

Una nueva técnica de control de la erosión sin merma para la productividad del olivar

## El empleo de una cubierta viva de cebada

Por : J. Castro\* y M. Pastor\*\*

### LA EROSION Y SUS SOLUCIONES EN LOS SUELOS CULTIVADOS

En España, igual que en otros países de la cuenca mediterránea, la erosión es uno de los problemas más importantes de la agricultura. Según datos del MOPU (1990) el 25% de nuestro suelo está ya gravemente deteriorado por la erosión (pérdida total del horizonte A más el 25% del B), observándose cifras mucho más alarmantes en Andalucía, con más de un 40% del suelo gravemente deteriorado.

Diversos factores naturales han contribuido al deterioro de nuestros suelos: orografía montañosa con abundancia de suelos con pronunciadas pendientes, suelos arcillosos con baja velocidad de infiltración, y clima de tipo mediterráneo con lluvias irregulares y en muchos casos torrenciales, que han favorecido durante siglos los fenómenos de escorrentía y pérdidas de suelo.

El impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo dispersa y separa las partículas del terreno, con lo que se inicia el proceso erosivo. La eficacia de la lluvia en esa desagregación depende directamente de su energía cinética, es decir, de la masa de cada una de las gotas y de su velocidad de caída. Cuando la intensidad de la lluvia supera la capacidad de infiltración del terreno se origina la escorrentía, que transporta los sedimentos fuera de la parcela. Este flujo de escorrentía cargado de sedimentos arranca más partículas de suelo, completándose el proceso de erosión laminar. Si la escorrentía se con-

centra, se abren en principio pequeñas incisiones, produciéndose la erosión en regueros o surcos de pequeño tamaño, acabando por ocasionar grandes surcos en las zonas de desagüe, al acumularse grandes volúmenes de agua. En casos extremos da lugar a grandes cárcavas o barrancos, acentuándose el problema al verse atacada la misma roca madre sobre la que se asienta el suelo.

Las prácticas agrícolas han contribuido también al deterioro de los suelos agrícolas, el laboreo intensivo del terreno incrementa las pérdidas de suelo, mientras que la supresión total o parcial del laboreo reduce la erosión (BLEVINS, 1986).

En cultivos arbóreos como el olivar y

viñedos con escasa proporción de suelo cubierto, es en los que se producen mayores pérdidas de suelo. Según el MOPU (1990), en Andalucía se evalúan dichas pérdidas en 80 toneladas por hectárea y año frente a pérdidas de 37 toneladas en cultivos herbáceos de secano y 21 toneladas en zonas de arbustos y matorral. En la lucha contra la erosión existe un acuerdo a nivel mundial que admite que el sistema más eficaz es el empleo de cubiertas vegetales, reconociéndose que pueden plantearse problemas de competencia con el cultivo si no se emplean estrategias que permitan mantener la cobertura sin ocasionar descensos en los rendimientos, lo que es indispensable para poder introducir



(\*) Departamento de Olivicultura y Arboricultura Frutal. C.I.D.A. de Córdoba. D.G.I.T.F.A.P. de la Junta de Andalucía.

estas técnicas entre los agricultores, acostumbrados a mantener sus plantaciones libres de todo tipo de cubierta vegetal.

La vegetación intercepta las gotas de lluvia y alivia su impacto directo sobre el suelo, al disipar la energía cinética de las mismas y aumenta la velocidad de infiltración del agua de lluvia. Una vez que se ha producido la escorrentía superficial, la vegetación disminuye la velocidad de circulación del agua y, consecuentemente, su poder erosivo. Además, la vegetación presenta otras propiedades que inciden directamente en la disminución de la erosión; por ejemplo, aporta materia orgánica al suelo, lo que favorece la formación de agregados que aumenta la estabilidad de las partículas ante el impacto directo de las gotas de agua de lluvia.

Como vemos, la vegetación presenta una serie de características que se traducen de forma inmediata, en una reducción de las pérdidas de suelo. Han sido diversas las tentativas de cultivo con cubiertas en el olivar, pero los descensos de producción y las dificultades en el manejo de las plantas de cobertura, no ha permitido su difusión entre los olivareros. En los años setenta se introdujo el uso de herbicidas, fundamentalmente para facilitar la recogida de las aceitunas, aunque muchos agricultores también los emplearon para eliminar las malas hierbas en cultivos sin laboreo, llegándose a aplicar el no-laboreo en varios miles de hectáreas en Andalucía, con buenos resultados en la mayoría de los casos (PASTOR, 1991). Aunque esta técnica permite una reducción global de la erosión, las cárcavas ocasionadas por los excesos de escorrentía ha frenado, en muchas ocasiones, la aplicación de esta técnica.

