

Cubiertas vegetales en olivar



CUBIERTAS VEGETALES EN OLIVAR

Coordinadores:

Antonio Rodríguez Lizana

Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos Vivos

Rafaela Ordóñez Fernández

I.F.A.P.A., C.I.C.E.

Jesús Gil Ribes

Universidad de Córdoba

Cubiertas vegetales en olivar

© Edita: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca

Publica: Viceconsejería. Servicio de Publicaciones y Divulgación

Coordinadores: Antonio Rodríguez Lizana (Asociación Española de Conservación Suelos Vivos)*, Rafaela Ordóñez Fernández (I.F.A.P.A., C.I.C.E.), Jesús Gil Ribes (Universidad de Córdoba)

Foto cubierta: Carlos Estevez

Colección: Agricultura

Serie: Olivicultura y olaiotécnia

ISBN: 978-84-8474-205-0

Dep. Legal: SE-4206-07

P.V.P.: 10 €

Producción: Germán López. Servicios Gráficos



AEACSV

Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos vivos

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN A LA AGRICULTURA DE CONSERVACION EN OLIVAR. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE SUELOS	7
EL SISTEMA DE CUBIERTA EN EL OLIVAR ANDALUZ. TIPOS Y MANEJO	17
CAMBIOS EN LA FERTILIZACIÓN DEL OLIVAR INDUCIDOS POR LA PRESENCIA DE UNA CUBIERTA VEGETAL	31
INFLUENCIA DE LAS CUBIERTAS VEGETALES VIVAS SOBRE EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO	41
MECANIZACIÓN DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL OLIVAR	55
EVALUACIÓN DE OPERACIONES MECANIZADAS: COSTES Y RENDIMIENTOS.....	69
CONTROL DE MALAS HIERBAS Y MANEJO DE CUBIERTAS VEGETALES VIVAS EN LOS SISTEMAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN OLIVAR	83
INFLUENCIA DE LAS CUBIERTAS VEGETALES EN LAS ENFERMEDADES DEL OLIVAR	101
CONTROL DE PLAGAS EN OLIVAR: CAMBIOS INDUCIDOS POR LA COBERTURA VEGETAL	115
LA CUBIERTA VEGETAL EN EL OLIVAR COMO PROTECTORA DEL SUELO FRENTE A LOS AGENTES EROSIVOS	125

INFLUENCIA DE LA CUBIERTA VEGETAL EN LA PÉRDIDA DE AGUA Y SUELO EN OLIVAR	133
LA CUBIERTA VEGETAL Y SU INCIDENCIA EN LOS PROCESOS DE CONTAMINACIÓN POR NITRATOS Y FÓSFORO EN AGUAS DE ESCORRENTÍA EN PARCELAS ECOLÓGICAS Y CONVENCIONALES.....	147
CUBIERTAS INERTES: LOS RESTOS DE PODA COMO PROTECCIÓN Y MEJORA DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO	159

INTRODUCCIÓN A LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN OLIVAR. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE MANEJO DE SUELOS.

A. Martínez Raya

CIFA Granada. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía.
IFAPA.

J. R. Francia

CIFA Granada. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía.

A. Martínez Vilela.

Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

Una explotación agraria, por su naturaleza biológica, es diferente a una industrial. La rentabilidad de la primera está basada en mantener una base productiva fundamentada en conservar elementos vulnerables. La respuesta de la degradación de estos elementos afecta directamente a la capacidad productiva de la misma, siendo en muchos casos elevado el coste de su recuperación o llegándose al límite de procesos irreversibles.

El principal problema medioambiental provocado por la agricultura convencional es el debido a procesos de erosión que aceleran la degradación de los suelos.

En estos procesos se produce un transporte de sólidos y una pérdida de agua por escorrentía. En nuestras condiciones climáticas mediterráneas, el aprovechamiento eficaz del agua de lluvia influye de forma definitiva en la productividad de los cultivos. Cuando disminuye o se anula la escorrentía no sólo desciende el transporte de sólidos, sino que

también se controla la pérdida del agua de lluvia caída sobre la parcela, que tanta importancia tiene en nuestros secanos.

Es necesario un buen control de la escorrentía. Todo manejo del suelo que mejore las propiedades físicas de éste, disminuya la velocidad de circulación del agua superficial y controle el flujo que se vaya originando en cada evento lluvioso, favorece este control.

La evaluación de la degradación de las tierras no sólo hay que contemplarla desde el punto de vista de la disminución de la productividad agraria, hay que tener en cuenta todas aquellas pérdidas que lleva consigo el cambio de un ecosistema que se encuentra en equilibrio. Aspectos tales como variaciones en la fauna, flora, paisaje, actividades cinegéticas y recreativas, así como los impactos ocasionados a otros ecosistemas del entorno, han de valorarse al tener todos ellos inferencias socioeconómicas.

Factores que han desarrollado procesos erosivos tales como un aumento de la superficie de los suelos dedicados a la agricultura en áreas críticas, su intensificación y en especial una mecanización cada vez más potente que ha propiciado un laboreo de los suelos con una mayor agresividad incluso en zonas de topografía accidentada, han tenido como consecuencia una degradación de los suelos, elevando el riesgo de desertificación.

El olivar está muy relacionado con el problema de la erosión por diferentes motivos entre los que se encuentran su presencia en suelos marginales y en fuertes pendientes, las características del clima mediterráneo con una distribución irregular de la lluvia a lo largo del año y que con frecuencia presentan un carácter torrencial, la escasa cobertura del suelo y el empleo de sistemas de cultivo que eliminan sistemáticamente la cubierta vegetal herbácea para evitar la competencia por el agua, dejando al suelo desprotegido frente a la erosión

CONDICIONES DE CLIMA Y SUELO EN NUESTROS OLIVARES

La pluviosidad media más frecuente en nuestras zonas de olivar se encuentra próxima a los 500 mm al año. Esta lluvia puede cubrir las necesidades de agua del olivo, de estar disponible durante las diferentes fases de su crecimiento. En nuestro clima mediterráneo no sucede así, debido especialmente a la baja uniformidad de la lluvia, alternándose períodos de elevada cuantía e intensidad, con otros de sequía. Las altas intensidades provocan escorrentías superficiales importantes.

La protección de los suelos depende fundamentalmente de su cubierta vegetal. La cantidad y clase de plantas que pueden vivir en estas zonas quedan afectadas por las condiciones climáticas. Las adaptadas tienen un carácter xerofítico más o menos acusado, con una estructura aérea capaz de sobrevivir en climas adversos. Estas plantas, cuando están presentes, proporcionan una cubierta vegetal muy eficaz en la conservación del suelo, al evitar el impacto directo de la lluvia sobre él, en ocasiones con elevada ener-

gía, sostienen el suelo por medio de un sistema radicular potente y disminuyen la escorrentía superficial. Pero nuestros ecosistemas son muy sensibles y si decrece la población de plantas o desaparecen éstas, la velocidad de degradación del suelo suele ser muy elevada.

La mayor parte de los suelos dedicados al cultivo del olivo son susceptibles a la erosión. El contenido de materia orgánica es bajo, lo cual influye en su estructura, presentándose en ocasiones problemas graves de encostramiento superficial y elevada presencia de sales, propiedades que afectan a la infiltración y al normal desarrollo de las plantas. En estas condiciones su regeneración es difícil, especialmente por la dificultad de establecer una cubierta vegetal de protección ante la erosividad de la lluvia. En suelos situados en laderas, la pendiente favorece la escorrentía y la formación de cárcavas y barrancos, que caracteriza el paisaje de estas áreas.

EL OLIVAR EN NUESTRAS ZONAS DE CLIMA MEDITERRÁNEO

La principal limitación del olivar es la poca disponibilidad de agua que tiene, por la baja eficiencia del agua de lluvia y su elevada tasa de evapotranspiración. Este cultivo se ha adaptado a estas condiciones aunque su respuesta al riego es importante.

Frente a esta limitación el agricultor de secano ha empleado dos técnicas, la elección de amplios marcos de plantación y el laboreo de los suelos. Los grandes marcos tienen como finalidad que el olivo disponga de un volumen de suelo con suficiente capacidad para cubrir las necesidades de agua de la planta. Con el laboreo el agricultor persigue la mayor utilización posible del agua del suelo, siendo su principal objetivo eliminar el consumo de agua de las plantas espontáneas. El laboreo tradicional, realizado sistemáticamente, evita el desarrollo de la flora adventicia, especialmente en aquellos períodos en que el balance de humedad del suelo es negativo. La existencia de marcos amplios y la eliminación de la cubierta vegetal herbácea originan que un importante porcentaje del suelo se encuentre sin protección.

El olivo, al mantener la hoja durante todo el año, realiza una protección eficaz de la superficie de suelo que ocupa el árbol aunque en sistemas tradicionales nos encontramos frecuentemente con coberturas de suelo inferior al 35%, aumentando los marcos de plantación a medida que la pluviometría es menor. En la actualidad en plantaciones intensivas, con mayor número de plantas por hectárea, se alcanza un recubrimiento más elevado del suelo pero éstas normalmente son de regadío. Las aportaciones de materia orgánica al suelo en este cultivo son muy pobres, por la baja producción de biomasa y por la exportación que se realiza de los residuos de la cosecha.

Parcelas situadas en ladera, frecuentes en este cultivo, son especialmente sensibles al proceso de erosión. La pérdida de los horizontes superficiales más fértiles se produce en muy pocos años. Esta erosión acelerada origina la formación de surcos y cárcavas con

una alta degradación del suelo y problemas graves de aluviones y sedimentación en las zonas próximas.

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL OLIVAR

Con esta distribución de las lluvias se debe conseguir una eficaz conservación del agua del suelo y que su disponibilidad se encuentre asegurada para el olivo.

El fin de un buen manejo del suelo es lograr la mayor captación de agua de lluvia y la menor pérdida de ésta. Tradicionalmente el laboreo tenía como principal objetivo preparar la superficie del suelo para que el agua de lluvia penetrase en el suelo evitando o disminuyendo al máximo las pérdidas por evaporación y el consumo por la vegetación espontánea.

Hasta principio del siglo pasado las labores afectaban sólo a la superficie del suelo al emplearse aperos rudimentarios. Con la aparición de la vertedera las labores no sólo aumentaron en profundidad sino que también alteraron de manera importante el perfil del suelo mediante el volteo de los horizontes superficiales. Esta labor se extendió rápidamente entre los agricultores y con el aumento de la potencia de los tractores se incrementó la profundidad de las labores y la alteración del perfil edáfico fue mayor, valorándose la calidad del agricultor en función de su capacidad de labrar y mantener el suelo sin malas hierbas.

El manejo del suelo puede afectar de manera positiva o negativa al proceso erosivo. Todas aquellas labores que faciliten el incremento y la velocidad del flujo de escorrentía, aceleran y aumentan la erosión. Tal sucede con el laboreo según la máxima pendiente, el paso de maquinaria que compacte el suelo, etc. Por el contrario, aquellos manejos del suelo que controlen la escorrentía, tendrán un efecto reductor de la erosión, siendo ésta la finalidad de la agricultura de conservación.

La protección del suelo mediante plantas o residuos vegetales tiene un efecto considerable sobre la pérdida de suelo reduciéndola significativamente ya que intercepta las gotas de lluvia, disminuyendo la fuerza del impacto de las mismas sobre el terreno, con lo que se reduce su efecto disgregador. Al mismo tiempo evita la formación de costras superficiales, muy comunes en suelos degradados con mala estructura. Esta costra limita la infiltración de agua en nuestro suelo, aumentándose la escorrentía y por tanto la pérdida de suelo. Igualmente las raíces de las plantas vivas o muertas retienen el suelo y representan un factor de resistencia a su transporte, aumentando el contenido de materia orgánica del suelo por la degradación de los residuos vegetales.

El control y reducción de la escorrentía superficial, causa principal del transporte del suelo, se lleva a cabo mediante medidas tales como mejorar la infiltración, disminuir la

pendiente y proteger la superficie del suelo, con la aplicación de las técnicas de agricultura de conservación.

En situaciones de topografía accidentada, existen dos factores que inciden en el proceso erosivo: el gradiente y la longitud de la pendiente, siendo la erosión mayor a medida que éstos aumentan. Se actúa sobre ambos cuando se construyen terrazas o bancales. Éstas son medidas muy efectivas cuando están bien calculadas y construidas, llegando al control total de la erosión, pero llevan consigo movimientos de tierra importantes que ocasionan alteraciones del perfil del suelo y costos elevados, que tan sólo se amortizan en cultivos muy rentables.

Se puede mantener la inclinación de la pendiente y disminuir su longitud, dividiéndola por tramos. Esto es lo que se pretende con la utilización de las cubiertas vegetales. Se establecen alternando franjas de vegetación con otras sin ella, facilitando estas últimas la recolección. La posible competencia por el agua entre estas cubiertas y el olivo se controla eliminando la actividad de aquéllas en las épocas de déficit de humedad en el suelo mediante el empleo de una siega mecánica y/o química o bien mediante su aprovechamiento directo por el ganado con el pastoreo. Con estas prácticas el consumo de agua por las cubiertas es mínimo o queda anulado, pero se mantiene una protección del suelo frente al impacto de las gotas de lluvia.

No hay duda de que el sistema de manejo de suelo condiciona el balance hídrico del mismo. A distintos sistemas de manejo de suelo corresponden distintos balances de agua, por las diferencias que tienen lugar sobre el grado de protección del suelo y sus propiedades físico-químicas (grado de compactación, velocidad de infiltración, estructura, contenido en materia orgánica, etc.) que inciden directamente sobre la capacidad de almacenamiento de agua del mismo.

La agricultura de conservación se ha desarrollado en los últimos años como una técnica que trata de alterar el perfil del suelo lo menos posible, dejando a éste permanentemente protegido de la acción de los agentes erosivos por los residuos vegetales, como los restos de poda y las cubiertas vegetales, establecidas entre las calles de los olivos y que representan una eficaz protección del suelo.

EFECTO DEL MANEJO DE SUELO EN EL TRANSPORTE DE SÓLIDOS

Con el fin de obtener datos comparativos sobre los distintos manejos de suelo y su influencia en el proceso de erosión, el Departamento de Suelos y Riegos del CIFA de Granada estableció parcelas cerradas de olivar, situadas en ladera y con una pendiente media del 30%. En ellas se valoraban cuantitativamente el transporte de sólidos que se producía con la aplicación de Cubiertas Vegetales(C) y Laboreo Tradicional (LT). En las figuras 1 y 2 se muestran las mismas.

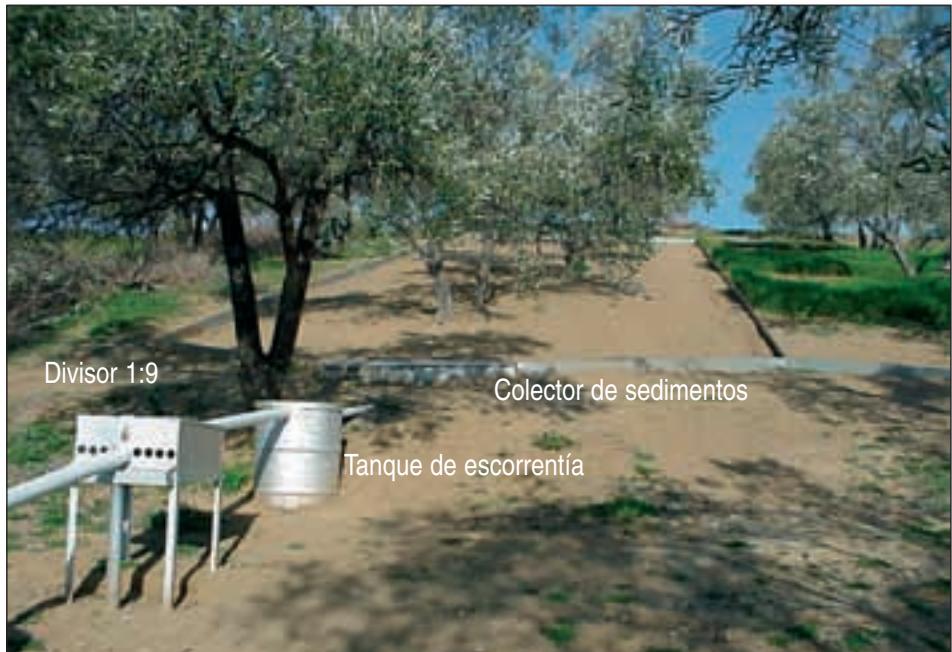


Figura 1. Parcela cerrada de olivar de Laboreo Tradicional



Figura 2. Parcela cerrada de olivar con Cubierta Vegetal de cereal

Los resultados obtenidos en cuanto a la pérdida de suelo, cuando se presentaban eventos erosivos, se expresan en la siguiente tabla, referidos a las características de cada aguacero.

Precip. (mm)	I ₃₀ (cm/h)	Pérd. suelo kg/ha	
		C	LT
20,7	2,9	141,2	21,1
31,6	1,6	93,3	13,6
90,9	1,3	1086,1	757,6
37,9	1,1	380,7	193,0
32,1	0,9	49,5	4,4
16,9	1,1	57,3	0,0
42,2	0,6	24,1	0,0
58,3	0,9	15,1	0,2
22,7	4,1	1557,6	9077,8
33,3	2,4	715,6	1201,7
49,5	0,9	26,7	1,7
132,7	1,4	75,7	8,1
	Media	351,9	939,9

Se aprecian las diferencias que existen entre el laboreo de los suelos de olivar y la aplicación de técnicas de conservación, en este caso la implantación de cubiertas vegetales. Si llevamos a cabo la comparación entre estos dos manejos de suelo se obtiene que las pérdidas de suelo con el laboreo son 2,7 veces mayores que las que se presentan cuando se han establecido cubiertas de cereal entre las calles de los olivos.



En cultivos de olivar de amplios marcos y situados en fuertes pendientes se puede afirmar que el establecimiento de cubiertas vegetales realiza un mayor control de la pérdida de suelo que cuando se practica el laboreo.

EL MANEJO DEL SUELO Y LA HUMEDAD DISPONIBLE PARA EL OLIVO

Los diferentes tratamientos del suelo van a tener una gran influencia en la captación y en la conservación del agua del suelo, siendo este aspecto muy importante y de gran incidencia en el rendimiento del olivo. Por ello en parcelas de campo se han comparado los efectos que tienen los distintos manejos de los suelos de olivar sobre la humedad de los mismos.

En la tabla siguiente se reflejan los resultados obtenidos, en parcelas de olivar, en contenido de humedad del suelo a diferentes profundidades medidas para dos manejos de suelo distintos, Laboreo Tradicional y Cubiertas Vegetales de vegetación espontánea:

Tabla 1. Contenido de humedad del suelo para los dos sistemas de manejo analizados.

	Parcela 1-Laboreo Tradicional					Parcela 2-Cubierta vegetal				
	H10	H20	H30	H50	H100	H10	H20	H30	H50	H100
Ene	4,7	6,0	7,4	10,6	9,9	6,3	9,1	12,0	14,1	12,3
Feb	5,1	5,9	6,9	9,1	9,3	6,5	8,5	10,8	13,4	12,1
Mar	5,5	6,6	7,7	9,8	9,0	7,0	9,7	12,2	13,9	12,0
Abr	6,6	7,9	9,1	11,1	9,1	8,5	11,1	13,2	14,7	12,5
May	6,4	8,2	9,7	12,0	10,6	7,6	10,3	12,8	14,7	13,1
Jun	4,3	7,1	8,7	11,4	10,4	5,5	8,1	10,1	13,4	13,0
Jul	3,6	6,1	7,6	10,0	9,6	4,9	8,0	9,9	12,3	12,7
Ago	3,5	5,2	6,9	9,1	8,5	4,6	7,4	9,3	11,7	12,1
Sep	3,4	4,7	6,3	8,4	7,7	4,3	6,7	8,6	10,7	11,1
Oct	3,4	4,5	5,8	7,9	7,3	4,1	6,2	7,9	9,8	10,4
Nov	3,4	4,4	5,4	7,3	7,0	4,2	5,8	7,3	9,1	9,6
Dic	5,5	7,4	8,3	9,4	6,8	7,1	9,7	11,7	12,1	9,3

En ella se expresan los contenidos medios de humedad mensualmente a diferentes profundidades, 10, 20, 30, 50 y 100 centímetros, medidos con sonda Enviroskan. Como se puede apreciar la humedad es siempre mayor en la parcela que aplica técnicas de agricultura de conservación. Por consiguiente el establecimiento y un buen manejo de las cubiertas vegetales no sólo conserva el suelo sino que también permite una mayor disponibilidad de agua para el olivo.

CONCLUSIÓN

Cuando los suelos de olivar son susceptibles de sufrir problemas de erosión debe mantenerse una cubierta vegetal, compuesta de plantas espontáneas o cultivadas que cubra la máxima superficie del suelo posible (figura 3). Cualquier tipo de protección del suelo es práctica aconsejable, como dejar las hojas caídas bajo copa y los restos vegetales y de poda triturados sobre la superficie del suelo, excepto si hay riesgos de enfermedades o plagas que aconsejen retirarlos. Siempre se deben reducir las labores frecuentes en los suelos con la finalidad de eliminar la hierba y evitar la utilización de aperos (grada de discos, vertedera) que destruyan la estructura del suelo y propicien la formación de suelo de labor. No debería labrarse a favor de la pendiente.



Figura 3. *Cubierta en olivar*

En los últimos años ha surgido una nueva corriente en las técnicas de cultivo, con sistemas compatibles con la conservación del medio ambiente y que cobran especial relevancia en zonas de especial protección ambiental. Entre estas técnicas se encuentra la producción integrada, cuyos objetivos son: la protección del medio ambiente, la reducción de los costes de producción, la optimización del uso del medio productivo y la obtención de productos de máxima calidad. Se define como un sistema agrícola de producción de alimentos que utiliza al máximo los recursos y los mecanismos de regulación naturales y asegura a largo plazo una agricultura viable. En ella, los métodos biológicos, químicos y otras técnicas son cuidadosamente elegidos y equilibrados, teniendo en cuenta el medio ambiente, la rentabilidad y las exigencias sociales.

