

SISTEMAS DE MANEJO DEL SUELO EN OLIVAR DE ANDALUCIA

M. PASTOR, J. CASTRO, M. D. HUMANES y J. MUÑOZ

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

Conferencia del V Congreso Nacional de Suelos (Baeza, 2000)

1.- CONSIDERACIONES SOBRE LAS TÉCNICAS DE MANEJO DEL SUELO EN OLIVAR.

En la mayoría de las zonas olivareras mediterráneas la lluvia es el único aporte hídrico para el olivar, siendo el agua el factor limitante de la producción de este cultivo. La distribución anual de la pluviometría es marcadamente estacional, con un periodo muy seco (junio-septiembre), y un período lluvioso, otoño-invierno, en el que en el año medio se produce el 70 % de la pluviometría total anual. Esta época lluviosa además está caracterizada por las bajas temperaturas y una escasa actividad vegetativa del olivo, por lo que el consumo de agua en transpiración es reducido. Durante buena parte de la primavera y en verano los olivos satisfacen sus necesidades hídricas a costa de las reservas de agua almacenadas en el suelo durante la estación lluviosa, siendo muy importante almacenar en el terreno la mayor cantidad posible de las precipitaciones de lluvia. Pero ello no es suficiente, es necesario además conservar el agua almacenada, reduciendo las pérdidas por evaporación desde el suelo, y limitar el consumo por las malas hierbas, que en determinados momentos puede ser importante

(Pastor, 1989a). En la optimización del uso del agua juega un papel importantísimo el sistema de cultivo utilizado.

La erosión del suelo por el agua es uno de los problemas más importantes de la olivicultura española. El olivar es uno de los cultivos en los que las pérdidas de suelo son mayores, muy superiores a las observadas en cultivos de cereal/girasol o en zonas de pastizal o matorral. Según estimaciones de López-Cuervo (1990), más de 80 toneladas de suelo por hectárea se pierden anualmente en los cultivos leñosos en Andalucía, pérdidas que son aún mayores en los suelos de olivar con fuertes pendientes (Laguna, 1989).

Diversos factores intrínsecos hacen que el problema de la erosión sea consustancial con el olivar: cultivo en suelos en pendiente; climatología de tipo mediterráneo, alternándose periodos de sequía con lluvias de gran intensidad en un corto período de tiempo; suelos arcillosos con baja velocidad de infiltración, con una marcada hidrofobia en el momento en que se producen las primeras lluvias otoñales; y escasa cobertura del suelo por el cultivo.

La erosión es consustancial con la agricultura, y en especial con la agricultura mediterránea, por lo que la lucha contra las perdi-

das de suelo es a priori difícil. Sin embargo, la adopción de determinadas prácticas de cultivo puede reducir globalmente la erosión a nivel parcela, e incluso a nivel de la cuenca hidrográfica si la adopción de estas prácticas se hiciese de forma colectiva y coordinada.

Prácticas agrícolas, como el laboreo, han influido decisivamente en la aceleración del proceso erosivo. Debemos ser conscientes de

que el laboreo no es una forma natural de mantenimiento de un suelo en un olivar, ya que al desagregar las partículas y al destruir la cubierta natural, es el sistema de cultivo que genera las mayores pérdidas de suelo. Sistemas alternativos como el no-laboreo, mínimo laboreo o el cultivo con cubierta vegetal pueden contribuir a reducir globalmente las pérdidas de suelo.

TABLA 1: Producciones de aceitunas obtenidas en dos ensayos a largo plazo de sistemas de cultivo en olivar con tratamientos de Laboreo (L) y No-laboreo (NL). Finca El Guijarrillo (Santaella, Córdoba). Se muestran igualmente los aumentos (+) o pérdidas (-) de producción observados en NL con respecto a L.

Años	ENSAYO 1			ENSAYO 2		
	Laboreo	No-Laboreo	NL / L	Laboreo	No-Laboreo	NL / L
1979	36,5	48,7	+33			
1980	23,4	18,6	-21			
1981	28,3	38,9	+37			
1982	59,6	65,1	+9			
1983	25	29,9	+20			
1984	47,9	54,1	+13	50,9	47,7	-6
1985	22	19,8	-10	35,9	44,5	+24
1986	37,3	47,3	+27	47,5	46,4	-2
1987	61,1	69,1	+13	55,9	57,1	+2
1988	31,3	32,1	+3	22,6	17,4	-23
1989	17,8	34,4	+93	6,4	6	-5
1990	53,2	55,6	+5	61	66,8	+10
1991	24,9	36,6	+47	27,5	25,9	-6
1992	31,3	32,5	+4	29,6	24,7	-17
1993	2,3	13,2	+474	0	0	0
1994	9,4	40,7	+333	10,4	28,8	+177
1995	0	0	0	0	0	0
1996	37,7	57,9	+54	45,9	52,4	+14
1997	41,9	54,9	+31	44,3	48,4	+10
1998	55,2	72,5	+31	42,1	42,6	+1
1989 a 83	34,6	40,2	+16			
1984 a 88	39,9	44,5	+12	42,6	42,6	0
1989 a 93	25,9	34,5	+33	24,9	24,7	-1
1994 a 98	28,8	45,2	+57	28,5	34,4	+21
MEDIA	32,3	41,1	+27	32	33,9	+6

A la hora de elegir un sistema de cultivo deberíamos conocer las características de la explotación en su conjunto, aplicando a cada parcela, o incluso a cada subparcela, la técnica más adecuada a sus características.

En los últimos años mucho se ha discutido sobre cual es el sistema más idóneo de cultivo para el olivar, existiendo ardientes defensores de los sistemas sin laboreo del suelo, mientras que otros agricultores han defendido a ultranza el laboreo. En el estado actual de conocimientos no nos atrevemos a dar a ninguno de ellos totalmente la razón.

Son muy ilustrativos los datos de dos ensayos realizados durante veinte años en una explotación de la localidad de Santaella en la provincia de Córdoba. En esta finca existe un olivar adulto con una superficie de unas 60 has, aparentemente homogéneo y que vegeta en un suelo arcilloso calizo, relativamente llano, en el que en 1978 se inició un primer ensayo de sistemas de cultivo en el que se compararon las producciones obtenidas en laboreo tradicional y en no-laboreo (NL) con control de las malas hierbas con herbicidas. En la Tabla 1 (Ensayo 1) se presentan las producciones obtenidas en este ensayo, así como el aumento o pérdidas de producción observada en NL con respecto al cultivo tradicional (valores negativos significan pérdidas de producción en NL). En dicha tabla vemos como en el Ensayo 1 en la gran mayoría de los años, y desde el comienzo del ensayo, las producciones en NL superaron a las obtenidas en el olivar labrado, lo que legítimamente nos llevaría a recomendar esta práctica de cultivo en dicha explotación.

Conocidos estos datos por el propietario de la finca, este nos manifestó sus reservas para extrapolar estos excelentes resultados al resto de su explotación, de la que presumía ser un buen conocedor. Ante esta opinión, en el año 1983 se planteó un nuevo ensayo con diseño similar al anterior, distante tan solo unos 300 metros, en un suelo más arcilloso y con una ligera pendiente (3-4 %). Los resul-

tados obtenidos en este segundo ensayo muestran como en los 10 primeros años no se obtuvo en NL aumento de producción, con pérdida de cosecha en 6 de los 10 años (Tabla 1 – Ensayo 2). La reducción de la velocidad de infiltración en NL, ocasionó una disminución en las disponibilidades de agua en el suelo para el cultivo (Pastor, 1991), siendo esta la principal causa de las pérdidas de producción observadas, habiéndose evaluado (Gómez Calero, 1998) que la escorrentía producida en NL fue un 30% superior a la producida en L. Este hecho legítimamente llevaría a poner en duda la conveniencia de la práctica del NL en esta parcela. Sin embargo, a partir del comienzo del periodo de sequía, años 1993 a 1995, los resultados fueron totalmente diferentes, observándose en NL unas mayores producciones medias que en L (21%) con un espectacular aumento de cosecha en 1994.