Tratando de solucionar estos problemas de erosión hídrica del suelo, VAN

HUYSSTEEN y VAN ZYL (1984) propusieron para los viñedos sudafricanos una nueva técnica de cultivo consistente en la siembra de un cereal en las calles de la plantación, que una vez desarrollado, y antes de que se produzca la competencia con el cultivo, es segado químicamente mediante la aplicación de un herbicida de traslocación. Con la aplicación de este sistema de cultivo consiguieron reducir las pérdidas de suelo sin que se afectasen las producciones del viñedo. Estos resultados nos animaron en 1985 a iniciar una investigación sistemática sobre la adaptación de esta técnica a las condiciones del olivar de secano de Córdoba, realizándose ensayos en tres localidades y empleándose la cebada como planta de cobertura. En los ensayos se evaluaron parámetros físicos, químicos y biológicos de la plantación, con especial atención a la reducción de la erosión del suelo.

### ENSAYOS PLANTEADOS

Las localidades donde se instalaron los ensayos fueron, Casillas (Alameda del Obispo, Córdoba), La Molina (Fernán Núñez) y La Mina (Cabra), todas en la provincia de Córdoba. Los olivos en todos los ensayos fueron del cv. Picual, los suelos son calizos, empleándose un diseño experimental en bloques al azar con tres tratamientos y cuatro o cinco repeticiones. En todos los casos la parcela elemental estaba rodeada de una doble fila guarda.

Para cada una de las localidades se instalaron tres sistemas de cultivo: a) Laboreo (L), de acuerdo con el cultivo convencional de la zona; b) no-laboreo con suelo desnudo (NLD), en este sistema se mantiene el terreno sin laboreo y libre de malas hierbas y residuos vegetales mediante la aplicación de herbicidas residua-

les en otoño, aplicando en nuestro caso simazina a dosis de 3 kg/ha, para todos los años y localidades; c) cultivo con cubierta vegetal de cebada (CC), obtenida por la siembra de cebada (*Hordeum vulgare* L.) a dosis de 180 kg/ha en el centro de las calles, sobre un suelo en el que previamente se había realizado una labor superficial, suficiente como para enterrar la semilla, realizándose una aportación de 46 unidades fertilizantes de nitrógeno (100 kg/ha de urea), complementaria al abonado que posteriormente recibirá el olivar. Esta cubierta viva crece a lo largo del periodo otoño-invierno, y al final del cual se realiza la siega química de la misma, aplicando el herbicida glifosato a dosis de 0,54 kg/ha y dejando los residuos secos del cereal sobre el terreno hasta la próxima siembra otoñal.

### RESULTADOS

#### MANEJO DE LA CUBIERTA VIVA DE CEBADA

Las cubiertas de cebada sembradas en las interlíneas de los olivos han desarrollado una biomasa (3.000 kg/ha de materia seca) que ha sido lo suficientemente persistente sobre el suelo, observándose porcentajes de cobertura al final del ciclo anual superiores al 30%, suficiente como para asegurar una buena protección del terreno (ROGERS y SCHUMM, 1991).

El factor determinante en el manejo de la cubierta de cebada en secano es el momento en que debe realizarse la siega química con herbicidas. En la fecha elegida debe haberse producido una cantidad de biomasa suficiente como para proteger el suelo en un ciclo anual, sin que se produzca competencia entre la cubierta y el cultivo por el agua y los nutrientes. En nuestras condiciones climáticas la fecha idónea resultó ser la última semana del mes de marzo, que coincide con el estado fenológico de final de encañado de la cebada. Durante el invierno la transpiración de la cubierta es suficientemente compensada por las precipitaciones, debido a una mayor infiltración de agua en el suelo con respecto a los sistemas sin cubierta vegetal (GLENN y WELKER, 1989b), observándose, como resultado, un mayor contenido de agua en el suelo a final del invierno que en L y NLD. Una vez realizada la siega química, los restos secos de la cubierta redujeron las pérdidas de agua por evaporación.

