los sistemas de laboreo reducido, tanto el semilaboreo como el mínimo laboreo, han proporcionado igualmente aumentos de producción con respecto al laboreo convencional (Pastor, 1991), siendo estos sistemas de cultivo muy empleados en Andalucía en la actualidad.

En los suelos en que el NLD no ha proporcionado óptimos resultados, las prácticas de laboreo reducido pueden ser una



**Olivar en pendiente con cubiertas vegetales en el que se observa la presencia de una cárcava con el origen en la misma finca. Para el control de la erosión en esta pendiente, aparte de emplear cubiertas vegetales, se tendrán que realizar obras de defensa de erosión, consiguiéndose una división de la longitud de la pendiente y una reducción de la velocidad del agua de escorrentía en la misma.**

buena alternativa.

Nuestros ensayos han puesto igualmente en evidencia que puede pensarse en el cultivo con cubierta vegetal, incluso en secano y años de baja pluviometría. Para que los resultados sean satisfactorios hay que realizar la siega de la cubierta antes de que se establezca la competencia por el agua entre la planta de cobertura y el olivar, así como satisfacer las necesidades conjuntas de nutrientes de la cubierta y el cultivo (Castro, 1993). Hemos visto como el manejo con siega química parece más sencillo y eficaz que la siega mecánica en la mayoría de los casos, especialmente en secano.

En los años secos los sistemas sin laboreo (NLD y cubierta) o laboreo reducido (ML, semilaboreo) se muestran mucho más eficaces que los laboreos convencionales, recomendándose la supresión de las labores primaverales en los años de sequía.

### La erosión

La erosión es el problema más importante de la agricultura mediterránea. En olivares en

pendiente de la provincia de Córdoba se observaron pérdidas anuales de suelo comprendidas entre 60 y 105 t/ha y año (Laguna, 1989).

El agua es el principal factor causante de la erosión en las regiones Mediterráneas, aunque el viento, en determinadas zonas y suelos, puede ser también un agente erosivo de gran importancia.

Todas aquellas prácticas de cultivo que de algún modo eviten la desagregación del suelo, aumenten la infiltración y reduzcan la velocidad del agua en su movimiento sobre el terreno, contribuirán sin duda en la conservación de éste.

Determinadas prácticas derivadas de la actividad agrícola, como el laboreo, han influido decisivamente sobre el deterioro de nuestros suelos. Las labores, al desagregar el suelo y destruir la cubierta natural, aceleran el proceso erosivo, mientras que los sistemas de cultivo en los que se reduce la intensidad del laboreo (NLD o el mínimo laboreo) pueden contribuir a reducir globalmente la erosión.

La mayoría de los autores que han estudiado los problemas de la erosión, están de acuerdo en que cubrir el suelo con vegetación es el método más eficaz para combatirla (Phillips y Young, 1979; Blevins, 1986). La acción de la cubierta es triple:

- Reduce el número de impactos de las gotas de agua de lluvia sobre la superficie del terreno (menor desagregación).

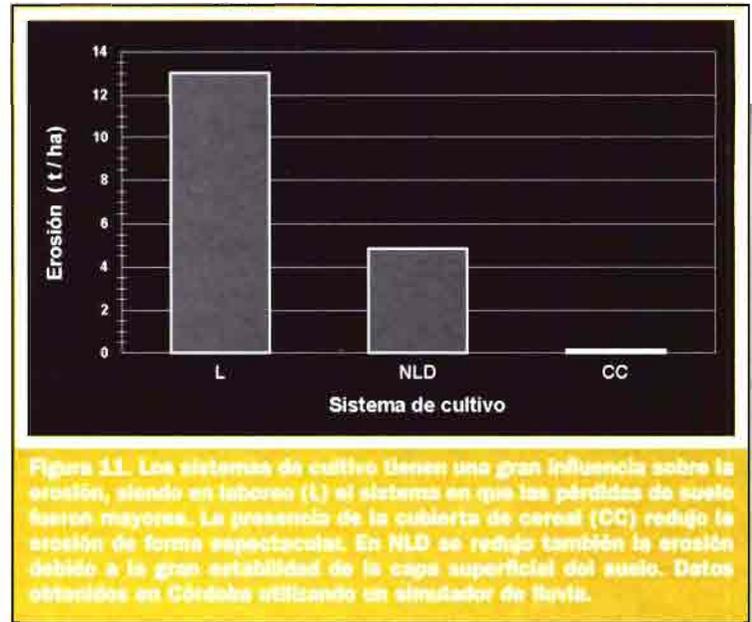
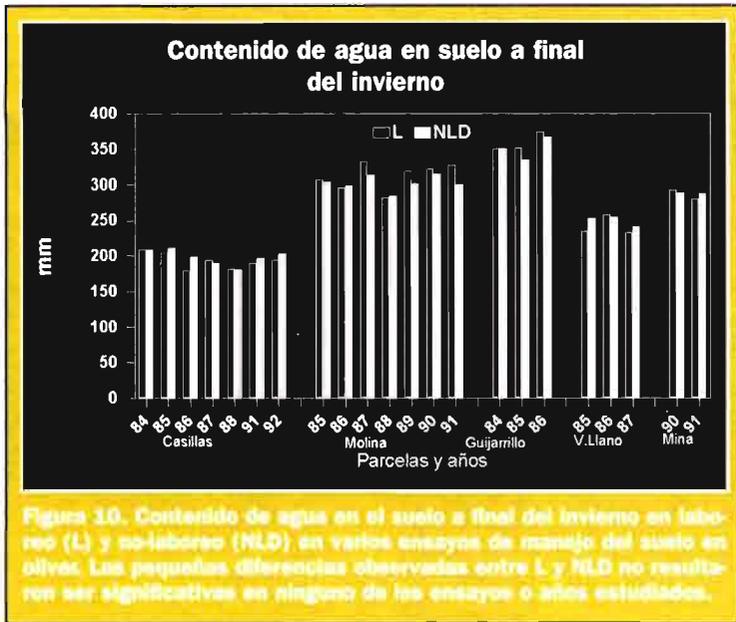
- Aumenta la estabilidad del suelo ante el impacto de las gotas del agua de lluvia (menor carga de sedimentos).