La aparición de nuevas tecnologías permite alcanzar o mejorar los objetivos que persiguen las prácticas agrícolas tradicionales, incrementándose los rendimientos del olivo, aumentando su rentabilidad y conservando el medio ambiente.

Bibliografía

- Cuadros, S., Martínez Raya, A. y Francia, J.R. (1993). *Cultivos frutales de secano en fuertes pendientes: Aspectos erosivos*. Congreso Forestal Español, 39-44.
- Doorembos, J. y Pruit, W. (1997). Las necesidades de agua de los cultivos. FAO. *Riego y drenaje* Nº 24. Roma.
- Francia, J.R., Martínez Raya, A. y Ruiz, S. (2000). *Erosión del olivar en fuerte pendiente. Comportamiento de distintos manejos de suelo*. Edafología. 7-2, 147-155.
- Giráldez, J.V.; González, P. y Fereres, E. (1990). *Conservación agrícola de suelos y aguas. El agua y el suelo. Laboreo de conservación*. Junta de Andalucía nº 17/1990, pp. 19-32.
- Gómez, J.A., Giráldez, J.V. y Fereres, E. (2001). *Análisis of infiltration and runoff in an olive orchard under No-Till*. Soil Sci. Soc. Am. J. 65:291-9.
- Hidalgo, J., Pastor, M. y Hidalgo, J.C. (2003). Evaluación de una sonda FDR para la estimación de la evolución del contenido de agua en el suelo y para el control de riegos en olivar. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo* Vol. VI.
- Huerta, F. (1993). *La precipitación en la España peninsular*. Ministerio de Medio Ambiente.
- Jiménez, J.A. (2005). *Régimen hídrico en suelos arcillosos de campiña sometidos a distintos sistemas de laboreo*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de Sevilla.
- Martínez Raya, A. y Francia, J.R. (1997). Efecto de los sistemas de laboreo en la erosión y escorrentía". En *Agricultura de Conservación. Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos*. Ed. García Torres y P. González Fernández. 84-922489-0-4, Córdoba, 1997; 174-188.
- Martínez Raya, A., Francia, J.R., Martínez Vilela, A. y Ruiz, S. (2002) *Soil conservation techniques in the cultivation of perennials on sep slopes in semi-arid ecosystems*. Man and Soil at The Third Millenium. CIDE Vol I Valencia.
- Pastor, M y Castro, J. (1997). Sistemas de manejo de suelo en olivar. En *Agricultura de Conservación. Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos*. Ed. García Torres y P. González Fernández. 84-922489-0-4, Córdoba, 1997; 290-308.
- Porta, J.; López Acevedo, M.; Roquero, C. (1994). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Mundi Prensa. Madrid.
- Saavedra, M. y Pastor, M. (2002) *Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de malas hierbas y herbicidas*. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid.

EL SISTEMA DE CUBIERTA EN EL OLIVAR ANDALUZ. TIPOS Y MANEJO

Emilio Jesús González Sánchez, Manuel Gómez Ariza, Antonio Rodríguez Lizana
Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos.
CIFA Alameda del Obispo. www.aeac.sv.org

Cristina Alcántara Braña
IFAPA, CIFA Alameda del Obispo

INTRODUCCIÓN

La técnica de cubiertas en cultivos leñosos supone un gran avance agronómico en la protección del mayor recurso que tiene el agricultor: el suelo de su finca. El empleo de cubiertas vegetales tiene además unos beneficios medioambientales notables: se mejora la estructura del suelo, se incrementa la materia orgánica, fijando carbono atmosférico, se mejora la fertilidad y aumenta el contenido de agua en el suelo si se manejan adecuadamente. Su empleo conlleva además una menor contaminación de las aguas y un aumento de la biodiversidad presente en el suelo.

Todo cambio suscita dudas y la puesta en práctica de las cubiertas no es una excepción. Requiere que el agricultor tome algunas decisiones importantes, siendo el tipo de cubierta que mejor se adecúa a su terreno, dentro de sus posibilidades de elección, la que más le va a condicionar en el futuro.

En este documento se pretende informar sobre los diferentes tipos de cubiertas que los agricultores andaluces pueden emplear en sus campos.

TIPOS Y MANEJO

La función principal de la cubierta es proteger el suelo de la erosión, por lo que atendiendo a esto podemos identificar multitud de cubiertas. Una cubierta debe tener un bajo desarrollo en altura, que no dificulte el tránsito por la finca, un rápido crecimiento que haga que cubra el suelo con celeridad, sus raíces deben ser superficiales, para que no exploren el perfil y extraigan agua que pueda ser aprovechada por el olivar y no debe hospedar plagas.

Consideraciones generales del sistema de cubiertas vegetales

El éxito del empleo de cubiertas vegetales va a depender por un lado de una buena instalación y emergencia de la cubierta y por otro de un manejo adecuado de la misma.

Uno de los factores agronómicos con mayor influencia en la instalación de las cubiertas es el manejo de suelo previo a la siembra. Una labor muy superficial puede ser recomendable, ya que permite romper la costra superficial favoreciendo la emergencia y el establecimiento de la cubierta. También facilitará la instalación un ligero enterrado de la semilla que la protegerá de la depredación por parte de las hormigas y otros insectos así como del viento y la lluvia.

Un manejo adecuado de las cubiertas vegetales es fundamental para optimizar el consumo de agua y mantener la productividad final del olivar, sobre todo en climas secos como el Mediterráneo en que el régimen anual de precipitaciones es marcadamente estacional, con otoños e inviernos lluviosos y un período seco en verano. Por ello los factores más importantes a tener en cuenta en el manejo de la cubierta vendrán determinados por el balance de agua en el suelo que se verá afectado por: 1º el método de siega a emplear (siega mecánica, pastoreo o siega química) –ver figura 1-, y 2º la fecha de siega de la cubierta, con el fin de reducir al máximo los consumos de agua en los momentos de máxima necesidad para el cultivo, así como evitar competencia por nutrientes. Es por tanto necesario ejercer un control sobre el crecimiento de la cubierta y reducir estos efectos negativos.

Figura 1: Contenidos de agua en el suelo, tras distintos tipos de siega



Para conseguir un control eficaz de la cubierta mediante un manejo con **siega mecánica**, es necesario que la especie empleada tenga por un lado un bajo poder de rebrote, para eliminar la transpiración después de la siega y por otro, gran capacidad para producir biomasa, de manera que los restos cubran eficazmente el suelo y reduzcan la evaporación, conservando así el contenido de agua en el suelo. La capacidad de rebrote de las especies va disminuyendo a medida que la siega es más tardía, cuando el ciclo fenológico de las especies está más avanzado, por ello las especies con un ciclo fenológico corto son las que mejor se adaptan a este tipo de manejo. Por ejemplo, en las especies crucíferas, la mostaza blanca mostró el ciclo fenológico más corto y una escasa capacidad de rebrote tanto tras siegas tempranas como en tardías, mientras que la oruga y las especies cultivadas rábano y mostaza etíope alcanzaron importantes porcentajes de rebrote (Alcántara *et al.*, 2004; Alcántara, 2005). El rebrote excesivo reduce el contenido de agua y nutrientes y afecta a la producción de aceituna.

El pastoreo es una actividad muy extendida en zonas de montaña de Andalucía, que en muchos casos se une al cultivo ecológico del olivar en zonas desfavorecidas. En zonas escarpadas es muy recomendable dejar pastar ovejas a inicio de primavera, ya que controlarán la cubierta y no mermará la producción de aceituna. Se recalca la importancia de vigilar el estado de humedad del suelo cuando entren los animales a la parcela, ya que pueden causar graves problemas de compactación.

La **siega química** es una eficaz herramienta en el sistema de cubiertas vegetales. Para el manejo de la cubierta, se usan herbicidas a bajo volumen y de muy bajo impacto medioambiental, no residuales. Es importante revisar el equipo con el que se aplica el producto para asegurar un trabajo eficaz y seguro. La fecha de siega debe permitir que el desarrollo de la cubierta sea suficiente para ofrecer una buena protección del suelo y prolongada permanencia de sus restos vegetales. Esta fecha de referencia, para las condiciones climáticas de Andalucía y “para un año normal”, puede ser la de mediados de marzo, la cual en la cubierta de gramíneas se corresponde normalmente con el estado fenológico “encañado” (antes de emitir la hoja bandera, y bastante antes de la formación del “zurrón” y espiga). Esta fecha podrá variarse en cada zona de acuerdo con el régimen de pluviometría anual. El glifosato, a las dosis de 0,7 y 1 kg por hectárea se ha mostrado muy eficaz si se elige el momento adecuado.

CLASIFICACIÓN

Podemos encontrarnos fundamentalmente los siguientes tipos:

Cubierta vegetal espontánea

- espontánea malas hierbas
- de malas hierbas seleccionadas

Cubierta vegetal sembrada

- gramíneas
- leguminosas
- crucíferas

Cubiertas inertes

- restos de poda, hojas de limpia
- piedras

Cubierta vegetal espontánea

Son las más extendidas en la comunidad andaluza. Estas cubiertas se componen de la flora arvense (malas hierbas) presente en la finca (figura 2). El agricultor puede bien dejar crecer esta flora sin control, o bien manejarla para seleccionar de ella algunas especies. En este caso las especies más recomendables son las que más biomasa producen dentro de una baja competencia con el olivar, siendo las más extendidas en Andalucía las gramíneas.

En cubierta **seleccionada hacia gramíneas**, se aplican herbicidas que seleccionan las plantas nacidas. Esta aplicación de herbicidas, a base de fluroxipir, que respeta a las gramíneas y elimina la hoja ancha, debe efectuarse cuando las plantas tienen un desarrollo en torno a los 10-15 cm, y la fecha recomendada para hacerlo varía en función del año, pero debe realizarse en otoño o inicio del invierno. Las aplicaciones se tendrán que repetir siempre que aparezcan malas hierbas difíciles de combatir (como son la malva, la coniza o el pepinillo). En el caso de que ocurra el establecimiento de especies de malas hierbas de ciclos tardíos, será necesario controlar los rodales (AEAC/SV, 2001).



Figura 2. *Cubierta vegetal espontánea.*

En cuanto al manejo, después de la época seca y con las primeras lluvias, se dejan nacer las plantas presentes en el banco de semillas del campo en cuestión. Esta cubierta nacida protegerá al suelo frente a las lluvias de otoño, invierno e inicio de la primavera. Es recomendable fertilizar esta cubierta con 50 unidades de fertilizante nitrogenado, a modo de cobertera. En torno a final de marzo, en gramíneas en el estado de encañado, se debe realizar una siega de la cubierta, para evitar que entre en competencia con el olivar. Esta siega puede ser bien química, con herbicidas, mecánica con desbrozadora (figura 3) o bien mediante el pastoreo controlado. La elección de un método u otro dependerá de las hierbas presentes en la finca, del tipo de olivar, si se dispone de ganado, posibilidades de inversión, entre otras.



Figura 3. *Cubierta vegetal segada con desbrozadora*

Si se manejan con siega química las cubiertas espontáneas y las de gramíneas, se recomienda dejar una banda, que podremos alternar en el lugar (central o uno de los laterales de la cubierta), de aproximadamente medio metro para que esta pequeña franja de la cubierta complete su ciclo y semille, y así poder tener cubierta la campaña siguiente. En la práctica, basta con cerrar las boquillas centrales o algunas laterales de la barra de aplicación de herbicidas.

Se debe consultar dentro del catálogo de productos herbicidas los más adecuados para eliminar la cubierta, si bien los más extendidos son a base de glifosato con alguna mezcla dependiendo de las hierbas presentes. Se hace hincapié en la necesidad de vigilar que estén en buen estado las boquillas de la barra aplicadora, y reemplazarlas en el caso de que no distribuyan el producto de la manera debida. En el caso del pastoreo o siega mecánica es complicado mantener la banda para producir semillas, por lo que habría que hacer un seguimiento de la presencia de cubierta en años posteriores, y en caso de ser necesario, se deberá sembrar alguna especie.

La **cubierta espontánea** es recomendable en suelos donde la orografía del terreno hace complicada la siembra de especies y en zonas labradas históricamente, donde seguramente habrá una gran cantidad de especies que nos permitan tener una densa cubierta protectora. La ventaja de esta cubierta es el ahorro en determinados costes: semilla y operación de siembra y tratamiento herbicida selectivo. Una de sus desventajas radica en que las especies vegetales que la componen con frecuencia son muy diversas (distintos hábitos de crecimiento, variable sensibilidad a los herbicidas).

Se debe remarcar la importancia de segar la cubierta, ya que el dejar estas hierbas de crecimiento espontáneo a su albedrío nos reportaría menores producciones de aceituna. En zonas de montaña, en el caso de existir ganado, se recomienda el pastoreo, siempre dejando entrar a los animales cuando el suelo no tenga exceso de humedad, ya que de lo contrario se compactará el terreno. En olivar de campiña, con menor pendiente media y mayores rendimientos, la cubierta se podrá tratar con herbicidas o con desbrozadoras. Los principales inconvenientes que se encuentran para el control de la cubierta aquí son:

- Siega química. Dosis más altas de herbicidas que las usadas para las cubiertas de gramíneas, con el consiguiente mayor coste económico.
- Siega mecánica. La vegetación puede evolucionar hacia especies perennes, de fácil rebrote y rastreras, todas ellas de difícil control con desbrozadora.
- Siega con pastoreo. Dejar pastar en el momento adecuado. No entrar al campo con suelo húmedo que conllevará compactaciones.

Cubierta vegetal espontánea **Puntos Clave**

Crecimiento espontáneo de todas las adventicias (“otoñada”)
Tratamientos selectivos contra hoja ancha, en caso de manejar hacia gramíneas (Nov.-Feb)
Fertilización Nitrogenada (50 UF, Oct.-Nov.)
Siega en bandas (Marzo) Vigilar la presencia de malas hierbas de difícil control (malvas, coniza, pepinillo)

Cubierta vegetal sembrada

Cubierta vegetal sembrada de gramíneas (cebada, ballico, bromo, otras)

Este tipo de cubierta ha sido estudiado en Andalucía, con experiencias exitosas. El manejo es similar al caso anterior, de hecho el caso sería en la práctica muy similar, si se hace un direccionamiento de las espontáneas hacia las gramíneas. Esta cubierta se compone de una o varias especies. La siembra se realiza con una sembradora convencional o lo que es más económico, a voleo o con una abonadora centrífuga. En este caso será recomendable, siempre que la pendiente de la finca lo permita, pasar una rastra superficial para enterrar la semilla. No se necesitan semillas certificadas, por lo que se pueden conseguir a un precio económico.

Se recomiendan particularmente para olivares cuyos suelos tengan un alto grado de erosión o que hayan sido previamente manejados en no-laboreo, pero sin cubierta. En estos casos la presencia de las malas hierbas típicas del laboreo de desarrollo en primavera, de difícil control, hacen recomendable introducir la cubierta sembrada, que competirá con las especies presentes en el campo, haciendo disminuir el número de malas hierbas nacidas (figura 4).



Figura 4. Cubierta de ballico a todo terreno. Los ruedos se mantienen limpios mediante la aplicación de herbicidas

En el caso de ser especies cultivadas (avena, cebada, centeno, entre otras) la dosis orientativa es de 100 por hectárea de cubierta vegetal (50 kg por hectárea de terreno). Si sembramos especies espontáneas (ballico, cebadillas, bromo, etc.), será de unos 15 kg por hectárea de cubierta, 7,5 kg por hectárea de terreno (AEAC/SV, 2001).

Cubierta vegetal sembrada de gramíneas **Puntos Clave**

Operación de siembra (Septiembre)

Fertilización Nitrogenada (50 UF, Oct.-Nov.)

Siega (Marzo)

Vigilar la presencia de malas hierbas de difícil control (malvas, coniza, pepinillo)

Cubierta vegetal sembrada de leguminosas (veza, trébol, otras)

Este tipo de cubiertas han sido poco estudiadas, si bien tienen un alto interés medioambiental por fijar nitrógeno y fertilizar de esta manera el cultivo. En olivares ecológicos se puede aprovechar esta fijación, pudiendo controlarse con medios mecánicos o con pastoreo (AEAC/SV, 2001). El problema que presentan es que no son lo suficientemente persistentes en el campo. Este inconveniente las hace poco recomendables en general, ya que no harán frente a los procesos erosivos durante todo el periodo de lluvias, otoño-primavera.

Normalmente, el control herbicida de malas hierbas es más difícil y costoso de llevar a cabo que en las de gramíneas. Sin embargo, la siega mecánica se lleva a cabo con eficiencia en cubiertas de leguminosas, sobre todo con especies con poca capacidad de rebrote como la veza, y siempre que las siegas sean muy tardías (después de marzo y con la planta en floración).

Cubierta vegetal sembrada de crucíferas (mostaza blanca, oruga, otras)

Hasta ahora en olivar el uso de cubiertas vegetales de especies crucíferas no había sido desarrollado, y sin embargo se muestra como una alternativa muy adecuada, por un lado por la necesidad de encontrar especies capaces de entrar en rotación con las cubiertas de gramíneas, ya que tras varios años de utilización de la misma especie como cubierta, hay un deterioro de la misma y disminución de la protección al suelo, compactación e inversiones de flora hacia especies de difícil control. Por otro lado, por las numerosas ventajas que presentan estas especies como:

- Son especies conocidas por los agricultores (los típicos jaramagos), y es frecuente encontrar muchas de ellas de forma espontánea en los olivares.

- Suelen presentar crecimiento rápido y abundante producción de biomasa, características indispensables para un adecuado control de la erosión.
- Al ser especies que mayoritariamente inician su ciclo en invierno, convivirían con el cultivo en una época de alta precipitación y escasa evapotranspiración, y por tanto habría baja competencia por agua con el olivo; en primavera, cuando el balance hídrico empezara a ser negativo, la cubierta sería eliminada.
- Muchas de ellas cuentan con un potente sistema radicular que favorece la infiltración de agua aumentando el almacén de ésta en el suelo y las hace especies muy prometedoras para descompactar el suelo en profundidad (Wolfe, 2000).
- Su enorme potencial como especies que controlan *Verticillium dahliae* (Davis *et al.*, 1996; Shetty *et al.*, 1999), actualmente la mayor amenaza fitopatológica del olivar, así como otras enfermedades de suelo (Smolinska & Horbowicz, 1999), malas hierbas (Boydston & Hang, 1995; Al-Khatib *et al.*, 1997) y nematodos (Mojtahedi *et al.*, 1993) gracias a su contenido en glucosinatos, compuestos azufrados derivados del metabolismo secundario de las plantas con gran poder herbicida, insecticida, nematocida y fungicida.

Según datos recientes de dos campañas (Alcántara 2005), la especie silvestre mostaza blanca (*Sinapis alba*) destaca por su buena emergencia y alta cobertura (en torno al 70%) mostrándose muy adaptada a las condiciones del olivar. También mostró una adecuada cobertura oruga (*Eruca vesicaria*) (50%), y la moriscola (*Moricandia moricandoides*) algo menor (35%). Las especies crucíferas cultivadas evaluadas como cubiertas mostraron mayores problemas en la instalación y desarrollo.

En el manejo mediante siega mecánica de cubiertas vegetales de mostaza blanca el contenido de agua en el suelo mejoró respecto a un sistema de no laboreo con suelo desnudo cuando se realizaron dos cortes a la cubierta (Alcántara, 2005), uno antes de la floración (en torno al mes de febrero), dejando la cubierta a una altura de 40-50 cm para limitar la transpiración y otro definitivo, segando la cubierta a ras de suelo y dejando los restos sobre la superficie, que se realizará en función de las condiciones climáticas del año pero en ningún caso antes del mes de abril. Esta siega previa a la definitiva no será necesaria en el manejo de cubiertas vegetales de oruga por ser una planta de menor porte y que consume menor cantidad de agua, por el contrario muestra gran capacidad para rebrotar por lo que la siega definitiva no debe ser muy temprana.

Sin embargo, determinar el momento adecuado de siega de la cubierta para evitar la competencia por agua con el olivo es complicado, especialmente con un manejo mediante siega mecánica, ya que son muchos los factores a tener en cuenta, por lo que es difícil dar unas pautas comunes que sirvan para todos los lugares y años climáticos. Con siegas muy tempranas se produce una disminución importante del contenido de agua en el suelo durante la primavera y el verano, debido al rebrote en las cubiertas, a la rápida

descomposición de los restos, y a la proliferación de malas hierbas. En cambio, las siegas tardías dan lugar a escaso o nulo rebrote, a una gran producción de biomasa y elevada persistencia de los restos, proporcionan una cobertura adecuada del suelo, evitando la aparición de malas hierbas de ciclo primavera-verano y conservando la humedad del mismo. Sin embargo tampoco podemos retrasar demasiado la siega en años poco lluviosos. El conocimiento global de todos estos factores es el que proporcionará al técnico o al agricultor un criterio adecuado para definir el momento de siega en cada caso concreto.

No se tienen datos del manejo de estas especies mediante siega química, aunque previsiblemente, darían un buen control herbicidas con glifosato, a bajo volumen y de bajo impacto ambiental. Para determinar la fecha de siega química de estas especies harían falta estudios de balance de agua en el suelo. La cubierta vegetal de mostaza blanca es una buena alternativa para la rotación de cubiertas de gramíneas u otros tipos de cubierta en olivar, ya que ha mostrado un magnífico comportamiento en las condiciones del cultivo, con buena emergencia, excelente cobertura y alta producción de biomasa. Su escasa capacidad de rebrote tras la siega mecánica, el buen control de malas hierbas de ciclo primavera-verano y su alta capacidad competitiva nos permitiría reducir el uso de herbicidas en olivar.