Este ejemplo muestra claramente lo difícil que es realizar generalizaciones sobre las técnicas de cultivo más recomendables en olivar, sin haber tenido en cuenta previamente la naturaleza de suelo, disponibilidades de agua, topografía del terreno, cambios que a largo plazo se producen en el suelo y en los árboles, etc. Por ello, nunca deberíamos hablar de un único sistema de cultivo válido para el olivar en general, ni siquiera para una determinada explotación, ni para todos los años, sino que una vez bien conocidas las características de una determinada explotación (tipo de suelo, destino de la producción, pluviometría media, pluviometría del año agrícola, etc.), nos inclinaremos probablemente por varios de ellos, o por la utilización de sistemas mixtos, combinando dos o más de estos sistemas, debiéndose discutir previamente sus ventajas e inconvenientes, para posteriormente aplicarlos correctamente.

El sistema de cultivo que utilicemos debe cumplir, en principio, las exigencias siguientes:

a) Optimizar el aprovechamiento del agua de lluvia, principal factor limitante de la producción del olivar.

b) Permitir al cultivo el aprovechamiento integral del suelo.

c) Conservar el suelo, defendiéndolo de la erosión.

d) Facilitar la realización de todas las demás prácticas de cultivo, en especial la recolección de frutos, cuyo coste debe ser minimizado.

Como es natural, un sistema perfecto no existe, por lo que a continuación vamos a intentar describir y discutir las posibles ventajas e inconvenientes de cada uno de los sistemas de cultivo alternativos al laboreo. En la Tabla 2 se presenta, de forma esquemática, diferentes propuestas de alternativas de cultivo que podrían utilizarse en el cultivo del olivar en seco.

TABLA 2: Esquema de las diferentes alternativas de cultivo que pueden emplearse en olivar.

SISTEMAS DE CULTIVO EN OLIVAR	Con suelo desnudo	Laboreo convencional				
		No-laboreo				
		Laboreo reducido	Semilaboreo			
			Mínimo laboreo			
	Con cobertura de suelo	Con cubierta inerte	Hojas y restos de poda triturados			
			Piedras			
			Paja			
			Materias diversas			
		Con cubierta vegetal viva	Malas hierbas	Sin manejo específico		Química con herbicida Mecánica
				Pastoreo		
Con cubierta vegetal viva	Planta cultivada con crecimiento controlado mediante siega	Cereal		Siega	Química con herbicida Mecánica Pastoreo	
		Leguminosa				

2.- SISTEMAS DE CULTIVO EN OLIVAR.

2.1.- El laboreo.

El laboreo es el sistema de cultivo más ampliamente utilizado en olivicultura, hasta el punto que se han considerado como sinónimos los términos labrador y agricultor, lo que indica la gran importancia histórica del laboreo en el conjunto de las técnicas de cultivo. El principal objetivo del agricultor cuando realiza las labores es aumentar las disponibilidades de agua para el cultivo.

Son diversos los aperos de labranza empleados por el olivadero. En la actualidad el de uso más frecuente en España es el cultivador de brazos flexibles, empleado para realizar las labores de invierno y primavera, y cuya misión es preparar el suelo para infiltrar el agua de lluvia invernal y eliminar las malas hierbas cuando estas tienen un pequeño desarrollo. Esta labor se realiza con el terreno en tempero y alcanza una profundidad entre 15-20 cm.

La grada de discos es empleada fundamentalmente en primavera para eliminar las malas hierbas cuando estas alcanzan un cierto desarrollo. La profundidad de esta labor varía entre 15 y 25 cm. Este apero, al voltear el suelo, ocasiona grandes pérdidas de agua por evaporación, especialmente cuando se utiliza en primavera, época en la que la demanda evaporativa es grande, dando lugar también a la compactación del suelo en profundidad, formando suelas de labor poco permeables, lo que puede limitar la infiltración del agua en profundidad, aspectos ambos de los que no siempre es consciente el olivadero.

Finalmente, en verano, cuando la superficie del suelo está totalmente seca, se realizan frecuentes labores muy superficiales, empleando gradas de púas o rastras, cuya misión, según el olivadero, es pulverizar el suelo y tapar las grietas, intentando con ello romper la capilaridad y evitar así la evaporación de agua desde el suelo. No existen evidencias claras sobre la eficacia agronómica

de este tipo de labores, ya que la apertura de grietas tiene lugar cuando el suelo ya se ha desecado.

La última de las operaciones de cultivo, que se realiza a final del verano, es la preparación del terreno para la recolección de la aceituna, utilizándose para ello un rulo compactador liso, siendo frecuente el empleo de un herbicida residual a dosis baja bajo la copa de los olivos, normalmente simazina, pretendiéndose con ello mantener el suelo libre de malas hierbas hasta el final de la recolección, lo cual viene siendo ya habitual en cualquiera de los sistemas de cultivo empleados por los olivaderos andaluces.

En los últimos años se observa una clara tendencia a reducir la profundidad y el número de labores, por lo que muchos agricultores están empleando el vibrocultivador como único apero de labranza, apero que consideramos muy idóneo en gran parte de nuestros olivares

2.2.- No-laboreo con suelo desnudo.

Un sistema alternativo al laboreo aplicable al cultivo de olivar es el denominado no-laboreo con suelo desnudo (NLD), sistema en el que se suprime totalmente el laboreo, eliminando las malas hierbas mediante la aplicación de herbicidas residuales en otoño y en preemergencia, dejando el suelo libre de vegetación adventicia durante todo el año.

Antes de iniciar la aplicación de esta técnica es necesario preparar correctamente el suelo bajo la copa de los olivos, lo que facilitará la recolección rentable de los frutos caídos al suelo de forma natural, que suele ser frecuente en algunas variedades y años.

El herbicida residual más empleado ha sido simazina (2-3 kg/ha), que se aplica en otoño sobre la superficie del suelo, sin incorporar con una labor. Simazina es un herbicida inhibidor de la fotosíntesis de amplio espectro, muy selectivo para los olivos adultos, y que a pesar de ciertos inconvenientes que plantea su uso, sigue siendo el herbicida más

eficaz y polivalente en olivar después de más de veinte años de empleo, y es el socio obligado de muchas de las nuevas moléculas que han aparecido o aparecen en el mercado. No tiene acción de contacto sobre hierbas ya emergidos.

Diurón es otro de los herbicidas más recomendados en olivar. También es muy selectivo para el cultivo, controlando las malas hierbas al inhibir su fotosíntesis, mostrando una cierta acción de contacto sobre malas hierbas de pequeño desarrollo cuando se añade un mojante. Controla muchas de las especies que escapan a la acción de simazina, por lo que suele ser recomendable la mezcla de estas dos materias activas.

Otros herbicidas persistentes autorizados en España, tales como clortoluron, oxifluorfen, terbutilazina, terbutrina, y tiazopir, entre otros, pueden ser empleados en olivar como alternativa a simazina y/o diurón.

Es frecuente que el control de las malas hierbas no sea total con alguno de los herbicidas anteriores, recomendándose en primer lugar el cambio de herbicida, y en segundo lugar la mezcla de algunos de ellos, según el tipo de malas hierbas a controlar. Nunca debería abordarse una mejora en el control mediante un aumento de las dosis.