- Aumenta velocidad de infiltración (reducción de la escorrentía).

De lo que se deduce que el cultivo con cubierta puede tener un gran interés en la olivicultura de zonas con especial riesgo erosivo.

En la **Figura 11** presentamos datos de pérdida de suelo en un ensayo de campo realizado en la provincia de Córdoba empleando un simulador de lluvia sobre parcelas en pendiente sometidas a diversos sistemas de cultivo. En dicha figura podemos observar como después de una lluvia de gran intensidad, en el suelo con cubierta vegetal se ha reducido prácticamente a cero la erosión, mientras que en el terreno recientemente labrado las pérdidas de suelo fueron muy grandes.

En NLD la erosión fue mucho menor que en laboreo, ya que aunque la velocidad de infiltración es menor, la resistencia del suelo a la desagregación por el impacto de las gotas



de lluvia es mucho mayor que en laboreo (Castro, 1993).

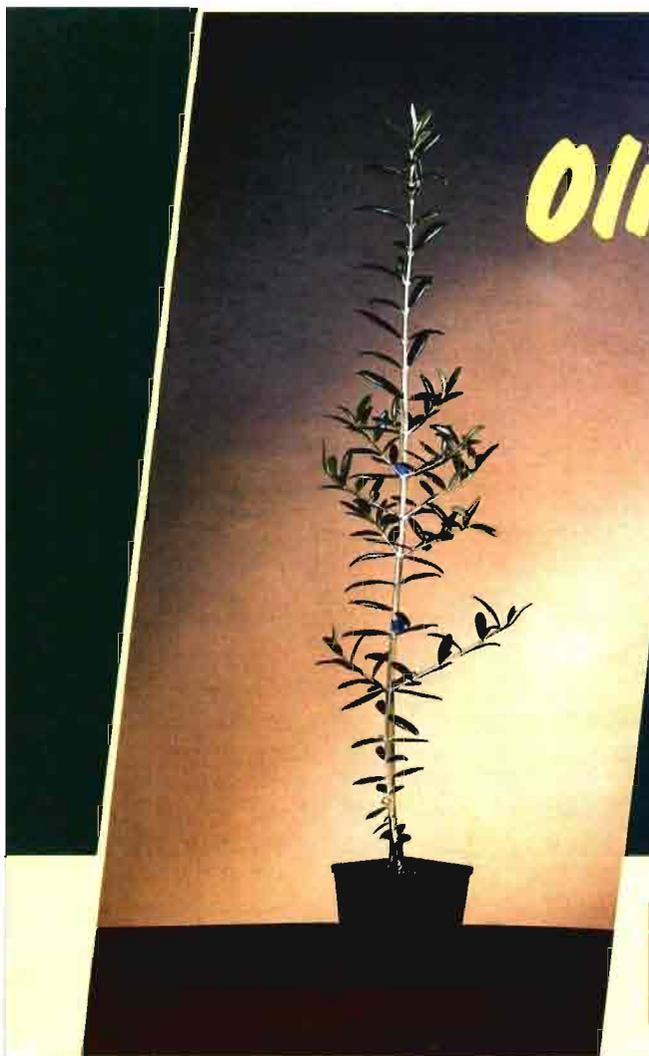
Con estos datos no pretendemos demostrar que el NLD sea la mejor solución para luchar contra la erosión, ya que en par-

celas de gran superficie y en pendiente, la reducción de la velocidad de infiltración da lugar, durante las tormentas, a grandes volúmenes de escorrentía superficial, produciéndose con el tiempo cárcavas profundas en

las zonas de desagüe de la escorrentía. ■

**BIBLIOGRAFÍA**

Existe una amplia bibliografía en nuestra redacción a disposición de los lectores.



# OLIVOS ARBEQUINOS

*La seguridad de tener una plantación con futuro.*

*Nuestra producción surge de la selección de las mejores plantaciones de la comarca de las Garrigas, mediante el método de estaquillado, reproducidos en un invernadero bajo nebulización. Gracias a la técnica, rigor del proceso y de nuestras instalaciones podemos ofrecer unos plantones de olivos Arbequinos de gran calidad.*

**ACUDAM**  
Ferrer i Busquets, 2  
Tel. 973 - 71 04 04  
Fax 973 - 71 04 53  
25230 MOLLERUSSA - Lleida  
E-MAIL. acudam @ cambrescat.es