Cubierta vegetal sembrada de mostaza blanca

Puntos Clave

Operación de siembra (Otoño)

Siega mecánica: 2 cortes

1º antes de floración dejando la cubierta a una altura de 40-50 cm

2º y definitivo a ras de suelo en Abril

Vigilar la presencia de malas hierbas de difícil control (malvas, coniza, pepinillo)

Cubiertas inertes

Se componen de elementos no vivos, a diferencia de las tratadas hasta ahora. Pueden ser restos de poda triturados, hojas de limpia o piedras.

Restos de poda triturados y hojas de limpia

Consisten en el esparcimiento de los restos de poda triturados o de algún subproducto del olivar (figura 5). Es conveniente tener en cuenta que no se deben incorporar al suelo con labores, sino dejarlos en la superficie. Al descomponerse lentamente, brindan una protección prolongada y suficiente del suelo. Con el paso del tiempo se puede crear una capa de varios centímetros que incrementa la infiltración de agua en el suelo. Se recomienda el control de adventicias mediante herbicidas apropiados, al ser complicado el

manejo del ganado y por medios mecánicos en este caso. Los restos de poda aumentan de la materia orgánica en las capas superficiales del suelo, incrementan el contenido de agua en el suelo y mejoran la estructura del perfil del suelo en sus primeros centímetros.

También se ha empleado como material de cobertura restos vegetales provenientes de la limpieza de la aceituna en la almazara (sobre todo hojas). Este tipo de cubierta es muy similar al de restos de poda triturados. Hay que tener la precaución de que el material no contenga plagas ni enfermedades.



Figura 5. Cubierta de hojas procedente de la limpia de la aceituna en almazara.

Piedras

Este tipo de cubiertas sólo es recomendable en fincas donde ya haya piedras, por el elevado coste que supone su compra y distribución. La disposición de piedras incrementa los contenidos de agua en el suelo, al producirse menos erosión y aumentar la infiltración. Se disminuye la evapotranspiración, consiguiendo mantener más agua por esta vía también.

El manejo general de la finca no empeora. Se deben controlar las adventicias con herbicidas o pastoreo, no es recomendable emplear desbrozadoras en este caso.

CONSIDERACIONES FINALES

La técnica de cubiertas vegetales en olivar se presenta como una opción sostenible y recomendable para el olivar andaluz. Los beneficios agronómicos y medioambientales que reportan, unido al favorecimiento en el cumplimiento de la condicionalidad y buenas prácticas agrarias, para el cobro de ayudas europeas, sitúan el uso de cubiertas en olivar en plena actualidad.

Es indudable que no existe la cubierta vegetal ideal, ni todas van a ser adecuadas para un objetivo concreto. El éxito del sistema va a depender de la elección de la especie, y habrá que tener en cuenta diversos factores. En primer lugar es necesario determinar las deficiencias que queremos corregir y conocer las particularidades del cultivo en el que vamos a establecer la cubierta; la especie elegida debe adecuarse al ciclo del cultivo y no suponer un obstáculo para realizar las operaciones del mismo. En segundo lugar debemos tener en cuenta las preferencias del agricultor hacia aquéllas con las que esté más familiarizado en cuanto a su ciclo y manejo (Saavedra, 2003).

Con estas salvedades, se recomienda la cubierta de gramíneas por su biomasa, buena persistencia de restos en el suelo, fácil control con productos de baja toxicidad y bajas dosis y su conocimiento por el agricultor. Según recientes estudios, sería interesante tomar en cuenta las especies crucíferas en rotación, en especial mostaza blanca, que puede controlarse bien mecánicamente.

Agradecimientos

Al Convenio Específico entre la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía y la Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos “Desarrollo de un Programa de Seguimiento para la Evaluación de la aplicación de las medidas de fomento de Cubiertas Vegetales en el Olivar de Andalucía” por financiar actividades de I+D en olivar en Andalucía.

A todo el equipo de malherbología del CIFA de Córdoba dirigido por Dra. Milagros Saavedra Saavedra en el que se ha desarrollado todo el trabajo de selección y puesta a punto del manejo de especies crucíferas como cubiertas vegetales en olivar, subvencionado por el proyecto CAO019-C5-2.

Bibliografía

- Alcántara C (2005) *Selección y manejo de especies crucíferas para su uso como cubiertas vegetales en olivar*. Tesis Doctoral. Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales. Universidad de Córdoba.
- Alcántara C, Sánchez S y Saavedra M (2004) *Siega mecánica y capacidad de rebrote de cubiertas de crucíferas en olivar*. Phytoma 155,14-17.

- Al-khatib K, Libbey C & Boydston R (1997) *Weed suppression with Brassica green manure crops in green pea*. Weed Science 45, 439-445.
- Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos (AEAC/SV) (2001). *Agricultura de Conservación en el olivar: Cubiertas vegetales*. AEAC/SV. Córdoba. 36 pp.
- Boydston RA & Hang A (1995) *Rapeseed (Brassica napus) green manure crop suppresses weeds in potato (Solanum tuberosum)*. Weed Technology 9, 669-675.
- Davis JR, Huisman OC, Westermann DT, Hafez SL, Everson DO, Sorensen LH & Schneider AT (1996). *Effects of green manures on Verticillium wilt of potato*. Phytopathology, 86, nº 5, 444-453.
- Mojtahedi H, Santo GS, Wilson JH & Hang AN (1993). *Managing Meloidogyne chitwoodi on potato with rapeseed as green manure*. Plant Disease 77, 42-46.
- Saavedra M (2003) El Manejo de la Cubierta Vegetal en el Control de la Erosión en Olivar. En: Bienes R & Marqués MJ (eds.) *Perspectivas de la Degradación del Suelo. I Simposio Nacional sobre el Control de la Erosión y Degradación del Suelo*, Madrid, p 43-54.
- Shetty KG, Subbarao KV, Huisman OC & Hubbard JC (2000) *Mechanism of broccoli-mediated Verticillium wilt reduction in cauliflower*. Phytopathology 90 (3), 305-310.
- Smolinska U & Horbowich M (1999) *Fungicidal activity of volatiles from selected cruciferous plants against resting propagules of soil-borne fungal pathogens*. Journal of Phytopathology 147, 119-124.
- Wolfe D (2000) *Summer covers relieve compaction*. En: Clark A (coord.) *Managing Cover Crops Profitably*, 2ª ed, Sustainable Agriculture Network, Beltsville p 84.

CAMBIOS EN LA FERTILIZACIÓN DEL OLIVAR INDUCIDOS POR LA PRESENCIA DE UNA CUBIERTA VEGETAL

P. González Fernández, R. Ordóñez y M. Pastor
CIFA "Alameda del Obispo". IFAPA. Junta de Andalucía.

INTRODUCCIÓN

El olivo es un árbol adaptado al clima Mediterráneo. Su crecimiento y producción se acomodan a los ciclos más favorables para el desarrollo. En circunstancias adversas es capaz de hacer un eficiente uso de las reservas de agua y nutrientes del suelo y del propio árbol.

Una de las principales características del clima Mediterráneo es la estacionalidad de las lluvias, que se agrupan en dos periodos húmedos que suceden en el otoño-invierno y

primavera, con un acusado periodo seco en el verano. En el diagrama de la (figura 1) se puede apreciar esta distribución de lluvias y cómo los meses con las mayores temperaturas y por lo tanto con mayores posibilidades de desarrollo coinciden con la ausencia de lluvias.

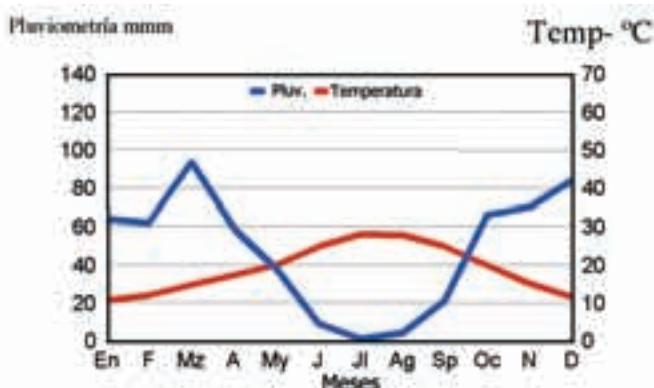


Figura 1. Diagrama ombrotérmico correspondiente al observatorio de Sevilla. La pluviosidad y temperatura medias del periodo 1932-1967 son respectivamente 18.8 °C y 571 mm (Elías, 1978).

Otra característica de este clima es la irregularidad interanual. Tomando como ejemplo la lluvia en la vega de Carmona (figura 2) se comprueba que en un periodo de 21 años (1982-2002) la lluvia recogida en el año más húmedo sobrepasa en 3.7 veces los 250.5 mm del año más seco. Se comprende que bajo este tipo de clima, el agua es el factor que limita y condiciona con mayor intensidad las producciones del olivar y su respuesta a la fertilización.

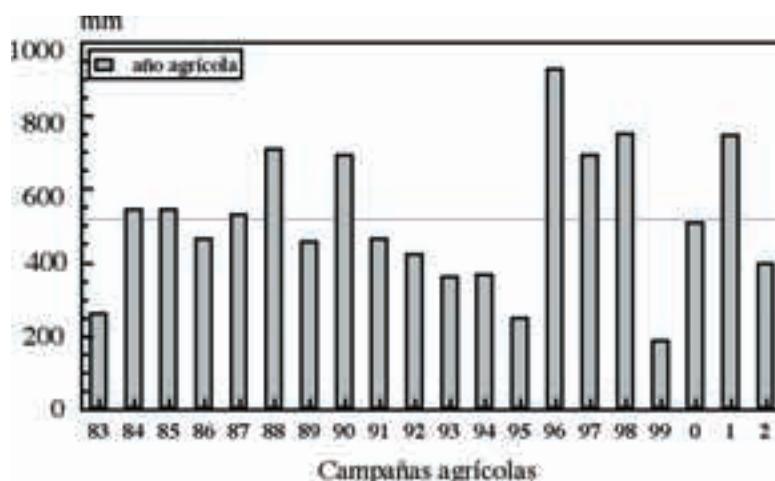


Figura 2. Pluviometría en la finca Tomejil, Carmona (Sevilla) en los años agrícolas 1982/3 al 2001/2. La lluvia media del periodo es 514 mm y su coeficiente de variación del 37%.

El siguiente factor en orden de importancia que limita de las producciones en el olivar es el nitrógeno. Lo que es lógico vistos los bajos niveles de materia orgánica que muestran la mayoría de los suelos (Parra *et al.*, 2003). La baja disponibilidad de potasio contribuye también en muchos casos al deficiente desarrollo y rendimiento de los olivos. Otros nutrientes que en determinados suelos pueden afectar las cosechas son el fósforo, el boro y el hierro, y en los suelos ácidos el calcio.

LAS MALAS HIERBAS EN EL OLIVAR Y EL LABOREO

La vegetación espontánea compite con los olivos en la absorción de agua y nutrientes. Por ello, los agricultores se han esforzado siempre en eliminarlas mediante labores, que por añadidura rompían la costra superficial del suelo y facilitaban aparentemente la infiltración del agua de lluvia. Con la introducción de los tractores, las ligeras labores dadas con tracción animal han dado paso a unas labores más agresivas y frecuentes. Realizadas con una maquinaria más pesada que en muchos casos voltean el suelo y propician la creación de una suela de labor que en muchos casos sella los poros y compacta el horizonte subsuperficial.

La intensificación del laboreo ha acelerado la pérdida de materia orgánica y el suelo se ha vuelto más erosionable. La magnitud que alcanza la erosión en los olivares es tal que es frecuente encontrar localidades donde se superan pérdidas de suelo de 80 toneladas por hectárea y año. Estas elevadas tasas de erosión no sólo disminuyen la fertilidad natural del suelo y arruinan las obras civiles aguas abajo, sino que junto con las partículas finas arrastradas por el agua se pierde una ingente cantidad de fertilizantes y otros productos fijados en las arcillas y materia orgánica que pueden contaminar el agua de escorrentía.

EFFECTOS DEL CESE DEL LABOREO SOBRE EL SUELO AGRÍCOLA

Cuando disminuyen las labores y cesa el volteo del suelo su estructura mejora lentamente y se incrementa el contenido en materia orgánica; en especial aumentan aquellas fracciones orgánicas menos descompuestas y más jóvenes, que son las principales responsables de la formación de macroagregados y su estabilidad.

En los suelos agrícolas en siembra directa el cese de las labores suele contribuir en mayor medida al incremento de materia orgánica que las aportaciones que pueda recibir de los restos vegetales esparcidos en la superficie, tal como han comprobado Hooker *et al.* (2005) e Imaz (2005) en distintos ambientes.

En el olivar, los ensayos de larga duración de cultivo con suelo desnudo han demostrado que, en general, las producciones medias de aceite aumentan (Pastor, 1990; Pastor *et al.*, 1996), excepto en suelos donde se produce el sellado de la superficie por el impacto de las gotas de lluvia que produce excesivas escorrentías. La ausencia de labores facilita un mayor y más superficial desarrollo de las raíces de los olivos con lo que aumenta el volumen de suelo explorado y la disponibilidad de agua y nutrientes a la par que mejora su estructura. Los problemas creados por el aumento de la escorrentía, consecuencia de una menor velocidad infiltración del agua de lluvia, hacen que este sistema de manejo del olivar de almazara no sea recomendable en olivares con pendientes acusadas o cuando éstas tienen una cierta longitud, así como en suelos con una estabilidad estructural deficiente.

Efectos de las cubiertas sobre el suelo agrícola

En los cultivos herbáceos el establecimiento de la siembra directa sobre la cubierta proporcionada por los restos de las cosechas anteriores modifica intensamente los primeros centímetros del suelo. Se mejora su estructura y la actividad biológica aumenta, hasta tal punto que en inviernos no fríos y húmedos la mayoría de la cubierta sufre una intensa degradación (figura 3).

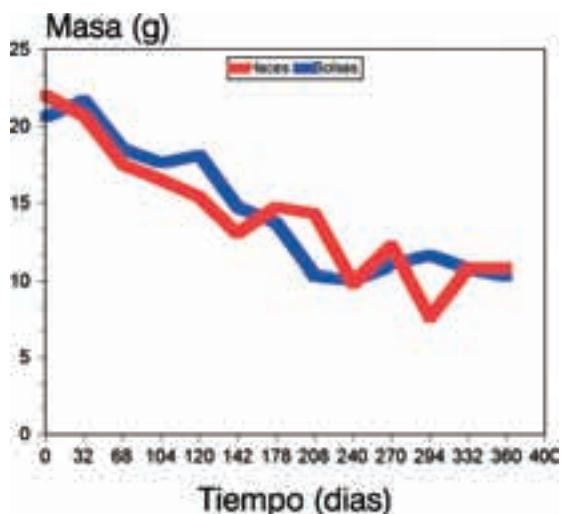


Figura 3. Progresiva degradación de una cubierta de paja de cereal sobre el suelo en Córdoba (Giráldez *et al.*, 1995)

Como consecuencia de la mineralización de los mencionados restos vegetales, del abonado distribuido sobre la superficie y de la ausencia de volteo, se produce una intensa estratificación de la materia orgánica y de los nutrientes en el perfil del suelo. Así, en un suelo arcilloso tras 12 años en siembra directa, situado en la Vega de Carmona (Sevilla), entre otras mejoras, se incrementó la materia orgánica en los 3 primeros centímetros del 1.37% al 1.97% y el fósforo y el potasio disponibles también aumentaron, respectivamente de 7 y 634 ppm a 34 y 1064 ppm.

LAS CUBIERTAS EN EL OLIVAR Y SU RELACIÓN CON EL ABONADO

El empleo de las cubiertas en olivar, tal como sugirió Pastor (1987), es un loable intento de frenar las intensas pérdidas de suelo por erosión y regenerar su calidad. La presencia de la cubierta exige la ausencia de labores que, como se ha dicho, favorece el incremento de la materia orgánica, una mayor estabilidad de los agregados y una intensificación de la actividad biológica. La cobertura vegetal aumenta la infiltración, disminuye la evaporación y protege la superficie del sellado de los poros producido por el impacto de las gotas de lluvia. Esto es, aumenta la fertilidad del suelo.

Los tipos de cubierta pueden ser muy variados. Pastor *et al.* (1996) distinguen tres:

- Las cubiertas con restos vegetales o materiales inertes
- Las cubiertas vivas con vegetación espontánea
- Las cubiertas vivas sembradas

Las cubiertas con materiales inertes (por ejemplo: piedras) no compiten con el olivo. Los restos vegetales más o menos degradables que suelen tener una elevada relación C/N sí pueden originar el secuestro e inmovilización temporal de nutrientes, al menos en los primeros años de su reparto sobre el suelo. Los restos de poda se utilizan cada vez más como cubierta en las calles del olivar y constituyen un buen ejemplo de este tipo de material. En la tabla 1 se puede apreciar la composición media de los restos picados y del material que cubre el suelo en un olivar después de seis años con este manejo.

3. Cambios en la fertilización del olivar inducidos por la presencia de una cubierta vegetal

Tabla 1.- Composición de los restos de poda utilizados como cubierta frescos y parcialmente degradados al cabo de seis años de manejo. Porcentajes elaborados a partir de los datos de Ferreira (1978) y Ramos (1999).

Componentes	N%	P%	K%
Ramón, tallos y hojas frescos	1.0	0.09	0.78
Restos de poda parcialmente degradados	1.7	0.21	0.32

La implantación y el manejo de las cubiertas vivas presentan ciertas dificultades. Las principales son: establecerlas correctamente, conservar los restos el máximo tiempo sobre el terreno y lograr que no compitan con el olivo por agua y nutrientes.

La figura 4 puede ilustrar la evolución de las reservas de agua en un suelo de olivar y el momento en que las cubiertas vivas pueden restar agua al olivo. Para su elaboración se ha supuesto una reserva de agua útil en el perfil de 100 mm, cantidad superior a la presente en muchos suelos de olivar sobre suelos poco profundos y materiales de texturas gruesas. En el gráfico se observa cómo durante los meses de diciembre, Enero, Febrero y Marzo hay agua en exceso y a partir de este mes la evapotranspiración supera la lluvia media y las reservas disminuyen hasta agotarse en Junio. Por tanto, la cubierta viva deberá controlarse mediante siega química u otro medio al final del invierno, en fechas que dependerá de la pluviometría de ese año. Normalmente hacia mediados de Marzo y permitiendo después que los restos protejan el suelo, no incorporándolos mediante una labor.

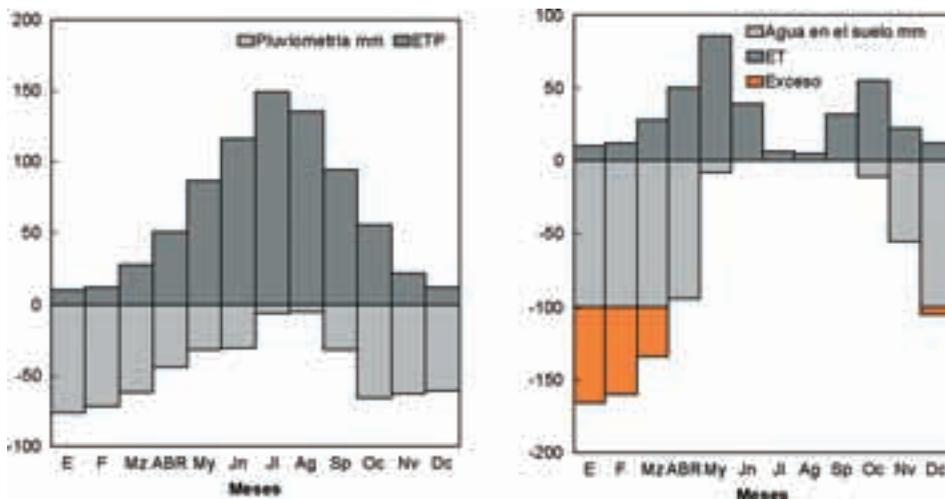


Figura 4.- Balance de agua en el perfil de un suelo situado en Alcántara (Cáceres). Datos elaborados con la media del periodo 1938-1970 a partir de datos proporcionados por Elías (1978).

Saavedra y Pastor (2002) recomiendan las cubiertas vivas con gramíneas por ser más fáciles de controlar con dosis bajas de herbicidas no residuales y por la mayor resistencia a la degradación de sus restos vegetales, que protegen el suelo durante más tiempo. Si se elige establecer la cubierta a partir del banco de semillas existente en el suelo, estos autores recomiendan eliminar las dicotiledóneas mediante el uso de herbicidas selectivos aplicados sobre la cubierta con plantas espontáneas cuando éstas alcancen unos 10- 15 cm. Una vez seleccionadas las gramíneas, éstas se deberán abonar con nitrógeno para favorecer su rápida implantación y desarrollo, evitando así la competencia temporal con el olivo.

Dado que el nitrógeno es el nutriente más deficitario en los olivares la cubierta con leguminosas parecería ideal, pues una vez controlada dejaría una reserva de nitrógeno en el suelo a disposición del olivo. Este tipo de cubierta (veza, carretones, tréboles subterráneos, lupinos...) puede aportar nitrógeno al olivar. Ortega Nieto (1963) demostró como en un olivar de Jaén el cultivo intercalar de veza cada dos años suplía el nitrógeno suficiente para el olivar estudiado. No obstante la escasa persistencia de sus restos y las mayores dificultades para controlar las malas hierbas no deseadas, no las aconsejan desde el punto de vista de la protección contra la erosión (Saavedra y Pastor, 2002).

En caso de querer favorecer las leguminosas autóctonas no sería recomendable el abonado con nitrógeno y sí el fosfatado. En un reciente avance, tras tres años de ensayo en un olivar de Toledo, el control de la vegetación con desbrozadora ha favorecido la presencia de leguminosas espontáneas, en especial las de porte rastroso (Pastor *et al.*, 2000) y también de una indeseada gramínea: la grama, lo que evidencia las dificultades que presentan este tipo de manejo.