Como método alternativo a la siega química con herbicidas se ha estudiado la posibilidad de empleo de siega mecánica con desbrozadora, dejando también los restos vegetales sobre el suelo. Este sistema planteó diversos problemas, principalmente la elección del momento idóneo de siega. Siegas mecánicas tempranas, con el cereal en estado de ahijamiento, obligaron a continuas intervenciones de siega



produciéndose importantes consumos de agua del suelo por la cebada; en cambio, cuando se retrasa el momento de la siega, con el cereal en estado de encañado, se redujo el rebrote del cereal, pero en el período anterior a las siega, ya se habían producido importantes consumos de agua, por lo que en primaveras secas en las que no se produzca la posterior recarga del perfil, podría comprometerse la producción del olivar.

Entre los herbicidas autorizados en el cultivo del olivo, los más apropiados para la siega química de este tipo de cubierta, fueron glifosato y sulfosato, herbicidas caracterizados por una alta capacidad de traslocación, recomendándose dosis comprendidas entre 0.7 y 1 kg/ha en aplicaciones a bajo volumen, en función del desarrollo del cereal en el momento de la siega.

**EFFECTOS DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO SOBRE EL OLIVO**

En las condiciones de manejo que se han expuesto anteriormente, la técnica de cubiertas de cereal no ha influido negativamente sobre la producción y vigor del olivar, aunque la bibliografía reconoce un efecto depresivo sobre los cultivos leñosos (HOUGE y NEILSEN, 1987), sobre todo en una situación de cultivo en secano, en la que el agua es el factor limitante.

Los olivos con sistemas de cultivo de CC y NLD, han presentado un mayor vigor que los olivos en L, lo que está de acuerdo

con las observaciones de PASTOR (1989) y GLENN y WELKER (1989b).

Las producciones de aceituna (Figura 1), no registran diferencias significativas entre los tres sistemas de cultivo, lo que permite decir que las cubiertas de cebada correctamente manejadas no inciden negativamente sobre la producción en las condiciones climáticas de la provincia de Córdoba, lo que confirma las observaciones de NEILSEN y HOUGE (1985) y GLENN y WELKER (1989a), cuando utilizaron cubiertas sometidas a siega química.

**EFFECTO DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO SOBRE PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO**

**Erosión**

La evaluación del efecto del impacto de las gotas de agua sobre la superficie del suelo en los distintos sistemas de cultivo ha sido un método eficaz para determinar la estabilidad de esos suelos a la desagregación, y la relación de ésta con las pérdidas de suelo, recordemos que el impacto de las gotas de lluvia dispersa y separa las partículas del suelo, iniciándose el proceso erosivo, siendo posible asociar esta mayor estabilidad a la desagregación con una reducción de las pérdidas de suelo por erosión (GHADIRI y PAYNE, 1986). Los suelos NLD y CC fueron los menos afectados por el impacto de las gotas. La compactación de la superficie en el caso de NLD, debido a la formación de costra y

el efecto pantalla, debido a la presencia de restos vegetales, fueron responsables en ambos casos de la menor susceptibilidad al impacto de las gotas. En L, la desagregación artificial debido a la labranza y que redujo el tamaño de los agregados, ha aumentado la susceptibilidad a la erosión, lo cual muestra la problemática que pueden presentar las labores clásicas de verano que pulverizan la superficie del suelo, riesgo que se incrementa cuando las lluvias se producen sobre un suelo muy seco (MEYER et al., 1970).

Para el estudio de la influencia de los sistemas de cultivo sobre las pérdidas de suelo, en el ensayo de La Mina (Cabra) se empleó en campo un simulador de lluvia, que permitió aplicar altas intensidades de lluvia sobre suelo seco, determinándose la escorrentía y la erosión. Los resultados obtenidos (Figura 2) han mostrado una espectacular reducción en las pérdidas de suelo en CC, lo cual coincide con las observaciones de ROGERS y SCHUMM (1991). Los volúmenes de escorrentía (Figura 3) en los suelos con cubierta de cebada fueron mucho menores que en NLD y L, tal como observaron también LOUW y BENNIE (1991).