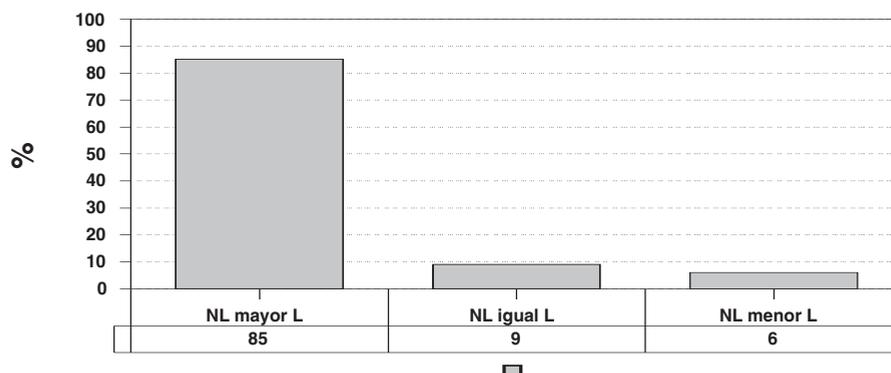
Como consecuencia del empleo reiterado de un determinado herbicida es frecuente que aparezcan rodales de especies tolerantes/resistentes a los anteriores herbicidas. Estas especies, si no son correctamente controladas, acaban invadiendo las parcelas (inversión de flora). Para evitar este problema, es necesario realizar tratamientos herbicidas localizados. Como en la mayoría de los casos se trata de especies perennes, recomendamos la utilización de los herbicidas de traslocación autorizados, tales como glifosato, sulfosato, glifosato + MCPA, o fluroxipir. La elección de la materia activa y la dosis dependerá de la especie a controlar y del desarrollo de la misma en el momento de la aplicación (Saavedra y Pastor, 1994).

Hay que tener en cuenta que la eficacia de la técnica de NLD va a depender en gran medida de la eficacia en el control de las malas hierbas, debido a los problemas de competencia por agua y nutrientes que estas pueden plantear.

Como alternativa a los herbicidas residuales puede recurrirse al empleo de herbicidas de contacto o traslocación realizando los tratamientos en postemergencia temprana. Podemos recomendar los siguientes herbicidas: aminotriazol, diquat + paraquat, fluroxipir, glifosato, glifosato + MCPA, glufosinato de amonio, sulfosato, o sus mezclas, a dosis que varían en función del tipo de malas hierbas a controlar, o de su desarrollo en el momento del tratamiento (Saavedra y Pastor, 1994). Normalmente son necesarias varias aplicaciones para mantener el suelo totalmente limpio durante todo el año.

Con el empleo del NLD se consiguieron excelentes resultados en el cultivo del olivar en Andalucía (Pastor y Guerrero, 1990), con mayores o similares cosechas que en laboreo convencional en el 95 por 100 de los ensayos (Figura 1), con un aumento medio de producción del 16 por 100 para el conjunto de los 88 ensayos que durante varios años se realizaron bajo revisión oficial. Los años secos fueron los más favorables al NLD, incluso en ensayos en los que durante años se venían observando pérdidas de producción en NLD (ver Tabla 1).

En parcelas en las que simultáneamente se da la circunstancia de existir una pronunciada pendiente y un suelo con marcada tendencia al sellado de su superficie, es en las que NLD proporciona los peores resultados, debido a las pérdidas de agua de lluvia por escorrentía superficial, por lo que en estos casos sería recomendable la aplicación de otros métodos de cultivo diferentes al NLD, o hacer modificaciones al sistema para captar la escorrentía producida.



**AUMENTO MEDIO DE PRODUCCION EN NL
EN EL CONJUNTO DE LOS 88 ENSAYOS = 16 %**

FIGURA 1: Resumen de los resultados de los ensayos sobre técnicas de no-laboreo realizadas por diferentes Organismos Oficiales en Andalucía. Cada uno de los ensayos a los que se hace referencia se mantuvo en observación un mínimo de cuatro años. En la mayoría de los casos, la técnica de no-laboreo proporciona consistentes aumentos de producción con respecto al laboreo convencional. El deficiente control de las malas hierbas y la reducción de la infiltración fueron los causantes de las malas resultados obtenido en no-laboreo en cinco de los ensayos.

2.3.- Semilaboreo

Se trata de un sistema mixto L. convencional - NLD, sistema consistente en aplicar herbicida residual en la línea de árboles, o solamente bajo la copa de los olivos, dejando esta zona sin labrar, realizando el laboreo convencional en el centro de las calles. Mediante el empleo de esta técnica se obtuvo, durante cuatro años en cuatro olivares de la provincia de Jaén, un aumento medio de producción del 7 % con respecto al laboreo convencional (Hermoso y Morales, citados por Pastor (1991). Esta técnica puede ser muy recomendable en suelos con marcada tendencia a la formación de costra superficial, ya que en NLD se produce una fuerte reducción de la infiltración,

2.4.- Mínimo laboreo.

La técnica de mínimo laboreo (ML) es bastante parecida al semilaboreo, con la diferencia de realizarse solamente una o dos labores muy superficiales (5 cm) durante el

año, cuya misión es romper la costra superficial que limita la infiltración, aplicándose herbicida a toda la superficie para poder mantener la vegetación controlada durante todo el año. Debe quedar claro que en este sistema el objetivo del laboreo superficial no es controlar las malas hierbas, sino mejorar la infiltración de agua en el suelo.

Las labores superficiales se realizarán cuando las pérdidas de agua como consecuencia del laboreo sean mínimas, y cuando además no dañemos el sistema radical del olivo, por lo que no es recomendable labrar durante la primavera. El mejor momento de realizar las labores sería a principio de verano, cuando la capa superficial está ya seca, siendo suficiente con esta única labor anual. Sin embargo, existen ciertos tipos de suelo cuya superficie se endurece excesivamente tras su desecación, especialmente cuando llevan varios meses sin ser labrada, por lo que en verano sería casi imposible el laboreo. En este caso deben realizarse dos labores muy

superficiales anuales, la primera de ellas durante el invierno, labrando una segunda vez en verano, lo que preparará el terreno para recibir las lluvias otoñales.

Comparando el ML con técnicas de referencia tales como el laboreo convencional y NLD se ha observado como la producción media fue mayor que en laboreo, y equiparable a la obtenida en NLD.

En olivares que vegetan en suelos en pendiente y/o en los muy arcillosos, con marcada tendencia a la formación de costra, fue en las que el sistema de ML proporcionó los resultados más interesantes con relación a NLD.

2.5.- Sistemas de cultivo con cubierta.

Desde el punto de vista del control de la erosión y tratando de mejorar la infiltración y fertilidad del suelo, el cultivo con cubierta vegetal puede ser la solución más eficaz (Blevins, 1986). Sin embargo, el cultivo con una cubierta viva puede presentar, por diversos motivos, ciertas dificultades en un cultivo de secano como el olivar. Como vemos en el esquema presentado en la Tabla 2, existen dos posibilidades para lograr la cobertura del suelo: las cubiertas inertes y las cubiertas vivas. Cualquier estrategia que permita de un modo económico cubrir el suelo, sin que se establezca competencia por el agua con el olivo, siempre es recomendable. A continuación realizaremos un análisis de diversas estrategias, revisando cual es el posible ámbito de aplicación de cada una de ellas.

2.5.1.- Cultivo con cubierta inerte.

El cultivo con cubierta inerte (plásticos, paja, mantas porosas sintéticas o de origen vegetal, restos vegetales, etc.) parece una utopía en plantaciones adultas, ya que su coste, debido a la cantidad de material necesaria para cubrir el suelo hace inviable su uso en las condiciones actuales.

Pensamos que solamente las hojas desprendidas del propio cultivo y el material de

poda troceado y repartido mecánicamente sobre la superficie del terreno, que tienen una gran persistencia en el suelo, parecen viables en olivicultura.

En suelos pedregosos, las piedras de pequeño y mediano tamaño constituyen también una excelente cobertura. Como es natural, en un cultivo con cobertura de piedras se impone la aplicación de prácticas de NL.

2.5.2.- Cultivo con cubierta viva de malas hierbas durante el invierno.