Cuando se utilizan cubiertas vivas sembradas con cereales (cebada, avena, centeno,...) o gramíneas silvestres (ballico, bromo, cebadillas,...) interesa un desarrollo precoz; para ello se recomienda sembrar lo antes posible y favorecer el desarrollo vegetativo mediante una aplicación de nitrógeno en cobertera temprana. De este modo cuando se efectúe la siega habrá una abundante biomasa lignificada y una cobertura adecuada que asegurará la persistencia de los restos vegetales.

LA FERTILIZACIÓN DE LAS CUBIERTAS VEGETALES EN EL OLIVAR

Las cubiertas se pueden establecer en ambientes muy diferentes, con suelos, pendientes y climas distintos. Por tanto, se puede comprender la dificultad de dar recomendaciones generales. Las orientaciones que se dan a continuación son sólo orientativas, basadas en la experiencia sobre este tema se tiene. El agricultor con su buen sentido ha de acomodarlas a su circunstancia.

La fertilización de las cubiertas es complementaria de la aplicada normalmente al olivar. El abonado del olivar no se ha de modificar. Se recuerda el consejo que dan Parra *et al.*

(2003) relativo al reparto lo más homogéneamente posible del abono sobre la superficie del olivar, si este no se inyecta.

Fertilización de las cubiertas con restos orgánico

Los restos de poda troceados en el centro de las calles y materiales similares, que tienen una alta proporción C/N, normalmente mayor de 25, pueden provocar inmobilizaciones temporales de nitrógeno que dificulten su disponibilidad para el olivo. Dicho efecto se acentúa al inicio de este sistema de manejo de restos, cuando todo el material vegetal sobre el suelo es fresco. Para evitar esa competencia por el nitrógeno y facilitar la humificación de los restos se recomienda incrementar en unas 50 unidades de nitrógeno por hectárea de cubierta los primeros años las dosis recomendadas para el olivar. Si la cubierta ocupa el 50 % de la superficie, la dosis sería 25 unidades nitrógeno por hectárea de olivar, cantidad que se aplicaría si es posible junto con el abonado usual del olivar.

Fertilización de las cubiertas vivas con gramíneas

Al elegir como cobertura de un cultivo de gramíneas se ha de vigilar que éstas no consuman el agua y los nutrientes necesarios para el olivo. En la figura 5 se observa cómo la presencia de la cubierta de cebada viva disminuyó rápidamente el nitrato de disponibles en los primeros 60 cm de suelo del olivar. En el caso estudiado, a partir de primeros de Marzo el nivel de nitratos en el suelo con cubierta es inferior al existente en el suelo labrado. La siega química favorece la posterior mineralización del nitrógeno orgánico de la cebada, por lo que el contenido anterior en nitratos vuelve a recuperarse. Por tanto, el manejo de la fertilización complementaria y de la siega química de la cubierta ha de hacerse en el momento oportuno para evitar situaciones de competencia por nitrógeno entre la cubierta y el olivo que pueden incidir negativamente en las producciones del olivar. Para ello se recomienda aplicar un abonado sobre la superficie de la cubierta con el equivalente a 50 unidades de nitrógeno por ha de cubierta en cobertera temprana. El abonado nitrogenado debe realizarse entre los meses de Octubre y Noviembre, antes de unas lluvias moderadas que permitan su incorporación al suelo y minimicen las pérdidas por volatilización de nitrógeno si se utilizan fertilizantes amoniacales o urea. Una cubierta densa de gramíneas actúa como un eficaz sumidero de nitratos y otros nutrientes móviles que se perderían en los suelos sin cobertura vegetal viva por lavado (y escorrentía) durante los periodos con exceso de lluvias.

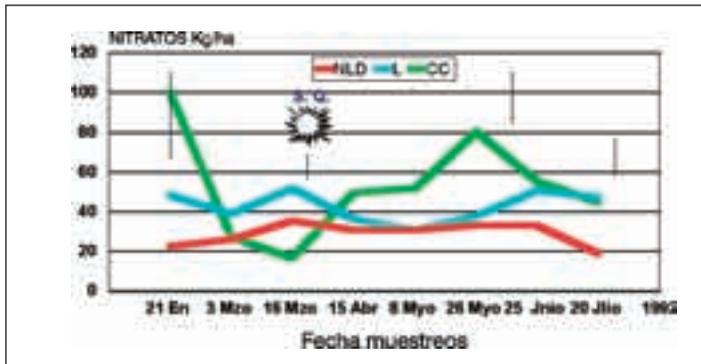


Figura 5.- Evolución del nitrógeno disponible (nitrato) en los primeros 60 cm de olivar con tres manejos distintos: L laboreo convencional, NLD no laboreo con suelo desnudo y CC con cubierta de cebada entre calles controlada con siega química SQ (Castro, 1993).

Fertilización de cubiertas vivas con leguminosas

En el caso de sembrar una leguminosa se podría prescindir del abonado nitrogenado y sustituirlo por un abonado fosforado a fosforado-potásico, si el suelo lo precisa, en dosis aproximadas a 30 unidades de P_2O_5 y 30 de K_2O . A veces el contenido en materia orgánica del suelo del olivar es tan bajo que para asegurar un desarrollo inicial de las leguminosas satisfactorio es necesario fertilizar con una dosis baja de nitrógeno que ayude el establecimiento de las plántulas hasta que éstas nodulen. En estos casos se podría aplicar 25-50 unidades de nitrógeno en forma similar al descrito para las gramíneas. Cuando se siembre una mezcla de cereal-veza el abonado debe incluir una dosis de nitrógeno en las cantidades y forma descritas anteriormente; en este caso hay que vigilar con especial cuidado el momento de siega, ya que este tipo de mezclas producen una gran cantidad de biomasa y un gran consumo de agua.

En los olivares ecológicos

Las cubiertas vivas se pueden abonar con algunas de las enmiendas permitidas y ricas en nutrientes, que aporten las cantidades arriba descritas. En los casos de cubiertas controladas por el ganado hay que tener en cuenta que el suelo recibe de forma directa cierta estercoladura.

Bibliografía

- Castro, J. 1993. *Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas*- Tesis doctoral. Dpto. de Agronomía. Univ. de Córdoba.
- Elías, F. 1978. *Agroclimatología de España*, M. Agric. Ed. Cuaderno INIA nº 7.

3. Cambios en la fertilización del olivar inducidos por la presencia de una cubierta vegetal

- Ferreira, J. 1978. INIA. *Estación de Olivicultura y Elaiotécnica*. Jaén.
- Franzluebbers, A.J. 2002. *Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality*. Soil and Tillage Res. 66: 95-106.
- Giráldez, J.V., González, P., Ordóñez, R., de Haro, J.M. y Laguna, A. 1995. *Nutrient enrichment and straw evolution under reduce tillage in heavy clay soil of southern Spain*. Concert Action nº Air 3-CT 93-1464. EC- Workshop II. Silsoe 15-17 May: 69-80.
- Hooker, B.A., Morris, T.F., Peters, R. y Cardon Z.G. 2005. *Long-term effects of tillage and corn stalk return on soil carbon dynamic*. Soil Sc. Soc. Am. J. 69: 188-196.
- Imaz, M.J. 2005. *Determinación y selección de indicadores de calidad del suelo para la evaluación de sistemas de Agricultura de Conservación en cultivo de cereal de zonas semiáridas en Navarra*. Tesis Doctoral. Universidad Pública de Navarra. 188 pp.
- Ortega-Nieto, J.M. 1963. *Valor fertilizante del nitrógeno mineral y orgánico en el olivo*. Dirección Gral. de Agricultura. M.A. Madrid.
- Parra, M.A., Fernández-Escobar, R., Navarro, C. y Arquero, O. 2003. *Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas*. Junta de Andalucía y Mundi-Prensa. Ed. Madrid. 256 pp.
- Pastor, J., Lacasta, C. y Hernández, A.J. 2000. *Evaluación de las cubiertas vegetales en el olivar de una zona semiárida del centro de España*. Edafología. 7-2: 165-175.
- Pastor, M. 1987. *Sistemas de manejo de suelo en el olivar: cultivo sin laboreo. Situación actual*. Dirección Gral. de Investigación Agraria. Junta de Andalucía (Ed). Colección Divulgación HD 4/87. 29 pp.
- Pastor, M. 1990. El no-laboreo y otros sistemas de laboreo reducido en el cultivo del olivar. Dirección Gral. de Investigación Agraria. Junta de Andalucía (Ed). *Comunicaciones Agrarias*. Serie producción vegetal nº 8. 78 pp.
- Pastor, M., Castro, J. y Humanes, M.D. 1996. *Criterios para la elección de sistemas de cultivo en el olivar*. Dirección Gral. de Investigación Agraria. Junta de Andalucía (Ed). *Informaciones Técnicas* 38/96. 59 pp.
- Ramos, F.J. 1999. *Influencia de la aplicación continuada de restos de poda de olivo sobre las propiedades del suelo*. Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM. Univ. de Córdoba. 119 pp.
- Saavedra, M. y Pastor, M. 2002. *Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de malas hierbas y herbicidas*. Editorial Agrícola Española.

INFLUENCIA DE LAS CUBIERTAS VEGETALES VIVAS SOBRE EL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

M. Pastor Muñoz-Cobo

Área de Producción Ecológica y Medio Ambiente. IFAPA. CIFA “Alameda del Obispo”
Córdoba. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía

INTRODUCCIÓN

La erosión es el principal problema del olivar andaluz, lo que además de causar grandes pérdidas económicas debido a los daños causados en las infraestructuras (aterramiento de embalses, daños a vías de comunicación, entre otros), también afecta igualmente a la fertilidad de los suelos, por lo que reduce el potencial productivo de nuestros olivares. En la literatura especializada está bien documentado (Castro, 1993; Pastor, 2004; Gómez y Fereres, 2004) que el cultivo con cubierta vegetal reduce las pérdidas de suelo frente a otros sistemas como el laboreo convencional, mínimo laboreo o no-laboreo que mantienen el suelo desnudo durante todo el año. Sin embargo, cuando se cultiva empleando una **cubierta vegetal** viva siempre debemos tener en cuenta que en una agricultura de secano, como lo es la mayoría del olivar, en la que el agua es el principal factor limitante de la producción, debemos evitar la competencia por el agua y los nutrientes entre la cubierta y el olivo, de lo que en buena medida depende que no se afecte negativamente la producción, haciendo posible la aceptación de esta buena práctica por el agricultor. No nos engañemos, cualquier práctica de cultivo que ocasione pérdidas de rentabilidad difícilmente será aceptada por el olivarero.

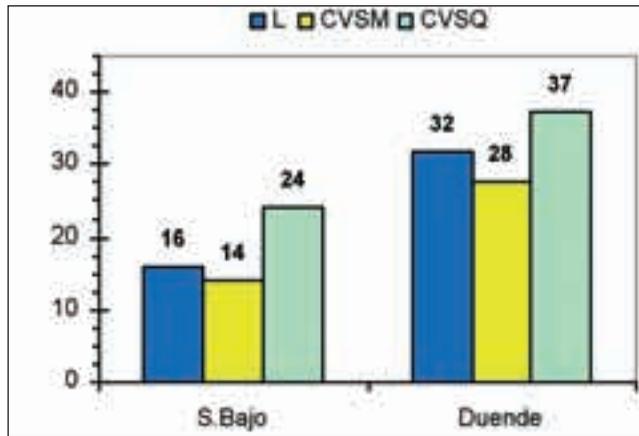


Figura 1: Producciones obtenidas en olivares tradicionales de secano en los que se han aplicado diferentes sistemas de manejo de suelo: laboreo convencional (L), cultivo con cubierta vegetal viva segada mecánicamente (CVSM) con desbrozadora a lo largo de la primavera, y cultivo con cubierta vegetal viva segada químicamente (CVSQ) empleando herbicidas no residuales. Fincas Salido Bajo (Navas de San Juan -Jaén) datos medios de 19 años y El Duende (Chilluevar-Jaén) datos medios de 9 años (Fuente: Pastor, 2004).

La figura 1 muestra datos de producción correspondientes a dos ensayos de larga duración planteados en olivares tradicionales de secano (Delegación de Agricultura de Consejería de Agricultura y Pesca de la provincia de Jaén, datos no publicados), en los que se compararon tres sistemas de cultivo: laboreo convencional (L), no laboreo con cubierta vegetal de malas hierbas con **siega mecánica** con desbrozadora a lo largo de la primavera (CVSM), y no laboreo con cubierta vegetal de malas hierbas con **siega química** en primavera empleando herbicidas no residuales (CVSQ). Los datos mostrados son muy elocuentes, demostrando que, si el manejo agronómico de la cubierta vegetal es satisfactorio, no tienen por qué ocasionarse pérdidas de producción con respecto a los sistemas como el laboreo, que mantienen el suelo desnudo y libre de vegetación durante todo el año. En condiciones de baja disponibilidad de agua, circunstancia que se da en los olivares de secano en la mayoría de los años, un aumento de la producción debida a la aplicación de una determinada práctica de cultivo debe interpretarse como un aumento de la disponibilidad de agua. De los datos mostrados en la mencionada figura 1 se deduce que a lo largo del periodo vegetativo los olivos cultivados con CVSQ son los que han dispuesto de mayor cantidad de agua, mayor que en laboreo convencional. Parece que los árboles en los que se ha empleado CVSM son los que han dispuesto de menor cantidad de agua debido a la competencia entre la cubierta vegetal y el cultivo como consecuencia de la transpiración de las malas hierbas, ya que proliferaron de especies perennes (grama fundamentalmente) que rebrotaron inmediatamente después de realizarse la siega, y especies anuales de porte rastrero, no afectadas por el mecanismo de

4. Influencia de las cubiertas vegetales vivas sobre el contenido de agua en el suelo

corte de la desbrozadora, por lo que la cubierta siguió consumiendo agua del suelo a lo largo de la primavera en detrimento del cultivo, lo que se tradujo en una significativa pérdida de producción.



Figura 2. Olivares tradicionales adultos de secano cultivados, a la izquierda, en no-laboreo con suelo desnudo, en donde las malas hierbas se controlan mediante la aplicación de herbicidas. A la derecha cultivo, en invierno, con una cubierta natural de malas hierbas en el centro de las calles, se ha aplicado herbicida en otoño para mantener libre de vegetación la línea de plantación y bajo la copa de los árboles. Probablemente la banda de cubierta es demasiado estrecha.

Estos datos ponen en evidencia que el cultivo con cubierta vegetal puede ser viable en el olivar de secano, incluso en los años secos (Pastor, 2004), pero que dicha viabilidad depende del manejo que hagamos de la cubierta, dependiendo su optimización del tipo de cubierta empleado, del sistema de siega y de la fecha elegida para realizar la siega de la cubierta.



Figura 3: Evolución típica anual del contenido de agua en el suelo en un olivar de secano que vegeta en un suelo profundo y arcilloso en un año de pluviometría media en la provincia de Córdoba, en el que las lluvias otoñales no se produjeron hasta el comienzo de la segunda quincena de octubre. Se muestran los valores de la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitamiento permanente (PMP), así como la evolución estacional del crecimiento de los brotes del año (año de carga), así como del tamaño del fruto y los estados fenológicos más significativos: plena floración, endurecimiento del hueso y comienzo de la maduración.

BALANCE DE AGUA EN EL SUELO

En la gran mayoría de las zonas olivereras mediterráneas la lluvia es el único aporte hídrico para el olivar. La distribución anual de las lluvias es marcadamente estacional, con un período muy seco (junio-septiembre), en el que la lluvia no cubre las necesidades del cultivo, y un período lluvioso (otoño-invierno), que en el año medio aporta el 70-80 % de la pluviometría total anual. En el período diciembre-marzo, y como consecuencia de las bajas temperaturas tiene lugar una escasa actividad vegetativa, por lo que el consumo de agua por el olivo es muy reducido. La totalidad del agua de lluvia no se almacena en el suelo, dependiendo la cantidad almacenada de diferentes factores, a los que haremos referencia más adelante. En la figura 3 vemos cómo durante la estación lluviosa el agua de lluvia infiltrada se va almacenando progresivamente en el suelo, alcanzándose valores máximos de almacenamiento (próximos a la capacidad de campo) a final del invierno (mes de marzo). Además de procurar almacenar la máxima cantidad de agua en el perfil durante el invierno, es necesario conservarla durante la primavera y verano. Las causas por las que puede perderse el agua almacenada son diversas: percolación profunda fuera de la zona explorada por el sistema radical del cultivo, evaporación directa desde la superficie del suelo a la atmósfera, transpiración de las malas hierbas o por la cubierta vegetal viva, consumo éste que en primavera puede ser muy importante (Pastor, 1989).

4. Influencia de las cubiertas vegetales vivas sobre el contenido de agua en el suelo

La figura 3 muestra igualmente la relación existente entre el contenido de agua almacenada en el suelo y el crecimiento vegetativo de los árboles (con formación de los ramos de madera portadores de la cosecha del año siguiente), la floración, el cuajado del fruto, el crecimiento de la aceituna, lo que finalmente condiciona la futura cosecha. Cuando el contenido de agua en el suelo desciende por debajo de un determinado nivel, en primer lugar cesa el crecimiento de los brotes de madera, en lo que influye igualmente la gran competencia por asimilados que se produce tras el cuajado del fruto. Durante el verano, y una vez agotada la reserva de agua del suelo, se produce un fuerte estrés hídrico en los árboles, reduciéndose la actividad fotosintética (detención del crecimiento de los frutos). El crecimiento de la aceituna no se reanuda hasta que se producen las primeras lluvias otoñales, gracias a las cuales se produce la maduración y la formación del aceite.

En la optimización del uso del agua de lluvia juega un papel importantísimo el sistema de cultivo empleado (Pastor, 2004). Durante la estación lluviosa debemos tratar de almacenar la máxima cantidad de agua en el suelo, evitando las salidas de agua fuera de la parcela: escorrentía, evaporación, transpiración de las malas hierbas o de la cubierta vegetal, etc.

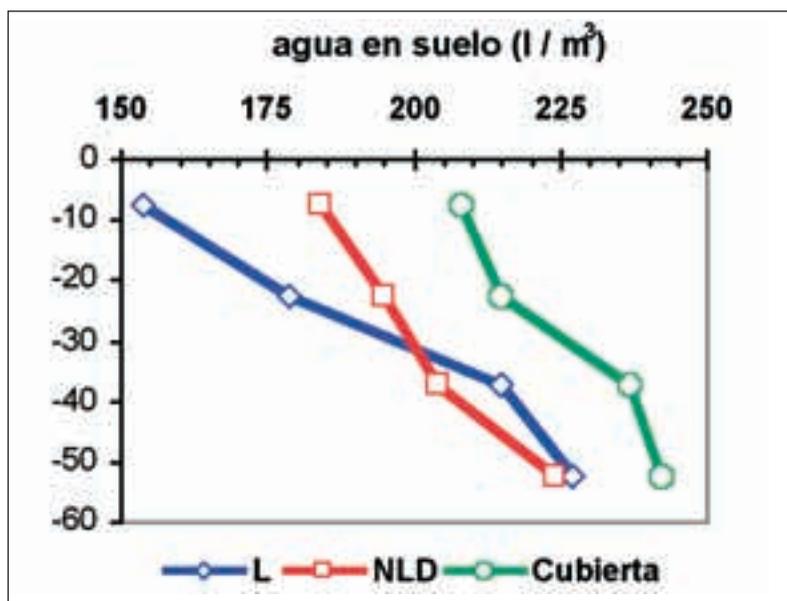


Figura 4: Contenido de agua en el suelo en un olivar de secano en el que se emplean diferentes sistemas de cultivo después de un período de lluvias de 115 mm. El manejo de suelo empleando una cubierta viva de gramíneas segada químicamente con el herbicida glifosato (16/03/92), permitió aumentar la cantidad de agua infiltrada a diferentes profundidades del suelo 14/04/92 con respecto a los sistemas de laboreo convencional (L) y no-laboreo con suelo desnudo (NLD). Suelo de textura franco-arcillo-arenosa. En el momento de la siega química el contenido de agua en el perfil había sido muy similar en los tres sistemas de cultivo.

Para una determinada pluviometría y sistema de cultivo, la cantidad de agua que se almacena en un suelo depende de: la profundidad del perfil explorada por las raíces, y de la capacidad de retención del suelo (que depende fundamentalmente de su textura), de modo que, para una similar profundidad, los suelos de textura más arcillosa son los que almacenan mayor cantidad de agua.



Figura 5: Los sistemas de cultivo influyen sobre la velocidad de infiltración del agua de lluvia en el suelo. Se muestran dos olivares de Vilches (Jaén) después de un evento de 10 mm en el mes de noviembre. Esta lluvia (izquierda) ha generado escorrentía en la parcela labrada y ruleada (práctica habitual en la comarca). La instantánea de la derecha muestra un olivar de la misma finca cultivado con cubierta vegetal de malas hierbas + herbicida bajo la copa para mantener limpios los ruedos, en el que la escorrentía ha sido prácticamente nula.

Para un determinado tipo de suelo, el volumen de **agua infiltrada** después de un evento de lluvia depende de: el **contenido de agua en el suelo** en el momento en que se producen las lluvias; del **sistema de cultivo** empleado (laboreo, no-laboreo, presencia de cubierta vegetal); del laboreo después del último evento de lluvia; la presencia de **costras** en la superficie del terreno (no-laboreo, suelos en laboreo que no han sido recientemente labrados); de la existencia de **suelas de labor** en el subsuelo; de la **pendiente del terreno**; de la **compactación de la superficie** durante la aplicación de las prácticas de cultivo (tránsito de tractores maquinaria por la parcela, tránsito de operarios durante la recolección), pastoreo ; además de la propia **variabilidad espacial de la infiltración dentro del propio olivar**, estableciéndose, para un determinado sistema de cultivo: zonas en las que la infiltración es muy alta (**bajo la copa** de los árboles); y zonas en las que la infiltración es baja (**centro de las calles** de la plantación), efecto éste que se acentúa cuando se emplean sistemas de cultivo con suelo desnudo (laboreo convencional, no-laboreo, y mínimo laboreo), en especial después de los eventos de lluvia de cierta intensidad. La rotura de la costra mediante una labor superficial mejora siempre la velocidad de infiltración (Pastor, 2004).