Se ha observado que en el suelo labrado, tras registrarse una primera tormenta, su comportamiento fue muy similar al del NLD, ya que debido al efecto de las gotas de lluvia sobre el suelo desregado, se formó en su superficie una potente costra, que redujo drásticamente la infiltración en

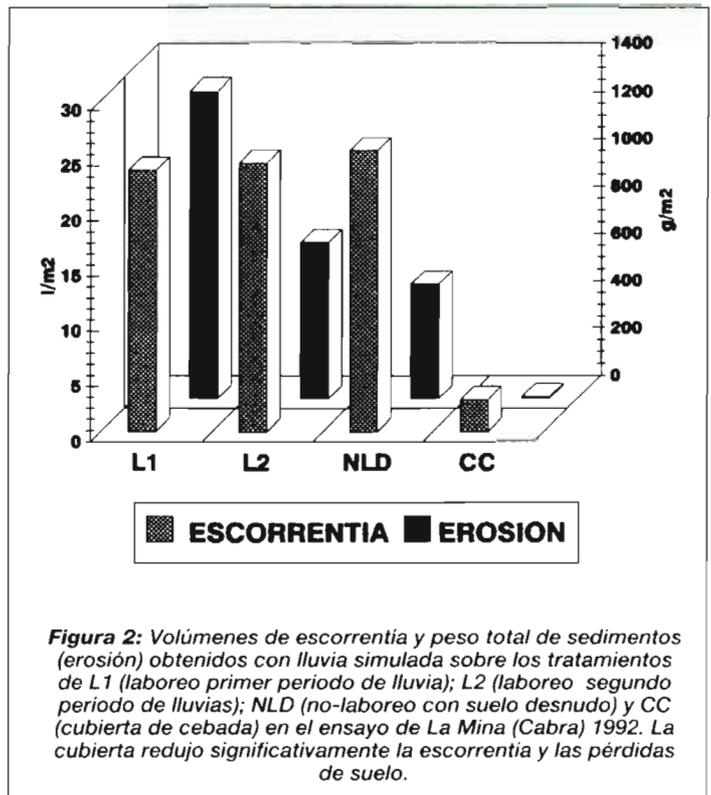
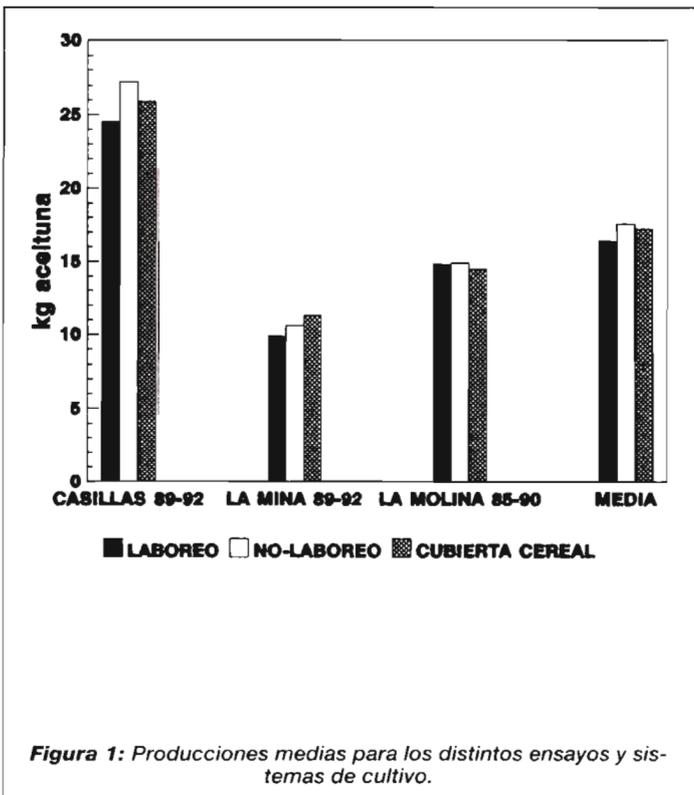
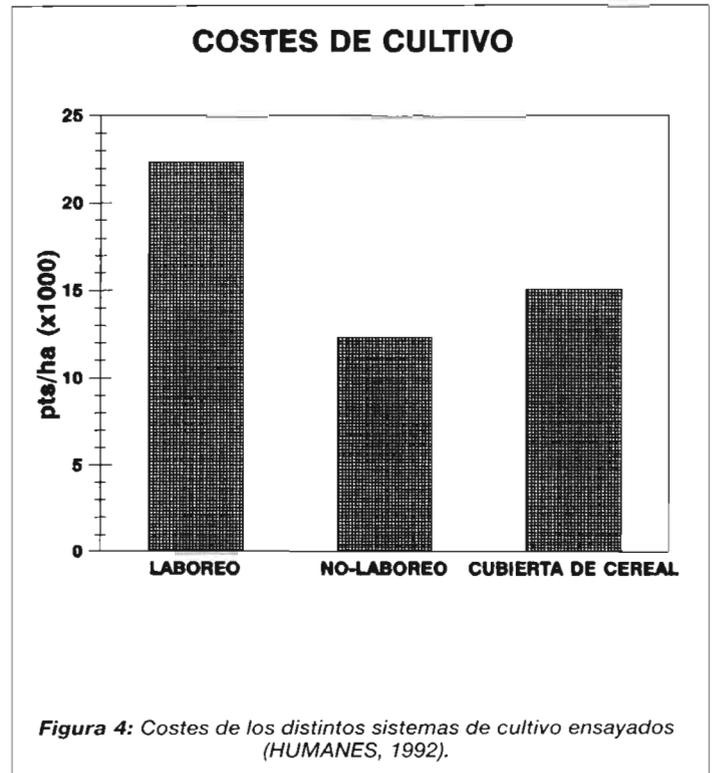
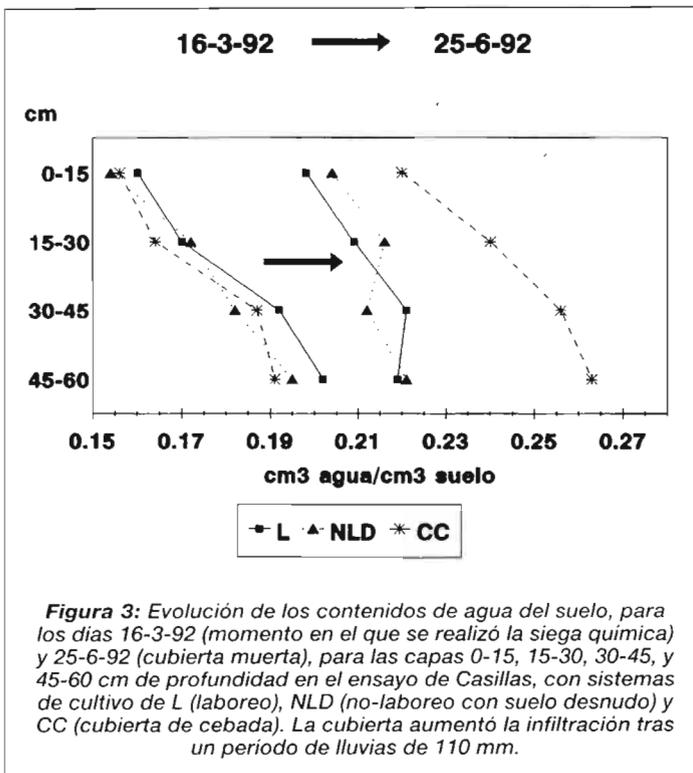