Pensando fundamentalmente en la resolución de los problemas de la erosión y en la mejora de la infiltración, puede plantearse el empleo de cubiertas vegetales en el centro de las calles, manteniéndolas vivas hasta el final del invierno, momento en que debe realizarse la siega de la cubierta, lo que evitará que esta siga consumiendo agua.

Durante el invierno, el volumen de agua transpirado por una cubierta de hierba puede ser equiparable a la evaporación directa de agua que se produce desde un suelo desnudo de vegetación, que en esta época lluviosa se mantiene húmedo un gran número de días. Además, la presencia de la hierba aumenta la infiltración, por lo que en un suelo con cubierta vegetal puede haberse almacenado en invierno una mayor cantidad de agua que en un suelo desnudo labrado, tal como vemos en la Figura 2, que muestra la distribución del agua en el perfil del suelo tras un período de lluvias en tres sistemas de cultivo. Además, los restos vegetales secos reducen la velocidad de evaporación de agua desde el suelo, por lo que en primavera el olivo cultivado con cubierta puede disponer de una mayor cantidad de agua para su consumo en transpiración, y por tanto para fabricar asimilados.

El empleo en invierno de cubiertas de malas hierbas segadas químicamente con herbicidas (NLCI) proporcionó muy buenos resultados a largo plazo desde el punto de vista de la producción del olivar (Pastor, 1991), consiguiéndose un aumento de cose-

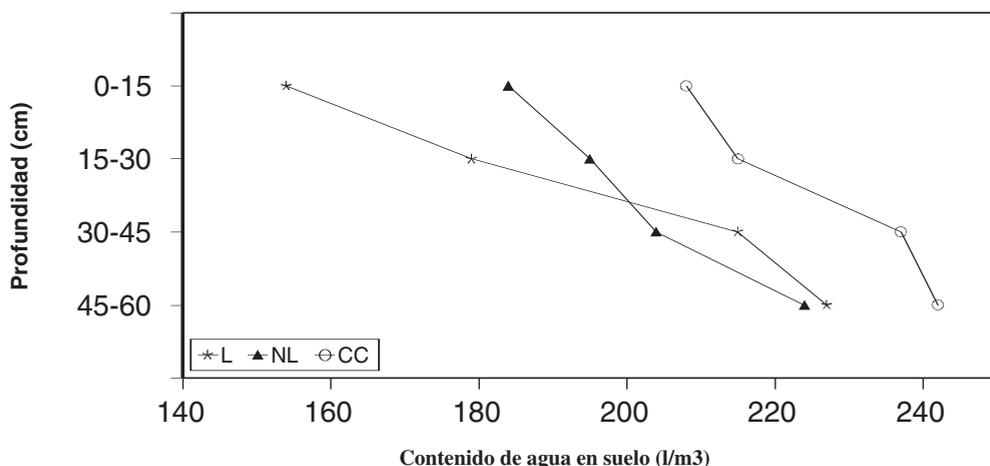


FIGURA 2: Después de un período de lluvias de 115 mm, la técnica de manejo de suelo empleando una cubierta viva de cereal segada químicamente con el herbicida glifosato a mitad del mes de marzo (CC), permitió aumentar la cantidad de agua infiltrada a diferentes profundidades del suelo con respecto a los sistemas de laboreo convencional (L) y no laboreo con suelo desnudo (NL). Ensayo realizado en Córdoba en un suelo de textura franco-arcillo-arenosa. En el momento de la siega química (16/03/92), la infiltración en los tres sistemas de cultivo había sido muy similar. Observaciones 14/04/92

cha del 21 % con respecto al laboreo para el conjunto de los 10 ensayos realizados. Sin embargo, la producción en NLCI fue ligeramente inferior a la del NLD.

La mayor dificultad que plantea el cultivo con este tipo de cubierta viva de invierno es el adecuado manejo de las malas hierbas, lo que podría plantear en muchos casos ciertos problemas al agricultor. Entre ellos podríamos destacar la inversión de flora, como consecuencia de un uso incorrecto de los herbicidas o del inadecuado manejo de la cubierta (Pastor et al., 1986), y la competencia por el agua y nutrientes entre las malas hierbas y el cultivo (Pastor, 1989a), bien por un poco eficaz sistema de siega, o por realizar la siega cuando la cubierta ya ha consumido una buena parte del agua del suelo (Castro, 1993).

En el año medio en la provincia de Córdoba debe segarse la cubierta durante la

tercera semana del mes de marzo, adelantando dicha fecha de siega en los años más secos (Pastor, 1989a). Se recomienda igualmente realizar una aportación de nitrógeno complementaria al abonado del olivar. Existen diferentes sistemas para la siega de la cubierta:

- Siega mecánica empleando segadoras convencionales o desbrozadoras accionadas por la t.d.f. del tractor, que en determinados casos pueden ocasionar ciertos problemas de manejo de tipo mecánico, especialmente en los suelos pedregosos o en los que tienen una cierta pendiente.

- Siega química pulverizando herbicidas de contacto o traslocación sobre las malas hierbas que constituyen la cubierta.

Se ha intentado utilizar sistemas de siega mecánica para el control de la transpiración de la cubierta vegetal. Sin embargo, los resultados han sido poco satisfactorios por lo que no nos atrevemos a recomendarlos en el oli-

var de secano, ya que en unos casos debido al rebrote de la hierba, y en otros a la selección de la flora hacia especies de porte rastroso o perennes, han ocasionado graves problemas de competencia por agua y nutrientes con el cultivo, lo que se traduce inevitablemente en importantes reducciones en la producción del olivar (Civantos y Torres, 1981; Pastor, 1991).

Muy ilustrativos son los resultados de un ensayo a largo plazo planteado en 1975 en la localidad de Navas de San Juan en la provincia de Jaén (Figura 3), que muestran como el manejo con siega mecánica ocasionó anualmente y durante un período de 19 años unas pérdidas medias de cosecha del 69 % con respecto a la siega química con herbicida de contacto.

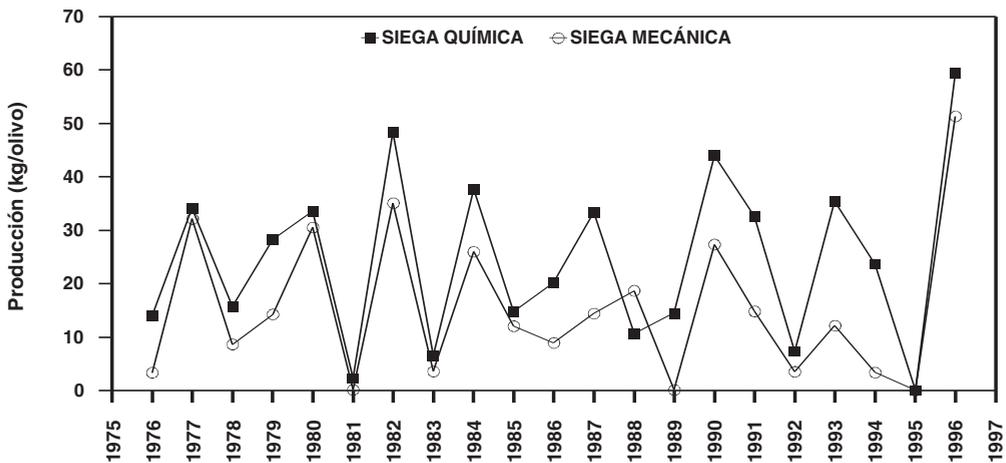


FIGURA 3: Comparación de producciones de sistemas de manejo de suelo con cubiertas vegetales vivas, segadas químicamente y mecánicamente. Finca Salido Bajo (Jaén). Los sistemas de siega química, muestran unas mayores producciones a lo largo de los años, ya que limitan eficazmente el consumo hídrico de las plantas de la cubierta.