En un suelo con cubierta vegetal la infiltración es alta, **aumentando dicha infiltración en la medida en que aumenta el porcentaje de cobertura del suelo** por la propia

cubierta viva o por los restos vegetales una vez que se realiza la siega. La figura 4 muestra los contenidos de agua en el perfil en primavera y después de haberse producido un evento de lluvia de cierta intensidad. Vemos cómo en el suelo con cubierta vegetal (cubierta) la infiltración ha sido mayor, mientras que en laboreo (**L**) se observa el menor almacenamiento de agua, menor aún que en no-laboreo con el suelo desnudo de vegetación (**NLD**).



Figura 6: En los terrenos desnudos de vegetación se produce el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo, lo que degrada su estructura, desarrollándose a continuación una costra que es la responsable de una drástica reducción de la velocidad de infiltración.

Las razones a las que cabe imputar una mayor infiltración en un **sistema con cubierta vegetal viva**, y la consiguiente **reducción de la escorrentía**, son las siguientes:

- disminuye el número de impactos de las gotas de agua de lluvia sobre la superficie del suelo, reduciéndose asimismo la energía cinética de las gotas de lluvia, por lo que la estructura de la capa más superficial del suelo sufre una mínima degradación, evitándose así la formación de la **costra**, responsable de la drástica reducción de la infiltración;
- disminución de la velocidad del agua de escorrentía sobre la superficie del terreno, lo que hace posible un mayor almacenamiento de agua;
- aumento de la macroporosidad del suelo, lo que unido a la acción de las raíces de la cubierta contribuye a crear conductos preferenciales al agua, lo que igualmente aumenta la infiltración;

- el sistema radical de la cubierta contribuye gradualmente a lograr la descompactación de las suelas de labor, por lo que con el tiempo y en una situación de no-laboreo se mejora la infiltración en profundidad.



Figura 7: A la izquierda cubierta de malas hierbas (predomina *Diplotaxis virgata*), establecida en el centro de las calles de un olivar intensivo de la variedad 'Arbequina', inmediatamente antes de realizar la siega química con glifosato + oxifluorfen. A la derecha el mismo olivar dos meses después, se observa la cubierta ya seca por la acción del tratamiento herbicida.

Como se dijo anteriormente, una vez que el agua se ha infiltrado en el suelo debemos de tratar de conservarla y mantenerla disponible para el momento en que el cultivo la demande. La **evaporación** de agua desde la superficie del suelo es un proceso que se desarrolla sucesivamente en varias fases a partir del momento en que cesa la lluvia. En una primera fase, justo tras producirse la lluvia, hay agua disponible en la superficie del suelo y la evaporación está limitada únicamente por la energía solar disponible a nivel de dicha superficie. Una vez que se seca la superficie del terreno empieza una segunda fase en la que el factor limitante de la evaporación es el transporte de agua desde capas más o menos profundas hasta la superficie. Finalmente en una tercera fase las pérdidas se producen en forma de vapor de agua desde las capas más profundas del suelo, fase ésta que aunque tiene una menor importancia cuantitativa que las dos primeras, nunca es despreciable en la agricultura de secano. Por tanto, la evaporación del agua en un olivar depende de: la demanda evaporativa de la atmósfera; de la frecuencia con que humedecemos el suelo (frecuencia con la que se producen las lluvias); de la fracción de suelo cubierto por la copa de los árboles y de la presencia de una cubierta vegetal sobre el suelo; así como de la realización de labores que pueden aumentar de forma drástica la evaporación desde el suelo una vez que se han superado las dos primeras fases del proceso evaporativo.

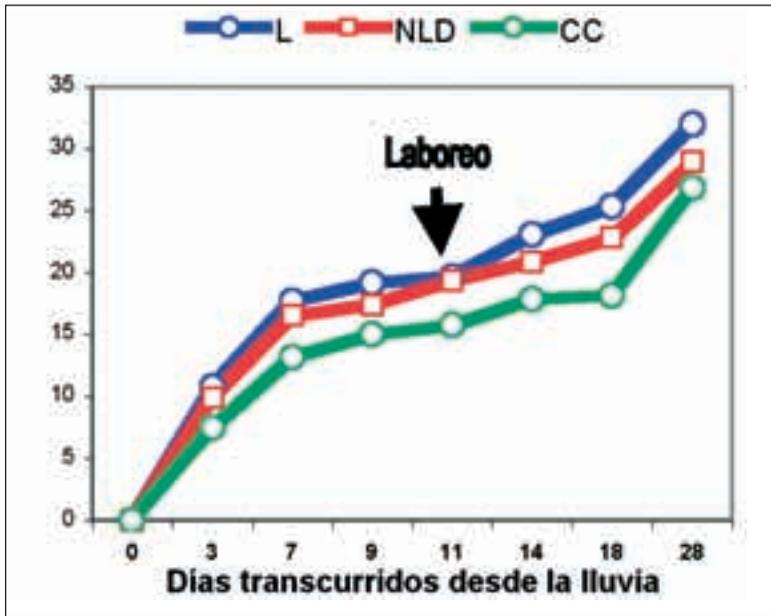


Figura 8: Velocidad de evaporación de agua desde el suelo para diferentes sistemas de cultivo: laboreo (L), no-laboreo con suelo desnudo (NLD) y cubierta vegetal después de la siega con glifosato (CC). Se muestra la evaporación ocurrida en los 15 cm más superficiales del suelo después de un evento de agua de lluvia de 50 mm. Una labor realizada 12 días después de la lluvia incrementó la velocidad de evaporación de agua en el suelo desde la parcela labrada.

En un olivar tradicional de secano con un volumen de copa de 7.000 m³/ha cultivado con suelo desnudo y con valores de $ET_0 = 1.200$ mm/año, precipitación = 575 mm, la evaporación anual desde el suelo puede alcanzar valores de 290 mm (ver procedimiento de cálculo en Orgaz y col., 2005). Por esta razón la reducción de las pérdidas de agua por evaporación puede ser fundamental, por lo que la supresión de las labores después de las lluvias parece necesario, desde este punto de vista, en especial durante los meses de primavera y otoño. Una labor de 15 cm de profundidad realizada en el mes de abril y después de unas lluvias puede suponer unas pérdidas de agua entre 15 y 25 mm con respecto a un suelo no alterado por las labores. Si persistieran las labores, lo que hace tradicionalmente el oliverero, se incrementarían las mencionadas pérdidas de agua. En cultivo con cubierta vegetal viva, después de realizarse la siega, el residuo vegetal seco que queda sobre la superficie del terreno puede ser un buen aliado en la lucha contra la evaporación, ya que durante la primera fase del proceso evaporativo reducirá la cantidad de energía solar disponible para evaporar agua, lo que se traducirá en una mayor disponibilidad de agua para el olivo. Ello está en consonancia con los datos experimentales mostrados en la figura 8 en la que podemos observar la evolución de la cantidad total de agua evaporada en la capa superficial (0-15 cm) en diferentes sistemas de cultivo desde

el momento en que se produjeron las lluvias. Vemos cómo en el suelo con restos procedentes de la siega de la cubierta vegetal (**CC**) la velocidad de evaporación fue menor, y que en el suelo que había sido labrado (**L**), estas pérdidas fueron muy considerables, mayores que en no-laboreo desnudo (**NLD**). Vemos, igualmente, cómo cuando se realizaron nuevas labores, tras alcanzarse el tempero, no se consiguió sino aumentar aún más las pérdidas de agua por evaporación.



Figura 9: *Olivar de la provincia de Sevilla cultivado en no-laboreo con cubierta inerte de restos de poda triturados en el centro de las calles. La vegetación adventicia se controla con herbicidas, lo que unido al efecto herbicida de la propia cubierta reduce drásticamente la emergencia de malas hierbas.*

ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO EFICIENTE DE UNA CUBIERTA VEGETAL EN OLIVAR DE SECANO

Para tener éxito en el cultivo del olivo con cubierta vegetal en secano debemos tener siempre en cuenta que el establecimiento de la cubierta se haga siempre sin que se produzca competencia por el agua con el olivar. Pastor (1989) propuso una **estrategia de manejo** consistente en establecer la cubierta en el centro de las calles del olivar y antes de que se produzcan las lluvias otoñales, manteniéndola viva únicamente durante la

estación lluviosa (octubre a marzo en función de la pluviometría anual). La cubierta crecerá durante el otoño-invierno (estación fría y lluviosa) sin que se establezca competencia con el olivo, consumiendo en transpiración unas cantidades de agua que provienen del aumento de la infiltración del agua de lluvia en el suelo, así como del agua que de todas formas se perdería por evaporación directa desde la superficie de suelo desnudo a la atmósfera, pérdidas que nunca son despreciables (Bonachela y col., 1999). Después, y durante la primavera y verano, los residuos vegetales secos procedentes de la siega de la cubierta, dejados sobre la superficie del terreno, reducirán las pérdidas de agua por evaporación, residuos que además brindarán protección contra la erosión en posteriores eventos de lluvia.

En seco es fundamental segar la cubierta antes de que se establezca competencia por el agua con el olivar, lo que puede ocurrir a partir del inicio de la primavera, momento en el que aumenta la demanda evaporativa del ambiente, por lo que también aumentan las necesidades de agua del olivo y de la cubierta. Por esta razón es necesario cuantificar del modo más exacto posible, y a tiempo real, el consumo de agua por las cubiertas, lo que permitirá determinar el momento más adecuado de siega (química, mecánica o pastoreo), momento que, como es natural, dependerá de la climatología anual (régimen de temperaturas y pluviometría).

En un trabajo que recogió reiteradas observaciones anuales realizadas en la provincia de Córdoba, Castro (1993) determinó empíricamente que la fecha media más adecuada para la siega de la cubierta podía ser la **última semana del mes de marzo**. El mencionado autor trabajó en este caso con una cubierta de cebada sembrada en octubre en el centro de las calles de la plantación. Pero teniendo en cuenta la gran variabilidad anual de las precipitaciones de lluvia y el régimen termométrico en las diferentes zonas olivares de producción, es muy incierta la fecha óptima anual más adecuada para realizar la siega de la cubierta, no siendo posible generalizar la mencionada fecha para las diferentes comarcas y años. Por esta razón lo correcto sería generar un **modelo de simulación** que a partir de los datos climáticos (lluvia y ETo) y de la cobertura del suelo por los árboles y la cubierta, nos permitiera **determinar el momento óptimo de siega para cada caso particular** y en función de: los parámetros climáticos anuales, del tipo de suelo, el porcentaje de cobertura del terreno por la cubierta y de la geometría de nuestro olivar. En la actualidad el Instituto de Agricultura Sostenible de Córdoba (CSIC) trabaja en la puesta a punto del mencionado modelo de simulación, lo que permitirá dar recomendaciones anuales a los olivareros de cada comarca sobre la fecha más adecuada de siega de las cubiertas.

Las mayores incertidumbres para la determinación de la fecha más idónea de siega de la cubierta son conocer la pluviometría anual y su reparto en el tiempo, así como la tasa de transpiración de una cubierta que se encuentra parcialmente sombreada por la copa de los árboles y en un ambiente distinto al de campo abierto.

Teniendo en cuenta los conceptos expuestos en los párrafos anteriores, para lograr optimizar el uso del agua de lluvia en un olivar de secano cultivado con cubierta vegetal viva debemos **evitar la competencia por agua y nutrientes entre la cubierta y el olivar**. Para ello será necesario:

- Sembrar la cubierta en el centro de la calle de la plantación ocupando el porcentaje de terreno (ancho de la banda verde) estrictamente necesario para un eficaz control de la erosión.
- Emplear especies cuyo **establecimiento como cubierta pueda hacerse sin recurrir a las labores preparatorias para la siembra**, por lo que al estar las semillas sobre la superficie del terreno germinarán cuando se produzcan las primeras lluvias de otoño, lográndose así una rápida germinación, establecimiento y desarrollo de la cubierta, ya que al encontrarse el suelo caliente en ese momento se produciría una rápida germinación.
- Realizar una **siembra muy temprana**, si esta fuese necesaria, de modo que obtengamos una rápida implantación de la cubierta, así lograremos una máxima cobertura del terreno en un corto espacio de tiempo, permitiéndonos reducir la escorrentía al conseguir una mayor infiltración durante otoño-invierno, así como adelantar la fecha de siega de la cubierta en primavera.
- **Emplear especies de cobertura de ciclo muy corto**, de modo que a final de invierno hayamos logrado la máxima cobertura del suelo. Determinadas especies de gramíneas de porte rastrero (*Poa annua*, *Brachypodium* sp., *Aegilops* sp., por ejemplo) pueden adelantar su ciclo en varias semanas (Soler y Casanova, comunicación personal) con respecto a especies clásicas empleadas como cubierta, como por ejemplo *Lolium rigidum*, especie ésta de ciclo muy largo y floración tardía.
- Realizar la siega de la cubierta en el momento en el que la **cobertura del terreno sea la adecuada** para lograr un correcto control de la erosión, pero procurando que en ese momento **la humedad del suelo** no sea inferior a la observada en suelo desnudo.
- Emplear **sistemas de siega eficaces**, de modo que a partir del momento de la siega cese la competencia entre el cultivo y la cubierta. Cuando se emplean sistemas de siega mecánica las plantas de cobertura, y especialmente las gramíneas, suelen rebrotar repetidas veces a lo largo de la primavera, por lo que siguen transpirando y consumiendo agua del suelo en detrimento del cultivo. Cuando se emplea este método de siega es frecuente que la vegetación evolucione hacia especies difíciles de controlar por la cuchilla de la segadora (inversión de flora), por lo que la combinación de siega mecánica y siega química puede ser recomendable. Igualmente la combinación de siegas y labores (realizadas una vez

cada dos o tres años) o de siega química y labores puede evitar la inversión de flora hacia especies no controlables mediante los diferentes sistemas de siega.

- En zonas ganaderas y cultivo extensivo puede ser muy interesante **el pastoreo del olivar** como método de **siega de la cubierta**. En este caso la fecha más adecuada de consumo de la cubierta por el ganado (ovino o porcino fundamentalmente) poco difiere de las de siega química o mecánica, pero teniendo en cuenta que la carga ganadera debe permitir que la siega se realice en el momento adecuado, pero asegurando el necesario banco de semillas necesario para el establecimiento de la cubierta al año siguiente. La época de siega debe condicionarse igualmente a la humedad de la superficie del suelo, de modo que la compactación debida el pisoteo del ganado no comprometa la infiltración del agua de lluvia en el suelo, lo que es especialmente importante en zonas de olivar de sierra con una gran pendiente.

Bibliografía

- Bonachela, S., Orgaz, F., Villalobos, F., Fereres, E., 1999. *Measurement and simulation of evaporation from soil in olive orchards*. Irrigation Science, 18: 205-211.
- Castro, J., 1993. *Control de la erosión en cultivos leñosos con cubiertas vegetales vivas*. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba.
- Gómez, J.A., Fereres, E. 2004. *Conservación de suelo y agua en el olivar andaluz en relación al sistema de manejo del suelo*. Ed. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Colección: Agricultura. Serie: Olivicultura y Elaiotecnia. 67 pp.
- Orgaz, F., Villalobos, F., Testi, L., Pastor, M., Hidalgo, J.C., Fereres, E., 2005. *Programación de riegos en plantaciones de olivar. Metodología para el cálculo de las necesidades de agua de riego en el olivar regado por goteo*. En: M. Pastor (ed.). Cultivo del Olivo con Riego Localizado. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca – Mundi-Prensa, S.A. 85-137.
- Pastor, M., 1989. *Viabilidad del empleo de cubiertas de cereales segadas químicamente con glifosato en olivar de secano*. Proc. 4th EWRS Mediterranean Symposium. Valencia. Tomo I: 281-283.
- Pastor, M., 2004. *Sistemas de manejo del suelo*. En: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (Eds). *El Cultivo del Olivo*. Ed. Consejería de Agricultura Junta de Andalucía – Mundi Prensa S.A. 229-285.

MECANIZACIÓN DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL OLIVAR

Gregorio L. Blanco Roldán, Sergio Castro García, Jesús Gil Ribes

Grupo de Investigación “Mecanización y Tecnología Rural”. E.T.S.I. Agrónomos y de Montes. Departamento de Ingeniería Rural. Universidad de Córdoba.

INTRODUCCIÓN

El uso de cubiertas vegetales exige eliminar o limitar al máximo el laboreo y evitar su destrucción por el paso de la maquinaria. Puede implicar el empleo de maquinaria de siembra y abonado; de trituradoras de restos de poda, para incorporarlos como cubierta inerte; y de sistemas de siega mecánica y química de la cubierta y de control de las malas hierbas, que adquieren una relevancia especial. No se necesitan equipos específicos, como ocurre en los cultivos extensivos bajo sistemas de conservación, pero si resulta imprescindible conocer bien las máquinas que se deben a utilizar en función de las condiciones particulares de la explotación.

El tractor adecuado para el olivar debe tener una potencia entre 66 y 80 kW (90 - 110 CV), suficiente para el triturado de restos de poda y el manejo de atomizadores y vibradores de troncos. Además, dispondrá de cabina integral, reductor e inversor de marchas.

Si se utilizan neumáticos de baja presión (figura 1a), que son un 25% más anchos que los convencionales y trabajan a una presión de 0.8 kg/cm², se consigue reducir la compactación del suelo y mejorar el trabajo en condiciones de suelo húmedo. Esto combinado con un control del tránsito de la maquinaria dentro de la parcela, procurando concentrar

la circulación pesada (por ejemplo, remolque de recolección) en calles específicas para tal fin, minimiza el daño a la cubierta y al suelo (figura 1b) (Gil-Ribes *et al.*, 2005)



Figura 1. (a) Tractor con neumáticos de baja presión. (b) Cubierta vegetal después de la recolección.

Aunque la tendencia es a emplear cubiertas espontáneas, en ocasiones y, sobre todo, cuando se requiere una rápida protección del suelo, se suelen usar cubiertas sembradas de cereal o mixtas. Para ello, lo ideal es realizar la siembra con sembradora directa (figura 2a) pero si no se dispone de ella, se puede utilizar una sembradora de chorrillo (figura 2b), previo pase de un cultivador, o una abonadora centrífuga, siendo conveniente, en este caso, efectuar una labor con rastra de púas para mejorar la nascencia.

El abonado de la cubierta, cuando se estima necesario, se realiza con abonadoras centrífugas (de discos o pendulares). Su elección depende de adecuar la capacidad de la tolva a las características de la plantación (número de olivos y dosis de abonado), para evitar excesivas pérdidas de tiempo en el llenado.



(a)



(b)

Figura 2. (a) Siembra directa de la cubierta. (b) Sembradora de chorrillo adaptada para la siembra de cubiertas vegetales.

MANEJO Y PICADO DE RESTOS DE PODA

En general, se combina el uso de cubierta viva (espontánea o sembrada) e inerte, incorporando los restos de poda tras su trituración. El manejo de restos de poda se efectúa con equipos específicos, como los de hilerado del ramón, que lo llevan desde la zona de goteo del árbol hasta el centro de las calles (figura 3a).



(a)



(b)

Figura 3. (a) Hileradora de restos de poda. (b) Picadora de martillos.

Existen numerosos tipos de trituradoras o picadoras de restos de poda. Funcionan golpeando las ramas, con lo que consiguen reducir el tamaño de éstas no por corte, sino

mediante rotura por impacto. Disponen de un rotor formado por un eje horizontal o vertical al que se unen unas cuchillas o martillos, que gira a gran velocidad dentro de una carcasa. La mayoría de fabricantes recomiendan un diámetro máximo del material inicial de 8 - 10 centímetros, por lo que la leña gruesa debe ser previamente retirada.

En la figura 3b, se muestra una recogedora-trituradora de eje horizontal de martillos. Tiene un sistema de alimentación, consistente en un eje horizontal accionado mediante un motor hidráulico conectado a las tomas hidráulicas del tractor, y un sistema de picado de eje horizontal de martillos, accionado por la toma de fuerza. Este tipo de máquinas realiza un mejor picado y son las más recomendables. Pueden montarse en el tripuntal delantero o trasero del tractor. Las de eje vertical son similares a las anteriores en lo referente al sistema de alimentación de leña, pero el picado se realiza mediante unas cuchillas y contracuchillas.

En este tipo de máquinas la velocidad de trabajo debe ser lenta, de ahí la conveniencia del reductor en el tractor, para favorecer el picado fino, y el régimen del motor debe ser elevado, para desarrollar mayor potencia y número de impactos por distancia recorrida. Los requerimientos de potencia de accionamiento a través de la toma de fuerza son altos debido, sobre todo, a las irregularidades de su funcionamiento, presentando valores punta elevados (52 - 59 kW ó 70 - 80 CV) en relación a la potencia media que consumen (15 - 26 kW ó 20 - 35 CV). La potencia total (26 - 33 kW ó 35 - 45 CV), aumenta con la velocidad de trabajo y con las revoluciones del motor del tractor, pero la potencia máxima necesaria (66 - 74 kW ó 90 - 100 CV) depende de las condiciones de trabajo, del tamaño de la leña y de su cantidad por unidad de superficie, siendo necesario retirar las ramas gruesas de más de 10 centímetros antes del picado (Blanco-Roldán y Gil-Ribes, 2004).