Figura 1: Producciones medias para los distintos ensayos y sistemas de cultivo.

Figura 2: Volúmenes de escorrentía y peso total de sedimentos (erosión) obtenidos con lluvia simulada sobre los tratamientos de L1 (laboreo primer periodo de lluvias); L2 (laboreo segundo periodo de lluvias); NLD (no-laboreo con suelo desnudo) y CC (cubierta de cebada) en el ensayo de La Mina (Cabra) 1992. La cubierta redujo significativamente la escorrentía y las pérdidas de suelo.



un segundo episodio de lluvia, lo que aumentó el volumen de escorrentía y redujo igualmente las pérdidas de suelo (Figura 2).

### Infiltración

En cuanto a los contenidos de agua en el terreno, los suelos con cubierta (CC) presentaron mayor cantidad de humedad que en los otros sistemas, lo que evidencia un mejor aprovechamiento de las precipitaciones, tanto durante el periodo en el que la cubierta está viva, como después de efectuar la siega química, como se observó en el verano de 1992, en que unas lluvias abundantes recargaron el perfil en CC con mayor cantidad de agua que en L y NLD, lo que evidencia una mayor capacidad de infiltración (Figura 3). En inviernos con escasa pluviometría, los contenidos en humedad de CC antes de la siega química, fueron similares a los de los otros tratamientos.

### PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Tras 6-7 años de aplicación de los diferentes sistemas de cultivo en alguno de los ensayos, no se observaron modificaciones sustanciales en los contenidos de materia orgánica, fósforo y potasio del suelo, si bien el contenido de materia orgánica en la capa 0-15 cm fue siempre superior en CC, aunque sin observarse diferencias significativas. Diversos autores (WELKER y GLENN, 1988) registraron variaciones en dichas propiedades químicas cuando emplearon distintos sistemas de

cultivo en plantaciones leñosas, aunque las condiciones climáticas en los que trabajaron no son comparables a las condiciones de secano de Andalucía, en las que hemos realizado los ensayos.

De acuerdo con las observaciones de VAN HUYSTEEN (1986), en climas áridos es difícil con uso de cubiertas vegetales elevar los contenidos de materia orgánica de suelos agrícolas, ya que la materia orgánica procedente de los restos vegetales es mineralizada con cierta rapidez, razón por la que no se han observado diferencias significativas con respecto a los suelos desnudos de vegetación.

La dinámica de las formas inorgánicas de nitrógeno, y especialmente de los nitratos, se ha visto modificada por los sistemas de cultivo debido a varias razones: al abonado nitrogenado que recibió la cubierta; a los consumos por parte de la cebada; a la descomposición de los restos de cebada una vez muerta por el tratamiento herbicida, y a las precipitaciones de lluvia registradas que aportaron nitrógeno inorgánico al suelo y que afectan a su redistribución en el perfil del terreno.

En los suelos en CC se han observado los mayores contenidos de nitratos, hecho observado igualmente por SHRIBBS y SKROCH (1986a) y GLENN y WELKER (1991), especialmente en las capas superficiales. Solamente a final de invierno, antes del momento de la siega química, los contenidos en nitratos en CC fueron menores a los de los sistemas con suelo desnudo. Los contenidos más bajos de nitra-

tos se observaron en NLD a lo largo de todo el año. En capas profundas, el contenido en nitratos, fue menor en CC, lo que nos sugiere que la cubierta limita la lixiviación por el agua de lluvia de los nitratos en profundidad, por lo que este método de cultivo podría ser útil para reducir la contaminación de capas profundas del suelo, en zonas lluviosas.

La cebada en su desarrollo ha consumido nutrientes del suelo especialmente nitrógeno, lo que justifica la aplicación de fertilizantes nitrogenados, aunque una vez segada la cebada sus restos vegetales se mineralizan retomando de nuevo al suelo.

### ESTADO NUTRITIVO DE LOS OLIVOS

El estado nutritivo de los olivos ha estado dentro de los niveles considerados como adecuados (BEUTEL et al., 1983), excepto para el potasio y no se ha visto muy modificado por los diferentes sistemas de cultivo, aunque hay que señalar una tendencia en los olivos de CC a presentar mayores contenidos de nitrógeno, potasio y zinc en hoja, que los labrados de forma convencional. Para el nitrógeno las diferencias estarían justificadas, ya que la metodología de uso de la cubierta lleva implícito un abonado con nitrógeno, y la posterior mineralización de los restos de la cubierta ofrece una mayor disponibilidad de nitrógeno para el olivo, tal como hemos observado al estudiar la dinámica de las formas inorgánicas de nitrógeno en el suelo.



*Olivar moderno, a marco rectangular, con empleo de herbicidas para el mantenimiento del suelo y con calles que facilitan la mecanización, en este caso la recolección de la aceituna de mesa.*

En cuanto a potasio, se observan en general niveles inferiores a los considerados por BEUTEL et al., (1983) como adecuados, no observándose diferencias significativas entre tratamientos. Los análisis de potasio en el suelo tampoco mostraron grandes diferencias entre tratamientos. Los árboles con suelo cubierto de vegetación o en no-laboreo, parecen mostrar niveles de potasio algo mayores que los de los olivos labrados, lo cual coincide con las observaciones de BEUTEL et al., (1983). El zinc puede presentar el mismo comportamiento que el potasio.

## BIBLIOGRAFIA

—BEUTEL, J., URIE, K. y LILLELAND, O. 1983. Leaf analysis for California deciduous fruits. En: «Soil and plant tissue testing in California». University of California. Bull. 1879.