Intentando facilitar el manejo de la cubierta proponemos el empleo de coberturas en las que predomine una única especie, o una mezcla de especies de una única familia, lo que puede conseguirse, entre otras formas, haciendo evolucionar la flora natural mediante el empleo de herbicidas. Por ejemplo, aplicando en invierno herbicidas como M.C.P.A., tribenuron o fluroxipir, que controlan únicamente las especies de hoja ancha, lo que hace evolucionar a corto plazo la vegetación natural hacia una cubierta de gramináceas (*Bromus spp.*, *Hordeum murinum*, *Lolium rigidum*, o *Poa annua*, etc), especies

muy olivareras, que además de ser muy eficaces en la lucha contra la erosión, son fáciles de segar mediante aplicaciones de herbicidas de postemergencia, como glifosato o sulfosato, incluso a dosis muy bajas.

Una vez logrado el tipo de cubierta deseada, es fundamental el correcto manejo de la misma, debiendo asegurarse anualmente que el banco de semillas presente en el suelo permita el establecimiento de dichas especies al año siguiente. Para ello deben dejarse sin segar determinadas zonas para la producción de semillas, procurando que la competencia que pueda establecerse con el olivo no com-

prometa su producción. Bandas estrechas en el centro de las calles es una solución adecuada. Las semillas así producidas deben esparcirse en verano por todo el terreno empleando una rastra o una desbrozadora.

2.5.3.- Cultivo con cubierta viva de cereal o veza.

Cuando utilizando los procedimientos ya descritos no logremos establecer la cubierta adecuada, lo que es frecuente en suelos poco fértiles, probablemente habrá que recurrir a la siembra de una especie vegetal de manejo sencillo en las interlíneas del olivar. Para ello recomendamos especies rústicas adaptadas al cultivo en seco, tales como cebadas (*Hordeum vulgare*) o vezas (*Vicia sativa*), cuyas semillas son fáciles de conseguir, tienen un bajo precio, son de ciclo otoño-invierno, y su cultivo es muy bien conocido por los agricultores.

Durante varios años se han realizado ensayos con este tipo de cubiertas en la provincia de Córdoba (Castro, 1993; Humanes y Pastor, 1995), lo que nos ha permitido aceptar técnicamente la viabilidad agronómica de este sistema de cultivo.

La siembra debe realizarse en los primeros días del otoño, para que las semillas germinen con las primeras lluvias, de modo que en poco tiempo y antes de la llegada de los fríos invernales se consiga una buena cobertura del terreno. La cubierta así obtenida debe dejarse crecer sin otro tipo de cuidado especial durante el periodo otoño-invierno.

Desde el punto de vista de persistencia de los restos vegetales sobre el terreno, aspecto de gran importancia para el control de la erosión, el cereal parece más interesante que la leguminosa, ya que los restos de veza, que tienen una baja relación C/N, son rápidamente degradados por los microorganismos del suelo (Van Huyssteen et al., 1984), por lo que la cantidad de residuos que quedarán sobre el terreno cuando se produzcan las primeras lluvias otoñales será muy escasa, y en conse-

cuencia la protección del suelo puede resultar insuficiente.

Una vez que hemos conseguido una buena cobertura del suelo (un 70 % podría ser suficiente), debe realizarse la siega de la cubierta para evitar que continúe consumiendo agua, eliminando así la competencia con el olivo.

En un año medio y para las condiciones climáticas de Córdoba, la fecha idónea para la siega de la cubierta se sitúa también en torno a la tercera semana del mes de marzo, que en el caso del cereal correspondería fenológicamente al inicio del encañado (Castro, 1993). Esta fecha también podría mantenerse para las cubiertas de veza, momento que fenológicamente parece coincidir con la aparición de las primeras flores (Humanes y Pastor, 1995).

La siega puede realizarse mecánicamente, utilizando desbrozadoras, o químicamente, pulverizando herbicidas de traslocación sobre la cubierta (glifosato o sulfosato), lo cual permite dejar los restos vegetales unidos al suelo por sus propias raíces, lo que parece aumentar la persistencia de los residuos sobre el terreno.

El cultivo con cubierta de cereal demanda un abonado complementario a la fertilización normal del olivar. Podemos cifrar estas necesidades en unas 50 kg/ha de nitrógeno (Van Huyssteen y Van Zyl, 1984), siendo muy importante esta práctica, ya que el bloqueo temporal de nitrógeno puede ocasionar problemas de deficiencia para el cultivo al principio de la primavera, coincidiendo con un momento de grandes necesidades para el olivo. Una solución a este problema podría ser el empleo de leguminosas como cubierta. Una mezcla veza+cebada podría ser igualmente interesante, sin embargo, su manejo es más difícil ya que debido a la gran producción de biomasa podrían consumirse grandes cantidades de agua a lo largo de su ciclo vegetativo.

Durante seis años se han realizado ensa-

yos en tres fincas de la provincia de Córdoba, en los que se ha estudiado el efecto de la cubierta de cereal sobre la producción del olivar. Se ha demostrado (Figura 4) que cuando el manejo de la cubierta es correcto en cuanto a fecha de siembra, tipo de cubierta, fertilización y elección del momento idóneo y modalidad de siega, la producción puede no verse afectada negativamente con respecto al laboreo tradicional o frente al NLD.

Con la finalidad de hacer viable el cultivo con cubierta, es necesario igualmente facilitar la recolección de las aceitunas, operación que representa el coste de cultivo más importante para el olivarero. Para ello, antes de iniciar la aplicación de esta técnica reco-

mendamos la preparación meticulosa de la zona bajo la copa de los olivos, alisándola, despedregándola y aplicando anualmente a principio de otoño, un herbicida residual. Para mantener esta zona libre de malas hierbas.

Los problemas que la aplicación de esta técnica puede plantear al olivarero son la competencia por el agua con el olivo, si la siega no es eficaz, y el peligro de incendio provocado si en primavera y después de la siega no se produjeran lluvias. Sin embargo, una vez que la paja se ha mojado se producen alteraciones microbianas que la hacen poco combustible.

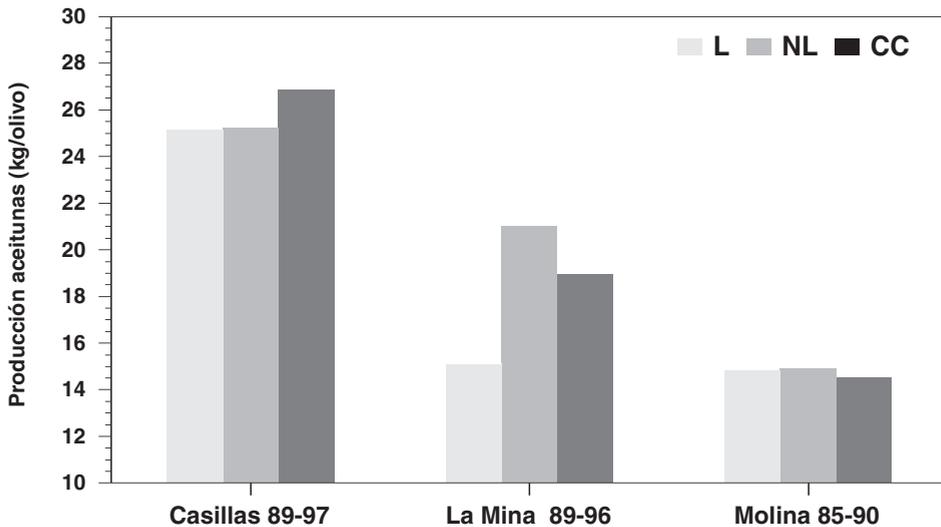


FIGURA 4: El cultivo empleando una cubierta de cebada (CC) sembrada en el centro de las calles, aplicando herbicidas bajo la copa, ha proporcionado resultados interesantes durante varios años en tres olivares de secano de la provincia de Córdoba. A pesar de la presencia del cereal en las calles durante el periodo otoño-invierno, las producciones no se resintieron con respecto a los olivares con suelo desnudo (L y NLD). El secreto es realizar la siega química de la cubierta a final de invierno, cuando se inicia el encañado de la cebada.