En algunos casos, sobre todo buscando un picado más fino de la leña, se usan picadoras de alimentación manual cuyo principal inconveniente es que tiene menor capacidad de trabajo. Pueden ser de accionamiento por la toma de fuerza o por motor auxiliar; estas últimas son particularmente adecuadas para trabajos en explotaciones con grandes pendientes.

CONTROL MECÁNICO DE LA CUBIERTA Y DE LAS MALAS HIERBAS

La siega mecánica de las cubiertas vivas y el control de malas hierbas pueden realizarse con desbrozadoras. Son aperos accionados por la toma de fuerza que se clasifican según los elementos que utilizan para el desbrozado (cadenas, cuchillas o martillos) y por la disposición del eje en el que van montados (vertical u horizontal).

Las desbrozadoras de cadenas de eje vertical son las más usadas, sobre todo cuando la presencia de piedras es importante (figura 4a). Su anchura de trabajo debe ser tal que

permita reducir al mínimo los pases entre calles, aunque está limitada por la irregularidad del terreno, por ello los equipos deben tener varios cuerpos de trabajo para que su largo no sea excesivo.

Las desbrozadoras de cuchillas tienen una estructura y diseño similar pero sustituyen las cadenas por cuchillas que giran sobre un eje vertical. Su principal ventaja es que dejan una cubierta mejor, al desmenuzar menos los restos, pero trabajan peor con piedras y en terrenos irregulares.

Los equipos de martillos de eje horizontal son similares a las picadoras (figura 4b), pero menos potentes, de hecho las más robustas pueden utilizarse para picar restos de desvareto, aunque nunca se deben emplear para restos de poda. Son las que realizan el mejor desbrozado pero su anchura está más limitada y requieren más potencia, no obstante, son las más recomendables. Pueden incorporar un sistema hidráulico que permite desplazarlas lateralmente para acercarse al pie del olivo.



(a)



(b)

Figura 4.- Desbrozadoras de cadenas (a) y de martillos (b).

Para el control de malas hierbas en la zona de goteo se pueden usar desbrozadoras de latiguillos (figura 5a), que son capaces de trabajar bajo los pies, y sistemas de laboreo accionados que trabajan de forma similar a los intercepas (figura 5b).

El control de malas hierbas con desbrozado suele requerir más de un pase y, a veces, el complemento de la siega química, pero es una práctica a extender si se quiere limitar el uso de agroquímicos.



(a)



(b)

Figura 5. Desbrozadora de latiguillos (a) y sistema de laboreo accionado (b) para la zona de goteo del árbol.

APLICACIÓN DE HERBICIDAS

El control de malas hierbas y siega química de las cubiertas se realiza con pulverizadores hidráulicos de chorro proyectado, también conocidos como barras de tratamientos. Se basan en pulverizar por presión de líquido y son equipos adecuados para tratamientos sobre la superficie del suelo y cultivos de porte bajo. Los volúmenes de aplicación pueden variar entre 75 y 500 l/ha.

El aumento de la superficie de olivar en la cual se emplean cubiertas vegetales y sistemas de Producción Integrada obliga a que la aplicación de los fitosanitarios sea precisa. Esto es difícil en un cultivo con grandes marcos de plantación y árboles muy irregulares. La situación mejora en el caso de los olivares intensivos, más regulares y densos, y en los superintensivos, en los que se dan las características más favorables desde este punto de vista.

El éxito de un tratamiento depende del empleo de productos autorizados (Junta de Andalucía, 2006) y de eficacia probada, de realizar la aplicación en el momento oportuno y de utilizar las máquinas apropiadas, bien calibradas y en buen estado de conservación. La tendencia hacia aplicaciones de volumen reducido ha hecho que los equipos evolucionen en los siguientes aspectos: precisión y exactitud, para evitar la deriva y las pérdidas de producto; seguridad, para evitar la contaminación del medio y asegurar la protección del operario; y control de las condiciones de trabajo (presión, velocidad, caudal, etc.), mediante la incorporación de equipos electrónicos, automatismos y sensores (Gil-Ribes y López-Giménez, 2004).

Los equipos de pulverización se diseñan para cumplir una triple función de: a) División del líquido en gotas. Se realiza en las boquillas, por las que pasa el caldo con la materia activa sometido a presión por una bomba. Los diámetros de las gotas están com-

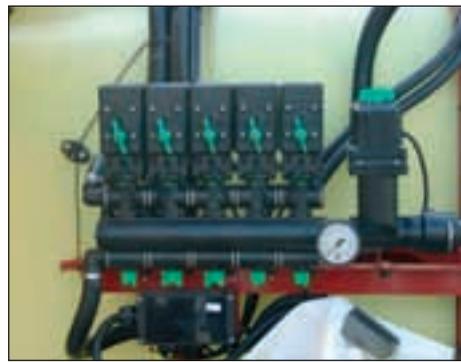
prendidos dentro de un intervalo que es función del tipo de tratamiento: las gotas son tanto más finas cuanto más pequeño es el orificio de la boquilla y cuanto mayor es la presión; b) Transporte de las gotas hasta su destino (el suelo o malas hierbas), debido a la propia presión del líquido (chorro proyectado); c) Reparto y dosificación uniforme de un determinado volumen en la unidad de superficie (litros/ha). De estas funciones se encargan las boquillas y los reguladores.

Los elementos principales de un pulverizador hidráulico de chorro proyectado son:

- a) Depósito de caldo. Construido, generalmente, de poliéster estratificado reforzado con fibra de vidrio, con boca de llenado, filtro y cierre estanco, sistema de agitación mecánico e hidráulico y depósitos auxiliares para su limpieza y para el operario.
- b) Bomba. Elemento encargado de impulsar un caudal de líquido hacia las boquillas, además de posibilitar el llenado de la cuba. Mediante una derivación, permite la agitación y homogeneización del caldo. Pueden ser volumétricas (de pistón, de rodillos o de diafragma) o centrífugas.
- c) Manómetro. Elemento de medida de la presión de trabajo. Se encuentra situado en una derivación del circuito de presión. Deben tener un intervalo de medida acorde con las presiones normales de trabajo en la aplicación (1.5 - 3 kg/cm²) y mostrar variaciones de presión de 0.1 kg/cm². Se recomienda tener dos, uno a la salida de la bomba y otro tras el regulador.



(a)



(b)

Figura 6. Reguladores mecánico (a) y electrónico (b).

- d) Reguladores de presión y caudal. El primero permite limitar y controlar la presión de trabajo (con un error menor del +/- 7.5%) y el segundo permite modificar y regular el caudal (con error del +/- 5%).

- e) Distribuidores. Permiten el desvío de caudal según las exigencias de la aplicación. Pueden ser de corredera o electromagnéticos.
- f) Filtros. Situados en la entrada del depósito, en la línea de aspiración de la bomba y entre la llave de salida a las boquillas y éstas. Son elementos muy importantes para un buen tratamiento. Deben ser revisados y limpiados o sustituidos regularmente.
- g) Barra de aplicación. Estructura metálica lineal soporte de canalizaciones y donde se colocan las boquillas (figuras 7a y 9a). Para una distribución uniforme, deben tener una altura correcta sobre el suelo y mantenerse paralelas al mismo.
- h) Boquillas. Es el elemento clave del equipo. Al desgastarse aumenta su caudal y el tamaño de la gota, por lo que deben comprobarse cada campaña y sustituirse anualmente.

Para herbicidas se utilizan boquillas de hendidura (también conocidas como de chorro plano o de abanico). El orificio de salida tiene forma alargada y esto hace que se emita un chorro plano de forma triangular (80 - 110°) (figura 7b). Las presiones de trabajo recomendadas son de 1 a 5 bar. Para realizar la aplicación con recubrimiento y por debajo de los árboles con mínima deriva, se debe hacer un solape doble o triple entre boquillas, lo que se consigue con separaciones entre boquillas en la barra de 50 centímetros y una altura de ésta de 50 centímetros. De igual forma, se aconseja el uso de boquillas anti-deriva (no forman gotas de pequeño tamaño) y dispositivos antigoteo.



Figura 7. (a) Barra con boquillas antideriva (izquierda) y normales (derecha). (b) Boquilla de abanico de 110°.

Las boquillas hidroneumáticas (figura 8), evitan la deriva por otro procedimiento, utilizando gotas de mayor tamaño, formadas por la mezcla de aire y el líquido a presión en una pequeña cámara de pulverización. Se mejora la cobertura debido a que cuando impactan estallan formando gotas más finas.

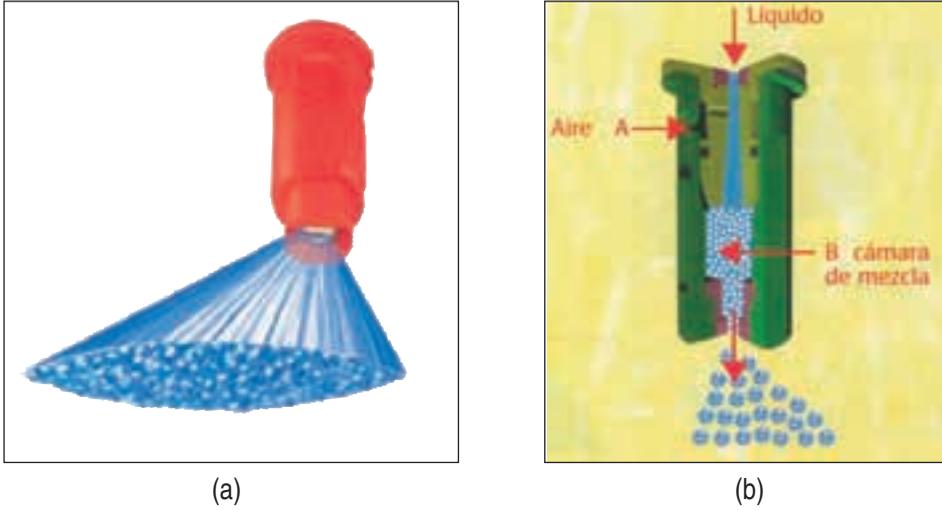


Figura 8. (a) Boquilla asimétrica de inyección de aire. (b) Sistema de de inyección. (Doc. TeeJet y Albus).

En la aplicación de herbicidas en el olivar se colocan boquillas de distribución simétrica en el centro de la barra (figura 9a) y asimétricas en los extremos (figura 9b). Con esta disposición se puede trabajar en toda la calle o localizando la pulverización en el centro de la misma o cerca de los pies de los olivos. Las barras se pliegan para el transporte y se colocan en la parte delantera del tractor.

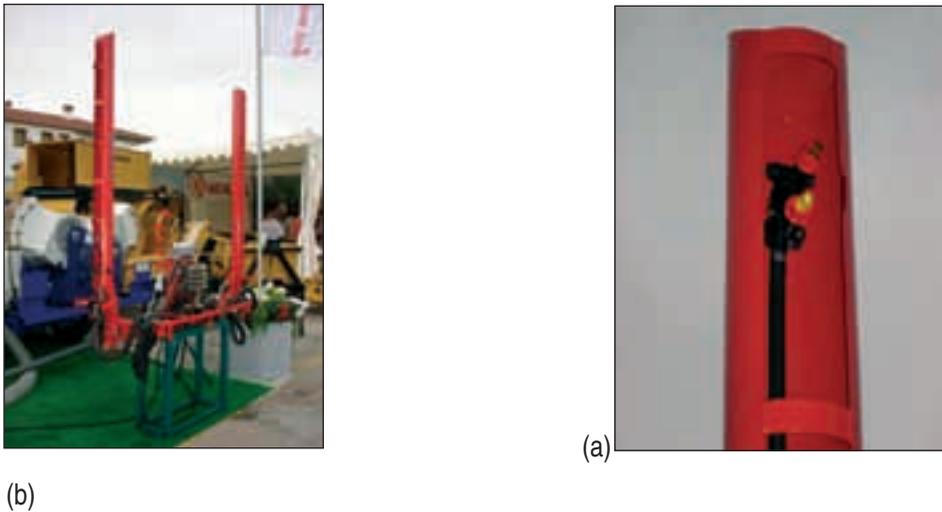


Figura 9. (a) Barra de tratamientos para olivar. (b) Detalle de las boquillas terminales.

Para poder trabajar a gran velocidad, con viento y sin deriva se han desarrollado barras de tratamiento con sistemas neumáticos de ayuda que crean una cortina de aire que conduce a las gotas hacia el suelo con un principio parecido al de los atomizadores. Una ventaja añadida es que permiten trabajar con menores gotas y por tanto con menores volúmenes de caldo.

Cuando las infestaciones de malas hierbas se localizan en rodales o manchas, la aplicación debe ser localizada utilizando pulverizadores portátiles de mochila con boquillas centrífugas de aplicaciones de Ultra Bajo Volumen (< 50 l/ha). La formación de gotas se consigue gracias a la fuerza centrífuga a que se somete una capa de líquido en la periferia de un disco dentado que gira a gran velocidad (figura 10a). Estas boquillas también se montan en tractocarros (figura 10b), utilizándose para el control químico en los pies de los olivos, incorporando pantallas que concentran la aplicación y evitan la deriva del producto.



(a)



(b)

Figura 10. (a) Boquilla centrífuga. (b) Equipo adaptado para el control de malas hierbas en los pies.

El control del trabajo del pulverizador viene determinado por el sistema de regulación, que debe conseguir una superficie tratada con uniformidad en la dosis de producto, número y tamaño de las gotas, lo que exige una sincronización entre la velocidad de avance de la máquina y el caudal y mantener el tamaño de las gotas, es decir, la presión (Tabla 1). Para ello se dispone del conjunto de válvulas (de compuerta, presión y caudal), manómetros y filtros que gobiernan la conducción del líquido en los circuitos.

Tabla 1. Caudal (litros/minuto) de boquillas de hendidura en función de la presión. (Doc. Hardi)

Boquilla Nº	PRESIÓN (bar)					
	1.5	2	2.5	3	4	5
4110-10	0.33	0.38	0.42	0.47	0.54	0.60
4110-12	0.52	0.60	0.67	0.73	0.85	0.95
4110-14	0.64	0.74	0.83	0.91	1.05	1.17
4110-16	0.79	0.91	1.02	1.11	1.29	1.44
4110-18	0.94	1.08	1.21	1.32	1.53	1.71
4110-20	1.13	1.30	1.45	1.59	1.84	2.06
4110-24	1.47	1.70	1.90	2.08	2.40	2.69
4110-30	2.08	2.40	2.68	2.94	3.39	3.79

Hay cuatro tipos de sistemas de regulación:

- Presión constante o caudal constante (PC o CC). Regulan el caudal de forma constante. Son simples y con reparto homogéneo si la velocidad del motor y avance se mantienen (figura 11a). Constan de una válvula limitadora de presión que mantiene la presión constante.
- Caudal proporcional al régimen del motor (CPM). La válvula de presión es de seguridad y tiene una válvula reguladora de caudal (figura 11b). La bomba impulsa el líquido proporcionalmente al régimen (rpm) del motor y, por tanto, varía con la velocidad teórica de avance del tractor. El error, si las boquillas y la barra actúan adecuadamente, viene por las diferencias entre la velocidad real de avance o trabajo y la teórica, es decir, con las variaciones de resbalamiento.
- Caudal proporcional al avance (CPA y CPAE). Puede ser mecánico con bomba dosificadora accionada por una rueda auxiliar o electrónico en el que un microprocesador controla el caudal en función del avance a partir de una rueda auxiliar, un sensor tipo radar o un GPS.
- Concentración variable (CV). Tiene un sistema de presión constante para el agua y otro proporcional al avance electrónico, similar al anterior, pero que no actúa sobre el caudal sino sobre la concentración del producto activo.

Estos dos últimos sistemas son mejores y más caros, pero con ellos no se consigue una distribución uniforme si el manómetro y las boquillas están en mal estado. En todos los

casos, la revisión periódica de los equipos (cada campaña) y su correcto mantenimiento son imprescindibles para que el trabajo sea correcto.

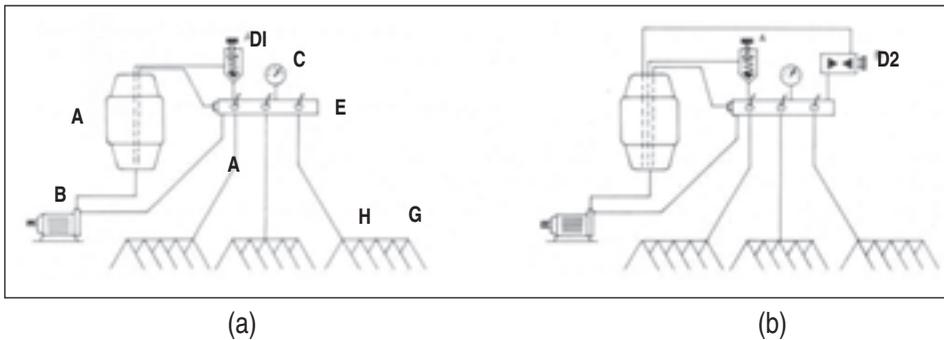


Figura 11. (a) Sistemas de regulación por presión constante. (b) Sistema de regulación por caudal proporcional al régimen del motor. A: Depósito. B: Bomba. C: Manómetro. D1: Válvula de presión. D2: Válvula reguladora de caudal. E: Distribuidor. G: Barra. H: Boquillas.

La determinación de caudales y la elección de las boquillas requiere tener en cuenta las siguientes condiciones: montaje de un tipo de boquilla compatible con el tratamiento; dosis o volumen de caldo a distribuir por unidad de superficie (D, litros/ha); velocidad de avance prevista (v, km/h); y anchura de tratamiento correspondiente a cada boquilla (a, metros). El cálculo del caudal por boquilla viene dado por la expresión:

$$q \text{ (l/min)} = D \cdot v \cdot a / 600$$

De esta forma, si la distancia entre boquillas es $a = 0.5$ m, la dosis puede calcularse según la fórmula:

$$D = 1200 \cdot q / v$$

En la figura 12, se muestra una tabla, dada por un fabricante, que permite elegir la boquilla y la presión de trabajo en función de la dosis a aplicar y la velocidad de desplazamiento, para una separación estándar de las boquillas.

COLOR	CODIGO FSD	BOQUILLA	Tiempo	LITROS POR HECTÁREA					DISTANCIA ENTRE LAS BOQUILLAS					50 cm		
				4 km/h	5 km/h	6 km/h	7 km/h	8 km/h	9 km/h	10 km/h	12 km/h	14 km/h	16 km/h		18 km/h	20 km/h
AMARILLA	Q01	80 mesh	2	0,65	195	156	130	111	98	87	78	65	56	49	43	39
			3	0,80	240	192	160	137	120	107	96	80	69	60	53	48
			4	0,92	276	221	184	158	138	123	110	92	79	69	61	55
AZUL	Q01	50 mesh	2	0,98	294	235	196	168	147	131	118	98	84	74	65	59
			3	1,20	360	288	240	206	180	160	144	120	103	90	80	72
			4	1,39	417	334	278	238	209	185	167	139	119	104	93	83
ROJO	Q01	50 mesh	2	1,21	383	314	262	225	197	175	157	131	112	98	87	79
			3	1,60	480	384	320	274	240	213	192	160	137	120	107	96
			4	1,85	555	444	370	317	278	247	222	185	159	139	123	111

Figura 12. Relación entre la presión, el caudal de las boquillas, la velocidad y la dosis (litros por hectárea). (Doc. Albuz)

Bibliografía

- Blanco-Roldán, G.L.; Gil-Ribes, J., 2004. Maquinaria utilizada en agricultura de conservación: cultivos leñosos. En: *Técnicas de agricultura de conservación*. Gil-Ribes, J.; Blanco-Roldán, G.L.; Rodríguez-Lizana, A., (eds.). Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Gil-Ribes, J.; López-Giménez, J. 2004. Mecanización. En: *El cultivo del olivo*. Barranco, D.; Fernández-Escobar, R.; Rallo, L. (eds.). Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Gil-Ribes, J.; Marcos, N.; Agüera, J.; Blanco-Roldán, G.L.; Cuadrado, J.D., 2005. *Evolución de la compactación en olivar con cubierta vegetal*. Congreso Internacional sobre Agricultura de Conservación. Córdoba (España).
- Junta de Andalucía, 2006. *Buenas prácticas en el manejo de suelos en el olivar*. Ed. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Sevilla.

EVALUACIÓN DE OPERACIONES MECANIZADAS: COSTES Y RENDIMIENTOS

Jesús A. Gil Ribes

Gregorio Blanco Roldán

G. I. "Mecanización y Tecnología Rural". E.T.S.I. Agrónomos y de Montes.
Dpto. Ingeniería Rural. Universidad de Córdoba.

INTRODUCCIÓN

La elección del tipo de maquinaria más adecuada para un tipo de olivar está condicionada por el tipo de plantación y por factores estructurales (tamaño de la explotación, orografía, clima, suelo y accesos), agronómicos (marco de plantación, variedad, número de pies de árbol y sistema de manejo del suelo) y técnicos (tecnologías disponibles y cercanía y eficiencia de los servicios técnicos de terceros) (Gil-Ribes y López, 2004).

Con el aumento del tamaño de la explotación se consigue una reducción de los costes, siendo, por tanto, un aspecto determinante en la elección del tipo de maquinaria y sus características. La pendiente del terreno afecta directamente a la potencia requerida para las distintas operaciones, a su dificultad y condiciona el tipo de máquinas a emplear por las medidas de seguridad ligadas con la estabilidad del tractor, llegando, para valores superiores al 30 %, a impedir su realización. El clima y tipo de suelo afectan al desarrollo del olivo y a las condiciones de trabajabilidad y transitabilidad, lo que es clave en la recolección y en los tratamientos de otoño-invierno. El marco de plantación condiciona los tipos de máquinas a utilizar y su tamaño. La estructura del árbol, sobre todo el número de pies, tiene una incidencia decisiva, fundamentalmente, en operaciones de recolección, ya que, por ejemplo, los sistemas de recolección integrales sólo son aplicables a olivares intensivos de un solo pie.