—BLEVINS, R.L. 1986. Idoneidad del suelo para el laboreo nulo. p: 44-68. En: Phillips, R.E. y Phillips, S.H. Agricultura sin laboreo. Principios y Aplicaciones. Bellaterra, S.A. Barcelona.

—GHADIRI, H. y PAYNE, D. 1986. The risk of leaving the soil surface un protected against falling rain. Soil Tillage Res. 8: 119-130.

—GLENN, D.M. y WELKER, W.V. 1989 a. Cultural practices for enhanced growth of young peach trees. Amer. J. Alternative Agric. 4(1):8-11.

—GLENN, D.M. y WELKER, W.V. 1989 b. Orchard soil management systems influence rainfall infiltration. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(1): 10-14.

—GLEN, D.M. y WELKER, W.V. 1991: Soil management affects shoot and root growth, nutrient availability, and water uptake of young peach trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(2): 238-241.

—HOUGE, E.J. y NEILSEN, G.H. 1987. Orchard floor vegetation management. Hortic. Rev. 9: 377-430.

—HUMANES, M.D., 1992. Sistemas de manejo del suelo en olivar: evaluación de técnicas de aplicación de herbicidas. Trabajo profesional fin de carrera. E.T.S. de Ingenieros Agrónomos. Universidad de Córdoba.



*El sistema de "no-laboreo" en el olivar, se extendió rápidamente en nuestro país, al facilitar la recolección y aumentar las producciones, pero tiene el inconveniente, en algunos casos, de la apertura de cárcavas que dificultan la maniobra de los equipos mecanizados.*

—LOUW, P.J.E. y BENNIE, E.T.P. 1991. Soil surface condition effects on runoff and erosion on selected vineyard soils. p. 25-26. En: W.L. Hargrove (eds.). «Cover crops for clean water» Soil and Water Conservation Society, Iowa.

—MEYER, L.D., WISCHMEIER, W.H. y FOSTER, G.R. 1970. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 928-931

—MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO 1990. Medio ambiente en España 1989. Secretaría General de Medio Ambiente. Centro de Publicaciones del MOPU. Madrid.

—NEILSEN, G.H. y HOGUE, E.J. 1985. Effect of orchard soil management on the growth and leaf nutrient concentration of young dwarf red delicious apple trees. Can. J. Soil. Sci. 65: 309-315.

—PASTOR, M. 1989. Viabilidad del empleo de cubiertas de cereales segadas químicamente con glifosato en olivar de secano. Proc. 4th EWRS Mediterranean Symposium. Tomo I: 281-293. Valencia.

## COSTES DE CULTIVO

El coste de cultivo empleando un sistema de cubierta de cereal es superior al del no-laboreo con suelo desnudo e inferior al laboreo convencional, según los datos elaborados por HUMANES (1992).

## RESUMEN

Como resumen podemos concluir que se ha testado una técnica que ha mostrado su eficacia para lucha contra la erosión, y que no afecta negativamente a las producciones del cultivo en las condiciones ensayadas y siempre que se siga «al pie de la letra» las recomendaciones propuestas (siembra y abonado, momento de siega, sistema de siega y tipo de herbicida a utilizar), lo cual es importante para que esta técnica sea aceptada por los agricultores.

—PASTOR, M. 1991. Estudio de diversos métodos de manejo del suelo alternativos al laboreo en el cultivo del olivo. Instituto de Estudios Giennenses. Diputación Provincial de Jaén.

—ROGERS, R.D. y SCHUMM, S.A. 1991. The effect of sparse vegetative cover on erosion and sediment yield. J. Hydrology 123: 19-24.

—SHRIBBS, J.M. y SKROCH, W.A. 1986 a. Influence of 12 ground cover systems on young 'smoothee golden delicious' apple trees: I. Growth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(4): 525-528.

—VAN HUYSSTEEN, L. 1986. The effect of soil management techniques on soil structure and grape-vine performance. II. Symp. Intern. Sur la Non Culture de la Vigne. p: 469-479. Montpellier.

—VAN HUYSSTEEN, L., y VAN ZYL, J.L. 1984. Mulching in vineyard. Viticulture and Oenology E.12.

—WELKER, W.V. y GLENN, D.M. 1988. Growth responses of young peach trees and changes in soil characteristics with sod and conventional planting systems. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(5): 652-656.