3.- FACTORES QUE DETERMINAN LA ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CULTIVO

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.

3.1- Cambios en las propiedades químicas del suelo

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, 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 materia orgánica 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 observando diferencias entre sistemas de cultivo a mayores profundidades (Figura 5). 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 arboles 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,

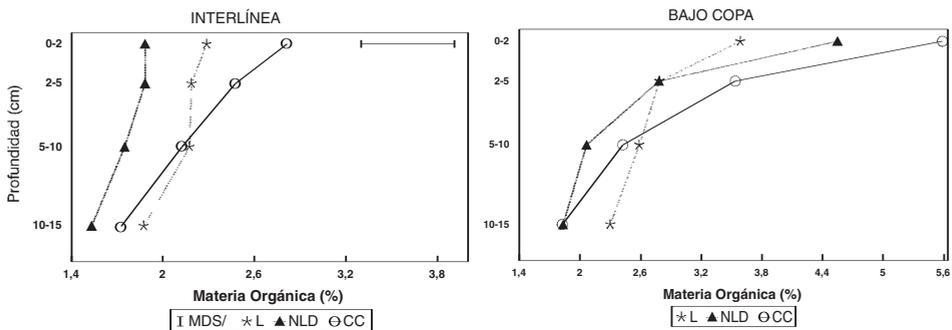


FIGURA 5: Contenidos en materia orgánica en el suelo en los tratamientos L (laboreo), NLD (no-laboreo con suelo desnudo) y CC (cultivo con cubierta vegetal) en los horizontes 0-2, 2-5, 5-10, 10-15 cm de profundidad. La barra que aparece junto a las medidas muestra la mínima diferencia significativa entre tratamientos para una misma localización y profundidad.

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

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, y 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 estar 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.

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).

Tratamientos	1996									
	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									
	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
Laboreo	1,46 b	0,10 a	0,71 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

3.2- 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 pará-

metros 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 6). 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 sera 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.

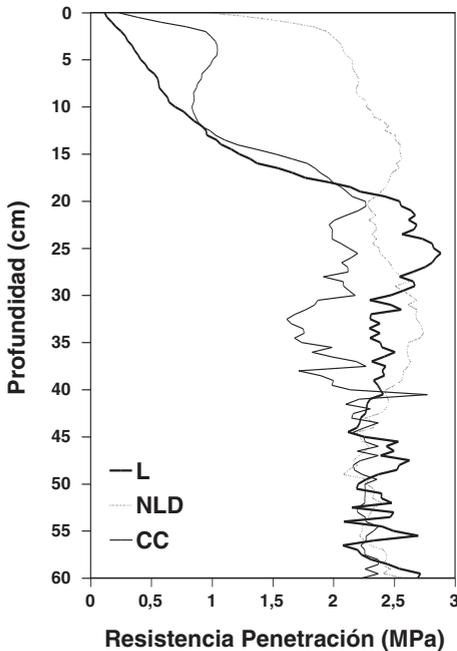


FIGURA 6: Resistencia a la penetración a lo largo del perfil del suelo en las profundidades de 0-60 cm en los tratamientos L (laboreo), NLD (no-laboreo con suelo desnudo) y CC (cultivo con cubierta vegetal) en el centro de la calle.

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 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 las calles, 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 de la costra, se observa una reducción significativa de la tasa de infiltración (Figura 7), observándose igualmente como la utilización de la cobertura vegetal mejora la infiltración en condiciones de no-laboreo (Figura.7). Debido al impacto de las gotas de agua de lluvia, que provoca 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 8).

Los sistemas de manejo del suelo afectan a la conductividad hidráulica (tasa de infiltración para tiempos grandes) y a 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 5 y 6).

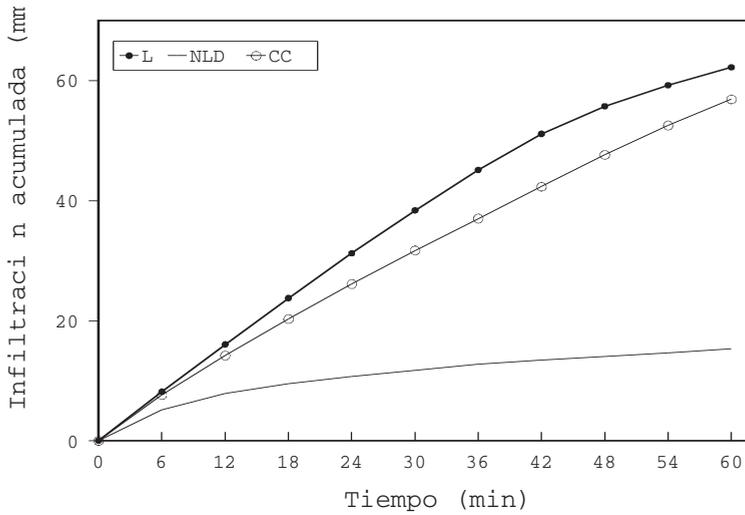


FIGURA 7: Curvas de infiltración acumulada para los tratamientos laboreo (L) no-laboreo (NLD) y cubierta vegetal de cebada (CC) en el centro de la calle. Curvas obtenidas con un infiltómetro de doble anillo.

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 ²	A (mm/h)	S (mm/h ^{1/2})	r ²
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 suela 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

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), observándose 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.

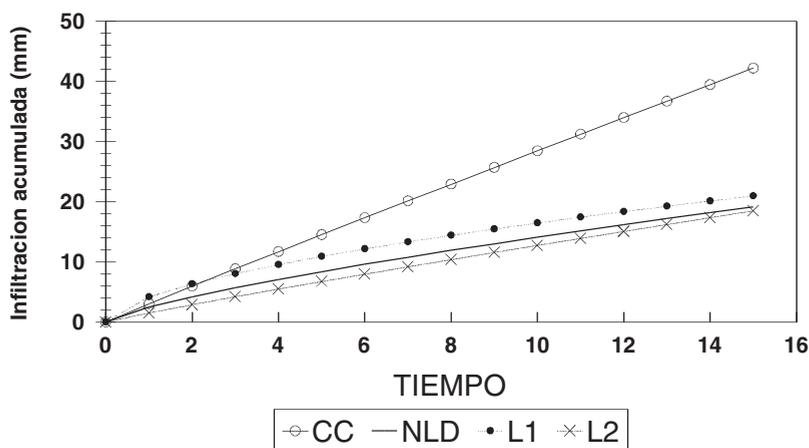


FIGURA 8: Curvas de infiltración acumulada para tratamientos de no-laboreo con suelo desnudo (NLD), cubierta de cebada (CC), laboreo (L) después de una (L1) o dos (L2) lluvias simuladas. Estas curvas se obtienen con un simulador de lluvia.

3.3.- 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 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 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 crecimen-

to 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 9), lo que evidencia unas mayores disponibilidades de agua en el suelo a lo largo del ciclo vegetativo.