Por tanto, no deben olvidarse al diseñar una plantación los sistemas mecanizados que se pretenden utilizar y la necesidad de que puedan circular por sus calles. El uso de marcos reducidos, más de 300 árboles por hectárea, crea a medio plazo problemas serios de mecanización e impide el uso de muchos equipos de cultivo y recolección. Se aconseja una calle de al menos 7 metros. Un marco de 7*5 metros es fácilmente mecanizable.

La comparación de costes de mecanización entre distintos sistemas de manejo del suelo y la cubierta está condicionada por las anteriores consideraciones, por lo que las diferencias pueden ser debidas, no sólo a cambios en el sistema de manejo, sino también a la tipología de las explotaciones. Los estudios de costes deben realizarse sobre explotaciones similares; en este caso, se han efectuado sobre explotaciones de productividad media – alta y susceptibles de ser mecanizadas.

PROGRAMACIÓN DE LAS OPERACIONES

El diseño de una mecanización adecuada del olivar parte de la programación de las distintas operaciones mecanizadas que intervienen. El tiempo diario disponible de trabajo depende de la zona (convenios colectivos), siendo habitual que se aumente en épocas críticas. La jornada efectiva suele ser de 6.20 horas (6.10 horas si la jornada es continua). Según el tamaño de la parcela y si está aislada, se debe adaptar la jornada al tiempo necesario para finalizar la labor.

El período óptimo para realizar una operación depende de la misma y de su incidencia en la producción, por ejemplo, el control rápido de una plaga es clave. Se pueden dar unas recomendaciones de carácter general, aunque lo normal es decidir en función del tamaño de la explotación y del número de días necesarios para completar la operación, que debe ser menor que el número de días teóricamente disponibles, al considerar la probabilidad de día útil en función de la climatología.

La programación se completa con el establecimiento de los calendarios de tareas. Se han elaborado en función del tipo de olivar, considerando el tradicional de campiña, el de sierra y el intensivo, y los sistemas de laboreo tradicional, laboreo mínimo, no laboreo, cubierta natural y cubierta sembrada (Tablas 1, 2 y 3). Estos calendarios reflejan las operaciones, maquinaria y equipos utilizados y están sujetos a cambios en función, principalmente, de las condiciones climáticas anuales y de las propias decisiones del olivareo, siendo de carácter orientativo (Gil-Ribes y Blanco, 2005).

Tabla 1. Mecanización de operaciones de cultivo en olivar tradicional

Operaciones comunes a todos los sistemas de manejo

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Poda de fructificación o rejuvenecimiento (*) (bianual)	Enero - Abril	Motosierra, Hacha de poda,...
Eliminación de los restos de poda	Enero - Abril	Picadora
Abonado	Enero - Marzo	Tractor + abonadora centrífuga Tractor + remolque
Tratamiento contra repilo + 1ª gen. prays + abono foliar	Marzo	Tractor + atomizador o Tractor + pulverizador (mangueras)
Tratamiento contra 2ª gen. prays + abono foliar (**)	Abril - Mayo	Tractor + atomizador o Tractor + pulverizador (mangueras)
Desvareto (***)	Agosto - Septiembre	Hacha Tractor + pulverizador (mangueras)
Tratamiento herbicida (pre y pos – emergencia).	Octubre - Noviembre	Tractor + pulverizador (barra)
Tratamiento contra repilo + abono foliar (uno o más)	Octubre - Diciembre	Tractor + atomizado Tractor + pulverizador (mangueras)

Operaciones específicas en régimen de laboreo tradicional.

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Labor de cultivador	Febrero - Abril	Tractor + cultivador
Labor de bin (una o varias dependiendo de las lluvias)	Abril – Junio	Tractor + vibrocultivador o Tractor + grada de púas
Labor de grada de púas (una o dos)	Junio - Agosto	Tractor + grada de púas
Preparación de suelos	Septiembre	Tractor + rulo compactador

Operaciones específicas en régimen de no laboreo

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Tratamiento herbicida	Febrero - Marzo	Tractor + pulverizador (barra)

Operaciones específicas en régimen de cubierta vegetal espontánea

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Siega de la cubierta (desbrozado + tratamiento herbicida en ruedos)	Marzo - Mayo	Tractor + desbrozadora Tractor + pulverizador (barra)

Operaciones específicas en régimen de cubierta vegetal sembrada.

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Siega de la cubierta (desbrozado + tratamiento herbicida en ruedos)	Marzo - Mayo	Tractor + desbrozadora Tractor + pulverizador (barra)
Siembra de la cubierta en las calles	Septiembre - Noviem.	Tractor + sembradora + abonadora

(*) Esta poda se realiza cada dos años. Se aplica a la mitad de la explotación y en la otra mitad, al principio del verano, se realiza la formación de ramas podadas el año anterior.

(**) A veces tratamiento contra 3ª generación de Prays y para el hongo *Euzophera pinguis*, en este caso dirigida al tronco con boquillas manuales o con atomizadores con un alto volumen de caldo para mojar el tronco.

(***) El desvareto químico se realiza en Mayo-Junio.

Tabla 2. Mecanización de operaciones de cultivo en olivar de sierra

Operaciones comunes a todos los sistemas de manejo

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Poda de fructificación o rejuvenecimiento (bianual) (*)	Febrero - Abril	Motosierra, Hacha de poda,...
Eliminación de los restos de poda	Febrero - Abril	Picadora Tractor+pala agrupadora de restos (sólo si se opta por la quema)
Abonado	Enero - Marzo	Tractor + abonadora centrífuga Tractor + remolque
Tratamiento contra repilo +	Abril	Tractor + atomizador o 1ª gen. prays + abono foliar Tractor + pulverizador (mangueras)
Desvareto (**)	Agosto - Septiembre	Hacha Tractor + pulverizador (mangueras)
Tratamiento contra repilo +	Octubre - Diciembre	Tractor + atomizador o abono foliar (uno o más) Tractor + pulverizador (mangueras)

Operaciones específicas en régimen de no laboreo

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Tratamiento herbicida de parcheo	Marzo - Mayo	Pulverizador “de mochila”
Tratamiento contra 2ª gen. prays + abono foliar	Mayo – Junio	Tractor + atomizador o Tractor + pulverizador (mangueras)
Tratamiento herbicida (pre y pos – emergencia)	Agosto - Septiembre	Tractor + pulverizador (barra)

Operaciones específicas en régimen de laboreo mínimo

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Labor en el centro de las calles	Febrero - Marzo	Tractor + cultivador
Tratamiento herbicida de parcheo	Marzo - Mayo	Pulverizador “de mochila”
Tratamiento contra 2ª gen. prays + abono foliar	Mayo – Junio	Tractor + atomizador o abono foliar Tractor + pulverizador (mangueras)
Tratamiento herbicida (pre y pos – emergencia)	Agosto - Septiembre	Tractor + pulverizador (barra)

Operaciones específicas en olivar de sierra ecológico (***)

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Labor en el centro de las calles	Febrero - Mayo	Tractor + vibrocultivador
Siega de malas hierbas en ruedos	Febrero - Mayo	Tractor + desbrozadora
Labor de grada de púas	Julio	Tractor + grada de púas
Preparación de suelos	Octubre - Noviembre	Tractor + rulo compactador
Labor en el centro de las calles	Octubre - Noviembre	Tractor + vibrocultivador

(*) Esta poda se realiza cada dos años. Se aplica a la mitad de la explotación y en la otra mitad, al principio del verano, se realiza la formación de ramas podadas el año anterior.

(**) El desvareto químico se realiza en Mayo – Junio.

(***) El abonado y los tratamientos se realizan con productos ecológicos autorizados

Tabla 3. Mecanización de operaciones de cultivo en olivar intensivo

Operaciones comunes a todos los sistemas de manejo

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Poda de fructificación o rejuvenecimiento (*)	Enero - Abril	Motosierra, Hacha de poda,..
Eliminación de los restos de poda	Enero - Abril	Picadora
Abonado	Enero - Marzo	Tractor + abonadora centrífuga Tractor + remolque
Tratamiento contra repilo + 1ª gen. prays + abono foliar	Marzo	Tractor + atomizador o Tractor + pulverizador (mangueras)
Tratamiento contra 2ª gen. prays + abono foliar	Abril - Mayo	Tractor + atomizador o Tractor + pulverizador (mangueras)
Desvareto (**)	Agosto - Septiembre	Hacha Tractor + pulverizador (mangueras)
Tratamiento herbicida (pre y pos – emergencia).	Octubre - Noviembre	Tractor + pulverizador (barra)
Tratamiento contra repilo + abono foliar (uno o más)	Octubre - Diciembre	Tractor + atomizador o Tractor + pulverizador (mangueras)

Operaciones específicas en régimen de no laboreo

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Tratamiento herbicida	Febrero - Marzo	Tractor + pulverizador (barra)

Operaciones específicas en régimen de laboreo mínimo

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Labor en el centro de las calles (para facilitar infiltración)	Enero - Marzo	Tractor + cultivador
Labor en el centro de las calles (para romper costra superficial)	Agosto - Septiembre	Tractor + cultivador

Operaciones específicas en régimen de cubierta vegetal sembrada

Tarea	Fecha	Maquinaria y equipos utilizados
Siega de la cubierta (desbrozado + tratamiento herbicida en ruedos)	Marzo - Mayo	Tractor + desbrozadora Tractor + pulverizador (barra)
Siembra de la cubierta en las calles	Septiembre - Noviem.	Tractor + sembradora + abonadora

(*) Esta poda se realiza cada dos años. Se aplica a la mitad de la explotación y en la otra mitad, al principio del verano, se realiza la formación de ramas podadas el año anterior.

(**) El desvareto químico se realiza en Mayo – Junio.

EVALUACIÓN DE COSTES

Los sistemas de análisis de costes en mecanización se agrupan en dos clases: fijos o de posesión y variables o de uso. Los primeros incluyen la amortización técnica, el coste de oportunidad de la compra y los gastos de alojamiento, seguros e impuestos (Gil-Ribes, 1992).

Los costes fijos totales anuales (euros/año) representan, de forma simplificada, un porcentaje del valor de adquisición de la máquina, comprendido entre el 10 % y el 15 %, siendo, en general, recomendable utilizar un 12 %. Dividiendo por las horas de trabajo de la máquina al año, se obtienen los costes fijos totales horarios (euros/hora).

Los costes variables incluyen los de reparación y mantenimiento, el combustible, el lubricante, la mano de obra y el coste del tractor asociado a la máquina. Se considera, por tanto, que el coste horario total de una operación (euros/hora) comprende el coste del conjunto tractor-máquina. En el caso de máquinas autopropulsadas el coste correspondiente al tractor desaparece, pero su coste fijo es elevado debido al escaso número de horas de trabajo anuales.

Los costes de reparación y mantenimiento son los necesarios para conservar utilizable una máquina. Se obtienen como un porcentaje del valor de adquisición, siendo el coste horario el resultante de dividir por el número de horas de vida útil de la máquina (Tabla 4). Por ejemplo, para un pulverizador (barra de tratamientos), el coste de reparación y mantenimiento a lo largo de sus 1500 horas de vida útil, sería igual al 70 % de su valor de adquisición.

El coste de combustible se establece en función de su precio (euros/litro) y del consumo de combustible en la operación (litros/hora). Éste depende del consumo específico del tractor (litros/kW·hora o litros/CV·hora) y de la potencia desarrollada por el tractor en la operación (kW o CV). El consumo actual medio de un tractor, cuando realiza trabajos que exijan alrededor del 50 % de su potencia máxima, es de aproximadamente 0.21 litros/kW·hora (0.16 litros/CV·hora), lo que para un tractor de 70 kW (95 CV) supone

entre 7 y 8 litros/h de consumo medio, consumiéndose más o menos conforme la operación demande mayor o menor potencia (tareas más pesadas o más ligeras).

Tabla 4. Eficiencia de campo, velocidad y parámetros de costes de reparación y mantenimiento (ASAE D497.4 y elaboración propia)

Máquina	Rendimiento (%)	Velocidad (km/h)	Vida estimada (horas)	Años de obsolescencia	Costes de reparación y mantenimiento (% del valor de adquisición)
Tractores: 4 ruedas motrices y cadenas			12000 - 14000	16	100
Cultivadores: Escarificador	70 - 85	5,5 - 6,5	3000	12	70
Grada de púas	80 - 90	7 - 10	2500	12	70
Rulo compactador	80 - 90	4,5 - 5,5	3000	12	70
Trituradora	75 - 80	0,5 - 1,5	1500	10	100
Desbrozadora	75 - 80	2,5 - 4,5	1500	10	100
Varios: Pulverizador	65 - 70	7 - 8,5	2000	10	70
Atomizador	50 - 65	4,5 - 6	2000	10	80
Abonadora	55 - 65	8,5 - 10	1500	10	80

El coste del lubricante también se obtiene en función de su precio y del consumo, pero el cálculo se simplifica considerando que supone, aproximadamente, un 6 % del coste del combustible. Ambos conceptos suponen unos 6 euros/hora, al precio actual.

En cuanto a la mano de obra, el coste del tractorista debe incluir seguros sociales, pagas extras y vacaciones, pudiéndose estimar en unos 8 euros/hora.

Por último, el cálculo de los costes del tractor asociado a la máquina incluye sus costes fijos y los de reparación y mantenimiento. En el caso de un tractor, el coste de reparación y mantenimiento, a lo largo de sus 12000 - 14000 horas de vida útil, sería igual a su valor de adquisición. El coste horario supone considerar el tiempo de uso del tractor al año (horas/año), que vendrá dado por la suma del tiempo empleado con cada máquina, más un porcentaje, alrededor del 10 - 15 %, que se estima empleado en transporte y desplazamientos.

Para un tractor de 90 - 110 CV con inversor, reductor y cabina integral, que sería el indicado para el olivar, considerando que trabaja unas 700 horas/año, el coste de uso del tractor por la máquina suponer alrededor de 8 - 10 euros/hora. Si disponemos de tractores de diferentes potencias y los adecuamos a las máquinas que deben manejar, estos costes se reducirían.

Los costes por unidad de superficie (euros/ha) dependen de la capacidad de trabajo de las máquinas (ha/hora) que es función de su ancho de trabajo, de la velocidad y del rendimiento de campo. El ancho de la máquina no tiene que coincidir con el ancho de trabajo, ya que, en operaciones realizadas entre olivos éste será equivalente a la anchura de la calle o a la mitad (pases dobles o cruzados). El rendimiento de campo contempla todos los tiempos no efectivos (no empleados directamente en la realización de la labor), como son los tiempos accesorios (virajes, aprovisionamiento y entretenimiento del material), los de reposo y los tiempos muertos, y depende de la organización del trabajo y depende de las condiciones locales de la explotación (pendientes, maniobrabilidad de las parcelas, estado del suelo, etc.). En el caso de la recolección, los tiempos y capacidades de trabajo también se refieren por pies o árboles.

Los datos de rendimientos y capacidades reales (ha/hora) son utilizados para calcular los costes (euros/ha) en las condiciones particulares de las zonas estudiadas. En la Tabla 4, se exponen el rendimiento o eficiencia de campo y la velocidad de trabajo de diferentes máquinas empleadas en el olivar. La Tabla 5, muestra valores de capacidad real de trabajo (ha/hora), obtenidos en diferentes plantaciones de olivar tradicional y datos de precios actuales (euros/hora), establecidos para la campaña 2005-2006, lo cual permite dar una idea real de los costes, debido a la dificultad para obtener datos orientativos sin tener en cuenta las condiciones particulares de cada explotación.

Tabla 5. Capacidad de trabajo y precios de las operaciones (campaña 2005-2006)

Operación	ha/hora	euros/h	euros/ha
Con tractor:			
+ Abonadora centrífuga (1)	2 - 3.3	27	8.2 - 13.5
+ Atomizador	1.7 - 2	30	15 - 17.6
+ Cultivador (2)	1 - 1.5	30	20 - 30
+ Desbrozadora	1.3 - 2.5	33	13.2 - 25.4
+ Grada de púas	1.5 - 2.5	25	10 - 16.7
+ Pala agrupadora de restos de poda	0.5 - 0.8	33	41.2 - 66
+ Picadora	0.5 - 1	36	36 - 72 (*)
+ Pulverizador (barra)	1.4 - 2	25	12.5 - 17.8
+ Pulverizador (2 mangueras) (tratamiento vuelo)	1.7 - 2	42	21 - 24.7
+ Pulverizador (2 mangueras) (desvareto)	1	38	38
+ Remolque (para abonado)	2 - 3.3	21	6.4 - 10.5
+ Rulo	1.1 - 1.4	24	17.1 - 21.8
+ Sembradora + abonadora (3)	1.5	30	20
+ Vibrocultivador	1.5 - 2.5	25	10 - 16.7
Sin tractor:			
Desvareto (Hacha de desvaretar) (4)	0.5 - 0.7	36	51.4 - 72
Poda (Motosierra, hacha de poda,...) (5)	0.3	32	53.3
Formar ramas después de la poda (6)	0.4	24	30
Pulverizador "de mochila"	1 - 2	8	4 - 8

(1) Se puede aumentar su rendimiento utilizando tolvas de gran capacidad y mejorando el aprovisionamiento. La tendencia es que el transporte de abono a la parcela lo realice un camión a un precio de unos 12 euros/tonelada.

(2) En olivar tradicional se dan dos y hasta tres pases por calle y se cruzan. En olivar intensivo se da un solo pase por calle y no se cruza, con lo que el rendimiento se duplica.

(3) Lo ideal es usar una sembradora directa, pero lo habitual es no disponer de ella y usar una convencional previo pase de un vibrocultivador.

(4) La operación es realizada por 4 - 5 operarios (8 euros/hora/operario).

(5) La operación es realizada por 2 operarios con hacha y 1 con motosierra.

(6) La operación es realizada por 3 operarios.

(*) En función de la cantidad de restos de poda a picar.

En el olivar de sierra el rendimiento de la maquinaria y de las personas es menor. Se estima que cuando la pendiente es superior al 25 %, la dificultad de los trabajos crece de forma exponencial, suponiendo un aumento del coste de explotación e incrementándose los riesgos para la seguridad de los trabajadores. Por debajo de este valor, los costes aumentan linealmente con la pendiente.

La información se completa con la correspondiente a los insumos empleados. En la Tabla 6, se especifica, a modo de orientación, el precio y la dosis de los productos habitualmente distribuidos en las diferentes operaciones que se realizan.

Tabla 6. Principales productos y dosis utilizadas en el olivar

Tratamiento	Producto	Precio	Dosis
Abonado:			
- En superficie	Sulfato amónico (21 % N)	0.15 €/kg	600 kg/ha
	N-P-K (15-15-15)	0.21 €/kg	500 kg/ha
- Fertirrigación (1)	Solución nitrogenada (20 ó 32 %)(2)	0.14 €/kg	250 kg/ha
	Solución ácida NPK (4-8-12) (3)	0.11 €/kg	400 kg/ha
Repilo + 1ª gen. prays (4)	Funguicida (Cu) (*)	8 €/kg	4 kg
	Insecticida (Dimetoato al 40 %)	4 €/l	1 l
	Aminoácidos	6 €/l	4 l
	Abono foliar (NPK, 20-20-20) + microelementos	3.5 €/l	6 l
2ª gen. prays (4) (5)	Insecticida (Dimetoato al 40 %)(**) + piretroide	4 €/l + 14 €/l	1,25 l + 0.3 l
	Aminoácidos	6 €/l	2 l
	Abono foliar (NPK, 13-0-46)	0.5 €/l	10 kg
3ª gen. prays	Insecticida (Dimetoato al 40 %)	4 €/l	1.25 l
	Abono foliar (NPK, 13-0-46)	0.5 €/l	10 kg
Cochinilla	Carbaril	7.5 €/kg	1.5 kg/ha
Euzophera pinguis (4)	Clorpirifos	15 €/l	2 l
Tratamiento de otoño (6)	Insecticida (Cu al 50%)	8 €/kg	4 kg/ha
	Abono foliar (NPK, 13-0-46)	0.5 €/l	12.5 kg
Mosca del olivo (7)	Dimetoato al 40 %	4 €/l	1 l
Herbicidas:			
- Preemergencia	(8)	15 €/kg	2 kg/ha
- Preemerg. + Postemerg.	(8)	12 €/kg (pre)	1 kg/ha (pre)
		+ 5 €/l (pos)	2.5 l/ha (pos)
- Postemergencia	(8)	5 €/l	3.5 l/ha

(1) Fertirrigación: 8 – 10 aplicaciones/año.

(2) 1ª y 2ª aplicaciones.

(3) De la 3ª a la 10ª aplicación. Entre Mayo y Septiembre.

(4) Datos de dosis referidos a una cuba de 1000 litros.

(5) Cuando se realiza este tratamiento en el mes de Mayo no suele haber repilo pero si la humedad es suficiente para su aparición se incluye el funguicida (Cu) en la fórmula del caldo.

(6) Son dos tratamientos independientes (Cu, NPK) o conjuntos. Si una vez realizado el tratamiento las condiciones de humedad persisten hay que repetirlo al mes.

(7) Tratamiento aéreo realizado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

(8) En el mercado existen numerosas materias activas de productos herbicidas por lo que se hace referencia a precios medios.

(*) En la campaña 06/07 los productos con base de cobre han subido casi un 50%.

(**) El dimetoato es más persistente, y el piretroide de efecto más rápido. Se aplica uno u otro, o ambos, en función de la incidencia de la plaga.

En base a los datos de capacidad real de trabajo (ha/h) y precios (euros/h), se han establecido los costes anuales medios (euros/ha) de mecanización de labores de cultivo en función del tipo de olivar y sistema de manejo (Tabla 7). Considerando el coste de los productos (insumos) empleados habitualmente en tratamientos fitosanitarios y abonado (Tabla 6), se obtiene el coste total. Para evitar diferencias entre alternativas de mecanización en las distintas tareas, se ha optado por elegir entre diferentes posibilidades, considerando las siguientes: eliminación de restos de poda por picado, abonado con abonadora centrífuga, tratamientos de la copa con atomizador, desbrozado con desbrozadora de martillos, desvareto químico (salvo en olivar ecológico) y tratamientos de parcheo con pulverizador “de mochila”.