3.3.1.- 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 a final del invierno en los terrenos labrados no siempre se almacena mayor cantidad de agua que los que permanecieron sin labrar durante varios años (Figura 10), no habiéndose observado dife-

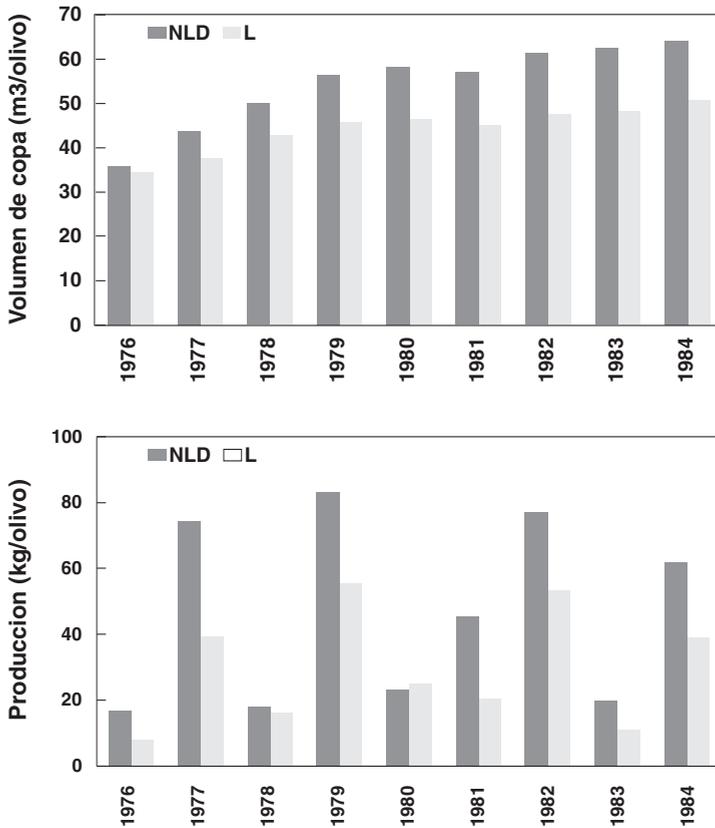


FIGURA 9: Evolución en el tiempo de la producción y del volumen de copa de los olivos en no-laboreo (NLD) y en laboreo (L). Finca Venta del Llano (Mengibar-Jaén). En el período de tiempo considerado, los resultados obtenidos evidencian unas mayores disponibilidades de agua en el sistema sin laboreo.

rencias 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 7), 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. 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 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).

Contenido agua en suelo a final del invierno

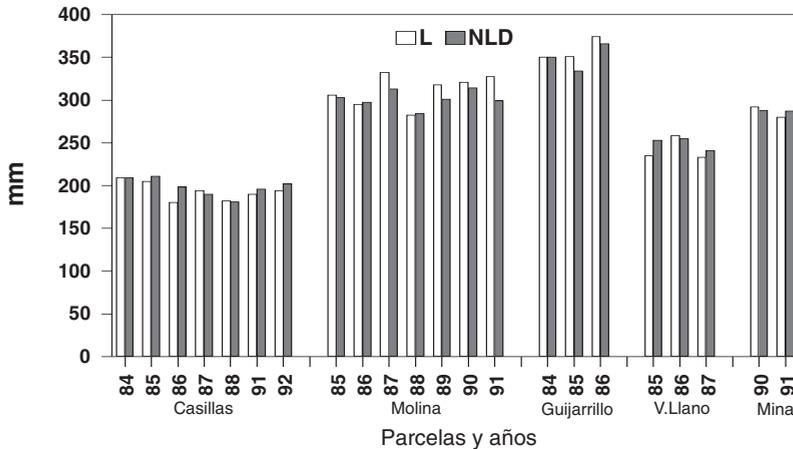


FIGURA 10: Contenido de agua en el suelo a final del invierno en Laboreo (L) y No-laboreo (NLD) en varios ensayos de manejo del suelo en olivar. Las pequeñas diferencias observadas entre L y NLD no resultaron ser significativas en ninguno de los ensayos o años estudiados

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 6) 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, 1989b).

Un modo eficaz de mejorar la infiltración puede ser el empleo de cubiertas vegetales vivas. En la Figura 2 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.

3.3.2.- Evaporación de agua desde el suelo.

Al laboreo continuado durante la estación seca se ha atribuido tradicionalmente un importante papel en la conservación del agua infiltrada en el suelo, afirmándose que las labores en seco, al romper la capilaridad y tapar las grietas, reducen la evaporación. En esta afirmación se ha basado, durante muchos años, la agricultura de zonas áridas. Muchos de los trabajos realizados en los últimos años no parecen apoyar la anterior hipótesis (Giráldez et al., 1986; Pastor, 1991).

Cuando un suelo tiene el tempero suficiente como para recibir una labor, las pérdidas de agua debidas a la capilaridad ya se han producido. Solamente desde una capa de suelo con humedad a saturación se produce un movimiento ascendente del agua por capilaridad.

En la Figura 11 podemos ver como una labor de cultivador de 15 cm de profundidad, realizada en el mes de marzo, ocasionó

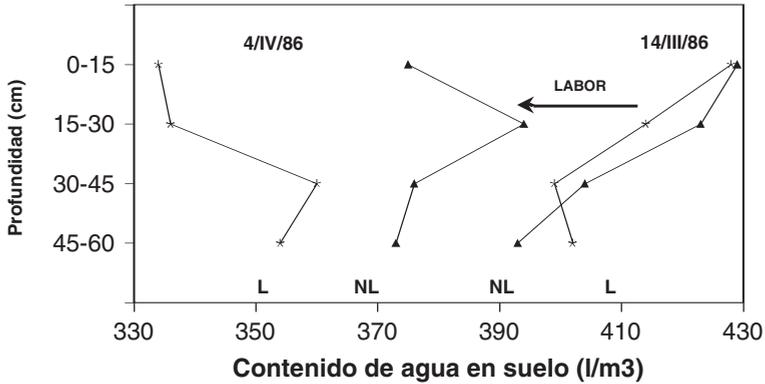


FIGURA 11: Las labores primaverales pueden ocasionar importantes pérdidas de agua en el suelo por evaporación. Aunque las pérdidas en superficie fueron mayores, la evaporación afectó también a las capas profundas del terreno. En los suelos en No-laboreo (NLD), las pérdidas de agua por evaporación fueron sensiblemente menores respecto a los suelos labrados (L), con las consiguientes ventajas para el cultivo durante la primavera. El ensayo se realizó en La Rambla (Córdoba) en un suelo de textura franco-arcillo-limosa.

mayores pérdidas de agua por evaporación que las producidas en un terreno que no había sido labrado en los últimos tres años. En dicha figura puede observarse como el laboreo no solo ha afectado a la evaporación desde la capa más superficial, sino que la evaporación ha sido también mayor en las capas más profundas del terreno. La presencia en NLD de la costra superficial parece que, en este aspecto, es muy beneficiosa, observándose una notable reducción de la velocidad de evaporación de agua con respecto al cultivo tradicional.

Es cierto que en algunos tipos de suelo existe una marcada tendencia a la formación de grietas cuando se cultivan en régimen de no laboreo, pero también es cierto que estas grietas se forman cuando el agua del suelo ya se ha evaporado. En laboreo también se forman estas grietas, y taparlas puede tener en muchos casos una dudosa eficacia, además de un coste adicional.

Una forma eficaz de reducir la velocidad de evaporación de agua desde el suelo es mantener restos vegetales secos sobre la superficie,

lo que permite que el cultivo con cubierta vegetal bien controlada disponga de unas mayores cantidades de agua durante la primavera.

3.4.- La producción del olivar.

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 (Figura 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 pro-

porcionado óptimos resultados, las prácticas de laboreo reducido pueden ser una 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

3.5.- 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 del suelo.

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).

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

En la Figura 12 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 parcelas de gran superficie y en pendiente, la reducción de la velocidad de infiltración da lugar, durante las tormentas, a grandes volúmenes

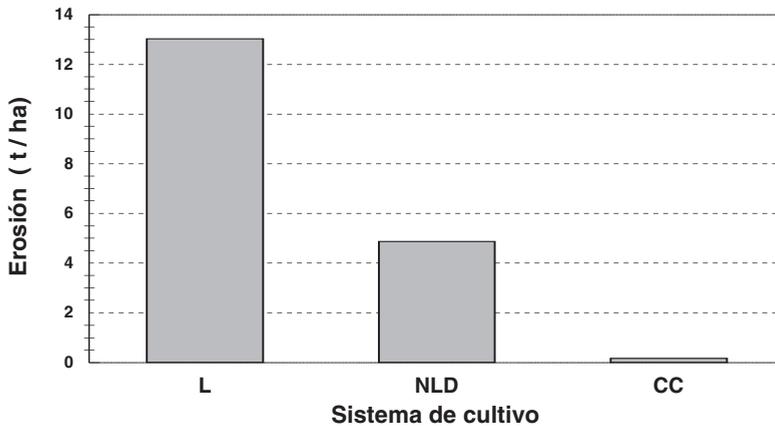


FIGURA 12: Los sistemas de cultivo tienen una gran influencia sobre la erosión, siendo en laboreo (L) el sistema en que las pérdidas de suelo fueron mayores. La presencia de la cubierta de cereal (CC) redujo la erosión de forma espectacular. En NLD se redujo también la erosión debido a la gran estabilidad de la capa superficial del suelo. Datos obtenidos en Córdoba utilizando un simulador de lluvia.

de escorrentía superficial, produciéndose con el tiempo cárcavas profundas en las zonas de desagüe de la escorrentía.

3.6.- Los costes de cultivo.

Los sistemas de manejo del suelo afectan fundamentalmente a dos operaciones de cultivo: el control de las malas hierbas y la recolección de la aceituna, en especial cuando se produce la caída natural de frutos al suelo tras su maduración.

Tanto en los sistemas de no-laboreo con herbicidas como en los de laboreo reducido y con cubierta vegetal se necesita escasa cantidad de maquinaria, reduciéndose de forma apreciable la potencia de los tractores a utilizar, así como el número total de horas de tractor empleadas por hectárea. Como es natural, todo ello redundará en una reducción sensible de los costes de cultivo, resultando generalmente más económicos los sistemas de labranza cero y los de laboreo reducido que el laboreo convencional. El cultivo con cubierta vegetal puede tener un coste similar al laboreo.

En el cultivo del olivo la compactación y limpieza del suelo en el área bajo la copa de los árboles es muy importante para reducir al mínimo los costes de recolección (Benavides y Civantos, 1982), ya que en algunas variedades y en determinados años es frecuente la caída de frutos al suelo tras su maduración. En muchos casos, si la cantidad de frutos caídos es pequeña y el suelo no está perfectamente preparado, es preferible dejar el fruto sin recolectar. La recolección de las aceitunas caídas de forma natural en un suelo desnudo, compactado y libre de malas hierbas es la que resulta más barata con gran diferencia, ya que permite el barrido de los frutos. A este tipo de suelo se llega tras la aplicación de la técnica de no-laboreo con herbicidas. Todo intento de mecanización de la recolección de aceitunas caídas al suelo, como la mejora del rendimiento de la mano de obra en la realización de esta operación, pasa por la preparación y compactación del terreno, lo que siempre es factible en un suelo labrado, pero ello lleva consigo un coste anual adicional.

REFERENCIAS

- Aguilar, F., González, P., Pastor, M., 1996. Mejoras en la fertilidad del suelo de olivar con la aplicación periódica de compost de residuos sólidos urbanos. Comparación con el sistema de no-laboreo con suelo desnudo. *OLIVAE*, 64: 40-45.
- Aguilar, J., Fernández, J., Fernández, E., de Haro, S., Maraños, A., Rodríguez, T. 1995. El olivar Jiennense. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Colección Pérez de Maya. Universidad de Jaén. 42-50.
- Benavides, J.M., Civantos, M., 1982. Influencia de los herbicidas en los costes de recolección de aceitunas. *Agricultura*, 604: 874-876.
- Blevins, R.L., 1986. Idoneidad del suelo para el laboreo nulo. En: Phillips y Phillips, *Agricultura sin laboreo*. Ed. Bellaterra S.A. Barcelona. 44-68.
- Castro, J., 1993. Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas. Tesis Doctoral. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.
- Civantos, L., Torres, J., 1981. Ensayos sobre sistemas de mantenimiento del suelo en olivar. *ITEA*, 44: 38-43.
- Fischer, R.A., Turner, N.C., 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Ann. Rev. Plant. Physiol.*, 29: 277-317.
- Freeman, M. Uriu, K. y Hartmann, H.T. 1994. Diagnosing and correcting nutrient problems. En: Ferguson, L., Sibbett, G.S. y Martin, G.C. *Olive Production Manual*. Universidad de California. Publ. 3353:77-86.
- Giráldez, J.V., González, P., Fereres, E., Agüera, J., García, M., Gil, J., Insúa, F., López, J., Martín, I., Puig, M., Sanz, J., 1986. Aprovechamiento del agua del suelo en distintos sistemas de laboreo. Cinco años de experiencia en el Valle del Guadalquivir. Actas I Simposium Sobre Mínimo Laboreo en Cultivos Herbáceos. Madrid. 11-31.
- Gomez Calero, Jose Alfonso 1998. Modelización de los procesos de interceptación de lluvia e infiltración en un olivar. Tesis doctoral. E.T.S. Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba.
- Gras, R., Trocme, S., 1977. Un essai d'entretien de sol en verger du pommiers. *Annales Agronomiques*, 28 (3): 227-259.
- Humanes, M.D., Pastor, M., 1995. Comparación de los sistemas de siega química y mecánica para el manejo de cubiertas de veza (*Vicia sativa*, L.) en las interlíneas de los olivos. Congreso 1995 de la Sociedad Española de Malherbología. Huesca. 235-238.
- Laguna, A., 1989. Estudio cuantitativo de la erosión del suelo. Tesis Doctoral. Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.
- López-Cuervo, S., 1990R. La erosión en los suelos agrícolas y forestales de Andalucía. Colección Congresos y Jornadas N° 17/1990. 11-16. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Muñoz, J.A., 1998. Influencia de los Sistemas de Cultivo sobre olivar y sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo. Tesis Master of Science en Olivicultura y Elaiotecnia. E.T.S.I. Agronomos y de Montes. Córdoba.
- Pastor, M., 1989a. Influencia de las malas hierbas sobre la evolución del contenido de agua en el suelo en olivar de secano. 4° EWRS Mediterranean Symposium. Valencia. Tomo I.
- 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.
- Pastor, M., Castro, J. 1996. Influencia de las técnicas de cultivo sobre el microclima en plantaciones de olivar. *ITEA*, 92:283-286.

- Pastor, M., Guerrero, A., 1990. Influence of non-tillage on olive grove production. *Acta Horticulturae*, 286: 283-286.
- Pastor, M., Saavedra, M., Vega, V., 1986. Uso de herbicidas en la formación de cubiertas vegetales con crecimiento reducido en olivar. ITEA, 65: 35-44.
- Pastor, M., 1989b. Efecto del no-laboreo en olivar sobre la infiltración de agua en el suelo. *Investigación Agraria, Prod. y Prot. Vegetales*, 4 (2): 225-247.
- Phillips, S.H., Young, 1979. Agricultura sin laboreo. Labranza cero. Editorial Hemisferio Sur, S.R.L., Montevideo, 52-53.
- Saavedra, M., Pastor, M., 1994. La flora del olivar y el uso de herbicidas. *Agricultura*, 746: 748-753.
- Van Huyssteen, L., Van Zyl, J.L., 1984. Mulching in vineyard. *Viticulture and Oenologie*, E.12.
- Van Huyssteen, L., Van Zyl, J.L., Koen, A.P., 1984. L'influence des techniques d'entretien de cultures de couverture sur les conditions du sol et sur le controle des mauvaises herbes dans un vignoble de Colombar a Dudkshoorn. *Bulletin de l'O.I.V.*, 645: 849-870.
- Zaragoza, C., Aibar, J., Sopeña, J.M., 1990. Un ensayo de reducción del laboreo en viña. Resultados de la producción en siete años. Actas de la Reunión 1990 de la Sociedad Española de Malherbología. 79-85.