Tabla 7. Comparación entre tipos y sistemas de manejo en olivar

Tipos de olivar y sistema de manejo	Horas/ha de operaciones mecanizadas	Coste operaciones mecanizadas (euros / ha)	Coste Total (euros/ha)
<i>Olivar tradicional de campiña o zonas intermedias</i>			
Laboreo tradicional	11,8	331	605
No laboreo	7,3	274	576
Cubierta vegetal espontánea	7,0	587	313
Cubierta vegetal sembrada	7,8	329	624
<i>Olivar de sierra</i>			
No laboreo	7,8	328	630
Laboreo mínimo	9,8	358	642
Ecológico	11,4	418	591
<i>Olivar intensivo</i>			
No laboreo	8,4	299	601
Laboreo mínimo	9,8	305	596
Cubierta vegetal sembrada	7,5	358	653

Como puede observarse, las variaciones entre sistemas oscilan alrededor del +/- 10 % sobre el coste medio, que se sitúa cerca de los 610 euros/ha. Las diferencias de tiempo de trabajo están alrededor del +/- 20 %.

El coste de la recolección, considerando el sistema tradicional de derribo con vibrador, recogida sobre mallas y manejo del fruto con tractor con cargador frontal y remolque, varía según la producción. En olivares de 3000 kg/ha el coste es de unos 540 euros/ha (0.18 euros/kg); para 5000 kg/ha, sería 811 euros/ha (0.16 euros/kg); y para 7000 kg/ha,

el coste es 875 euros/ha (0.125 euros/kg). Por lo tanto, el coste total del cultivo está entorno a los 1200 – 1600 euros/ha. Las diferencias de costes de mecanización, excluida la recolección, son menores que las debidas a las características de la explotación.

Estas variaciones pueden ser, en realidad, mayores al comparar una explotación que pasa de un sistema de manejo tradicional, con laboreo y quema de restos, a un sistema de conservación, con cubierta y picado, ya que, el agricultor necesita realizar una inversión importante en máquinas de desbrozado y picado de restos de poda y usar un tractor con super reductora y si es posible con inversor, lo que justifica la conveniencia de ayudas en el cambio a estos sistemas..

Bibliografía

- A.S.A.E. D497.4 FEB 03. Agricultural machinery management data.
- Blanco, G. L.; Gil-Ribes, J., 2007. Gestión de la mecanización. Mecanización agraria, Aula Visual. UCO. www.uco.es
- Gil-Ribes, J., Blanco G. L., 2005 Mecanización del olivar: maquinaria, tiempos y costes. *Vida Rural*, 210: 32-35.
- Gil -Ribes, J.; López J., 2004. Mecanización. En: El cultivo del olivo. Barranco, D.; Fernández, R.; Rallo, L., (eds.). Ed. Mundi-Prensa. Madrid (2004).

CONTROL DE MALAS HIERBAS Y MANEJO DE CUBIERTAS VEGETALES VIVAS EN LOS SISTEMAS DE AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN OLIVAR

M. Pastor Muñoz-Cobo y V. Vega Macías

Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales. IFAPA.
CIFA “Alameda del Obispo”. Córdoba. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa.
Junta de Andalucía.

INTRODUCCIÓN

Para que un sistema de cultivo alternativo al laboreo sea aceptado por el olivarero no debería ocasionar pérdidas de rentabilidad, asegurando la producción sin que se *disparen* al alza los costes de cultivo, o en otro caso disponer de unos ingresos complementarios que, con el imperativo de asegurar la conservación del medio, ayuden a mantener esa rentabilidad. En cada situación agronómica existe un sistema óptimo de cultivo, teniendo en cuenta que la **conservación del agua** y el suelo deben ser siempre objetivos prioritarios para el olivarero.

Para el control de las malas hierbas o para la siega de la cubierta vegetal debemos utilizar las labores (empleando el apero más adecuado en cada caso y teniendo en cuenta el riesgo de erosión derivado de su empleo), los herbicidas autorizados por la legislación, los medios mecánicos para la siega (desbrozadoras o segadoras), o incluso el pastoreo en el caso de olivares extensivos o de sierra. Señalamos igualmente que ningún sistema de control excluye a los demás, y que muchas veces puede ser conveniente la combinación de dos o más de estos sistemas. Recurrir al laboreo después de haber

empleado durante una época las desbrozadoras, o cuando se ha producido una **inversión de flora** después de aplicar durante varios años determinados programas de herbicidas, puede ser una estrategia necesaria.

Queremos hacernos eco de los problemas planteados debido el empleo de ciertos herbicidas residuales, lo que a petición de la Comunidad Autónoma de Andalucía y una vez oída la opinión de la Comisión de Evaluación de Productos Fitosanitarios, ha obligado a la Dirección General de Agricultura del MAPA, en uso de sus competencias (Real Decreto 2163/1994), a llegar a un Acuerdo sobre Restricciones Temporales a la Utilización de Determinados Herbicidas (28 julio de 2005) en zonas de protección de aguas superficiales destinadas a obtención de aguas potables:

- 1) suspender temporalmente las autorizaciones de los productos que contengan terbutilazina y diurón o las mezclas de los mismos, así como simazina (cuyo empleo ya había sido prohibido en olivar en el año 2002);
- 2) estas suspensiones afectarán a los ámbitos territoriales siguientes: zonas de protección de aguas superficiales embalsadas que se destinen a consumo humano (cuenca hidrográfica limitada por cada presa aguas arriba de la misma y en plantaciones de ribera que disten menos de 50 m de los cursos naturales de agua).

En honor a la verdad, parece que la contaminación por herbicidas puede ser una consecuencia directa de la escorrentía y el arrastre de suelo (y de los herbicidas) durante los eventos de lluvias de cierta intensidad, que se producen normalmente durante el otoño.

Teniendo en cuenta, además, que han aparecido esporádicamente muestras de aceitunas y aceites con residuos de los mencionados herbicidas (casi siempre a concentraciones inferiores al límite máximo de residuos permitidos por la legislación española), en este capítulo nos vamos a ceñir en nuestras recomendaciones a las materias activas permitidas por el Reglamento Específico de Producción Integrada de Olivar (REPIO) de Andalucía aprobado por Orden de 18 de junio de 2002 (BOJA núm. 88 de 27 de julio de 2002) que recientemente ha sido modificado por una Resolución de 4 de julio de 2005 (BOJA num. 142 de 22 de julio de 2005), que ha excluido herbicidas como terbutilazina, terbutrina, diurón, clortolurón, azafendín, norflurazona, tiazopir y sulfosato. En la actualidad la lista de herbicidas permitidos por dicho reglamento es la siguiente: **amitrol, diflufenicán, flazasulfurón, oxifluorfen, fluroxipir, glifosato, glufosinato de amonio, MCPA, quizalofop-p-etil**. Las tablas 1 y 2 muestran información relativa al modo de acción, comportamiento en el suelo, recomendaciones de empleo y restricciones de uso de los mencionados herbicidas.

Teniendo en cuenta que las tomas de decisiones en materia de control de malas hierbas o siega de la cubierta en una parcela es enormemente complejo, recomendamos siempre el **asesoramiento técnico por un buen especialista** que, en función del inventario de vegetación adventicia presente y del desarrollo de las hierbas o de la cubierta, diseñe el plan de actuación más adecuado.

Finalmente queremos resaltar la importancia que tiene el **empleo de la maquinaria adecuada a cada estrategia de control**, tanto en lo referente al laboreo como a la siega mecánica o en el control químico. Una resolución de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (BOJA núm. 215 de 7 de noviembre de 2003) relativa a las recomendaciones a los olivereros sobre buenas prácticas agrícolas para mejorar la calidad de las producciones, da recomendaciones relativas a la maquinaria de aplicación de herbicidas y las buenas prácticas de empleo de las mismas (ver apartado 3 de este capítulo y capítulo 5).

LOS SISTEMAS DE CULTIVO Y LAS ESTRATEGIAS DE CONTROL DE LAS MALAS HIERBAS O DE SIEGA DE LAS CUBIERTAS.

Existen diferentes sistemas de cultivo alternativos al laboreo convencional. En Saavedra y Pastor (2002) y Pastor (2004) podrá encontrar el lector información amplia sobre estos sistemas de cultivo. Tratando de resumirlos podemos subdividir dichos sistemas de cultivo en: sistemas con **suelo desnudo** todo el año y sistemas de *cultivo con cubierta* (cubiertas inertes y cubiertas vegetales vivas).



Figura 1: Uno de los métodos de control de malas hierbas alternativos al laboreo es el empleo de herbicidas. La utilización de una maquinaria adecuada para su aplicación es fundamental para lograr una buena eficacia y reducir los riesgos de contaminación ambiental. En la foto una barra equipada con boquillas de chorro plano aplica herbicidas en otoño en la línea de plantación de un olivar intensivo cultivado con cubierta vegetal en el centro de la calle. En este caso se dejará crecer la cubierta hasta el principio de la primavera.

Sistemas con suelo desnudo

Entre estos sistemas podemos citar el laboreo convencional, no-laboreo con suelo desnudo, mínimo laboreo y el semilaboreo. En ellos puede ser conveniente mantener el suelo **bajo la copa de los olivos** (ruedos) o la **banda de plantación** sin laboreo y libre de malas hierbas mediante el empleo de herbicidas, lo que permite recoger mediante barrido (manual o mecánico) las aceitunas caídas al suelo de forma natural, lo que es frecuente que se produzca en olivar de almazara en los años lluviosos, siendo especialmente frecuente este hecho en plantaciones de la variedad 'Picual'. En el **centro de las calles del olivar** la hierba será controlada bien utilizando herbicidas, mediante la realización de labores o la combinación de ambos.

Para mantener los **ruedos** o la **banda de plantación** sin laboreo y libre de malas hierbas es necesario recurrir a la aplicación de herbicidas. Las materias activas cuya utilización está permitida por el REPIO en Andalucía (ver tablas 1 y 2 permiten escasas alternativas de control. Pensamos que habrá que recurrir a realizar **aplicaciones en postemergencia temprana**, como es natural una vez que las lluvias de otoño hayan asegurado la emergencia de las malas hierbas de ciclo otoño-invierno, empleando alguna de las siguientes combinaciones: glifosato + diflufenicán, glifosato + oxifluorfen o glifosato + flazasulfurón. La experiencia nos ha enseñado que la utilización de oxifluorfen o flazasulfurón en preemergencia puede no ser la alternativa más interesante.

Considerando las circunstancias meteorológicas que acontecen en nuestros otoños, como sequías algunos años o gran número de días de viento y lluvias en los años lluviosos, así como los plazos de seguridad que debemos respetar, existe en esta época un escaso número de días disponibles para realizar los tratamientos de postemergencia, por lo que en el caso de explotaciones de cierto tamaño debe disponerse de un parque de maquinaria holgadamente suficiente, o bien recurrir a empresas de servicio externas.

Debemos advertir que la relativamente baja persistencia de los mencionados herbicidas, no residuales en unos casos (glifosato), relativamente poco residuales (flazasulfurón) o poco residuales en otros (diflufenicán, oxifluorfen), hace prever que en los años lluviosos probablemente sean necesarias más de una aplicación anual para mantener el suelo desnudo de vegetación, lo que no ocurría cuando se empleaban los herbicidas residuales clásicos (simazina, terbutilazina y diuron).

La **aplicación de herbicidas sobre los frutos caídos al suelo es una práctica siempre desaconsejable**, que no está recogida por el REPIO. En casos de extrema necesidad (caída masiva de aceitunas maduras sobre un suelo con hierba desarrollada que imposibilita una recolección económica), lo que es poco frecuente en las explotaciones bien gestionadas, siempre se debe consultar con los Servicios Oficiales de Sanidad Vegetal que nos informarán de las posibles autorizaciones para su aplicación y en esas circunstancias (en la actualidad solamente algunas formulaciones de glifosato están

autorizadas). Estas aceitunas, en todo caso, siempre serán separadas de las recogidas directamente de los árboles y procesadas aparte. Al final del proceso industrial, los aceites procedentes de estas aceitunas podrán consumirse con todas las garantías aunque, debido a los procesos de refinación, hayan perdido determinadas características organolépticas y valor biológico, con relación a los obtenidos de los frutos recogidos directamente del árbol.

Para mantener libres de hierba el **centro de las calles de la plantación** puede recurrirse a algunas de las citadas combinaciones de herbicidas, debiéndose realizar al menos dos aplicaciones (otoño – primavera) si queremos mantener el suelo limpio todo el año. El laboreo o la combinación de **labores + herbicidas** reducirá el número de aplicaciones / labores y mejorará globalmente la infiltración en parcela. Queremos llamar la atención de que el tradicional laboreo intenso incrementa las pérdidas de suelo por erosión.

En **cultivo ecológico** la eliminación de las malas hierbas se hará mediante el laboreo, tanto en las calles como bajo la copa de los árboles.



Figura 2: Otro método alternativo al laboreo para el control de las malas hierbas es la siega mecánica. En la foto se observa una máquina desbrozadora de martillos trabajando en un suelo pedregoso en Santa Cruz (Córdoba). Obsérvese que después del paso de la máquina quedan las especies de porte rastrero así como restos de la vegetación segada, que probablemente rebrotarán a partir del cuello, por lo que no cesará la transpiración de la cubierta, siendo necesario en este caso realizar nuevas siegas.

Sistemas de cultivo con cubierta

En los **sistemas con cubierta** podemos distinguir entre **cubiertas inertes** (restos triturados de poda o piedras en caso de suelos pedregosos) y **cubiertas vegetales vivas**. En cultivo convencional o en producción integrada, en los sistemas con cubierta propugnamos el mantenimiento de los **ruedos** o **la banda de plantación** sin laboreo y libre de malas hierbas aplicando las estrategias propuestas en el apartado anterior. En el centro de las calles, que mantendremos en no-laboreo y cubierta, las alternativas para el control de la vegetación son diversas, aunque debe quedar claro (ver Capítulo 5) que tanto las malas hierbas como la cubierta deben controlarse antes de que se inicie la competencia por el agua y nutrientes entre la cubierta y el olivar, hecho que normalmente acontece, según la pluviometría anual, en la última quincena del mes de marzo. En condiciones de no-laboreo los métodos para la siega / control de las malas hierbas o la vegetación de cobertura son la siega mecánica, la siega química o el pastoreo con una suficiente carga ganadera, y como es natural la combinación de algunos de ellos.

Con relación a la **siega química de la cubierta** o el **control de malas hierbas** ya emergidas (ver tablas 1 y 2), el herbicida más polivalente es **glifosato**, que une a su eficacia un actual coste muy razonable, lo que nunca debe incitar al empleo de dosis excesivas. Para obtener unos óptimos resultados con glifosato, especialmente cuando se utilicen dosis bajas, en los tratamientos se emplearán bajos volúmenes de agua y no se realizarán aplicaciones cuando la vegetación esté mojada o amenazan lluvias. Otros herbicidas de amplio espectro son **amitrol** y **glufosinato de amonio**. Determinadas especies anuales de hoja ancha son difíciles de controlar con glifosato a dosis bajas (0,7 – 1,0 Kg /ha), por lo que para conseguir una eficacia adecuada podría ser necesario aumentar las dosis, lo que no es la solución más recomendable. Existen materias activas que mezcladas con glifosato mejoran la eficacia de éste contra especies de hoja ancha sin necesidad de aumentar las dosis. Entre los permitidos por el REPIO, **oxifluorfén** (de forma indicativa 0,1 l de producto comercial del 24 % por cada litro de glifosato del 36%) y **MCPA** (existe una formulación comercial 18 % de glifosato + 18% de MCPA) pueden ser interesantes a la hora de diseñar la estrategia de siega o control más adecuada. La mezcla glifosato + MCPA se muestra algo antagónica en el control de las especies de hoja estrecha, por lo que cuando estas predominan, la citada mezcla de herbicidas no es el tratamiento más recomendable.



Figura 3: Máquina desbrozadora desplazable del centro del tractor que ofrece la posibilidad de segar las malas hierbas tanto en el centro de las calles como bajo la copa de los olivos, lo cual hace a esta máquina especialmente útil en olivares en cultivo ecológico, en los que no pueden aplicarse herbicidas bajo la copa de los árboles.

Otro de los problemas más frecuentes es el control de las llamadas **malas hierbas difíciles**, especialmente algunas especies de hoja ancha cuyo control es difícil con glifosato. Nos referimos, por ejemplo, al control de especies de la familia de las malváceas (*Malva* sp. y *Lavatera* sp. fundamentalmente) o al cohombriillo o pepinillo del diablo (*Ecballium elaterium*). Es fundamental resolver siempre el problema cuando aparecen los primeros individuos en nuestro olivar, realizando tratamientos localizados sobre las primeras emergencias. Si ya se ha producido la inversión de flora hacia estas especies, el problema siempre es costoso de resolver. El control químico de los pepinillos debe acometerse empleando el herbicida **fluroxipir** (0,40 Kg/ha) y repitiendo la aplicación sobre los rebrotes, normalmente se consigue su erradicación. Contra las especies **malváceas** las soluciones de control pasan por el empleo de: **fluroxipir** (0,2 – 0,3 kg/ha tratada) cuando las malvas alcanzan cierto desarrollo; mezcla **glifosato + oxifluorfen** (1,4 a 2,2 + 0,10 a 0,14 kg/ha); **amitrol** cuando la hierba está poco desarrollada; habiéndose demostrado la adecuada eficacia del flazasulfurón en tratamiento de preemergencia. Saavedra y Pastor (2002) dan una amplia información sobre estrategias de control de un gran número de especies que de algún modo pueden llegar a causar problemas de inversión de flora en los olivares.

Las **malas hierbas anuales de verano**, entre las que debemos destacar los cenizos (*Chenopodium* sp., *Heliotropium europaeum*), los amarantos (*Amaranthus* sp.), tomatito (*Solanum nigrum*) y el tornasol (*Chrozophora tinctoria*), lechetreznas (*Euphorbia* sp), la verdolaga (*Portulaca oleracea*) y el desmancaperros (*Tribulus terrestris*) entre otros, son muy frecuentes en los olivares de regadío o en los olivares que vegetan en suelos frescos y años lluviosos, y su control exige una estrategia diferente. En general se trata de especies de porte más o menos rastrero, que se adaptan muy bien a las condiciones de no-laboreo, y que tienen una germinación/emergencia muy escalonada a lo largo de todo el verano y hasta que se produce la bajada otoñal de las temperaturas. Para su control hay que recurrir al empleo de herbicidas, realizando tratamientos en rodales o aplicaciones en la banda de plantación o a todo el terreno cuando el tamaño de las poblaciones alcanza una cierta entidad y la cobertura es considerable. Debido a la emergencia escalonada de la mayoría de estas especies, lo más conveniente sería realizar **aplicaciones de postemergencia muy temprana** (hierbas con una altura no superior a 4-5 cm), tratando así de reducir el número de tratamientos anuales, empleando una mezcla de herbicidas de pre y postemergencia, elegidos en función de las especies que debamos controlar, así como de las condiciones en las que se desarrolla el cultivo. Son recomendables las mezclas de glifosato con oxifluorén, flazasulfurón o diflufenicán (seguir las indicaciones que se dan en las tablas 1 y 2).



Figura 4: En olivares con riego localizado en verano es frecuente que se produzcan emergencias de malas hierbas (en este caso *Amaranthus albus*) en las zonas del suelo humedecidas por los goteros. Su control es especialmente importante y urgente antes de que se produzca la inversión de flora con proliferación de especies difíciles de controlar mecánicamente o con empleo de herbicidas.

Otro de los aspectos que queremos tratar en este apartado es la inducción de la inversión de flora para facilitar el **manejo de las cubiertas**. Por muchas razones nos inclinamos por el empleo de **cubiertas constituidas por una única familia de especies**, por ejemplo cubierta de gramíneas o de especies de hoja ancha, entre las que la cubierta de leguminosas (*Vicia* sp., *Medicago*, sp.) nos parece muy interesante por su aportación *gratuita* de nitrógeno al sistema. Sin recurrir a la siembra, la única forma de conseguir este tipo de cubiertas es provocar artificialmente la **inversión de flora** mediante la realización de determinados tratamientos herbicidas. Para lograr una cubierta de gramíneas debe utilizarse un herbicida específico contra especies de hoja ancha. De la lista de herbicidas permitidos por el REPIO solamente **fluroxipir** (0,20 l/ha) permite lograr este tipo de inversión. Si quisiéramos obtener una cubierta de especies de hoja ancha eliminando las gramíneas, parece obligado el empleo de **quizalofop-p-etil** (0,05 a 0,125 kg/ha según el estado de desarrollo de las plantas a controlar).

Si nos inclinamos por el **control mecánico de la hierba o la cubierta** sin recurrir a las labores, debemos emplear **desbrozadoras mecánicas** que realicen el corte de la vegetación a ras de suelo o lo más bajo posible, para reducir así el rebrote de la vegetación. A pesar de ello serán necesarias de 2 a 3 siegas a lo largo de la primavera, lo que dependerá de la pluviometría anual y su reparto. Para que la siega sea más eficaz y para evitar continuas averías de la desbrozadora, sería deseable alisar previamente la superficie del terreno y retirar las piedras de mayor tamaño. En el mercado existen diferentes tipos y modelos de desbrozadora cuyo sistema de corte (martillos, cable u cuchillas que giran alrededor de un eje) está accionado por la toma de fuerza del tractor, así como desbrozadoras mecánicas manuales, accionadas por un motor de gasolina, que permiten desbrozados en zonas de difícil acceso.

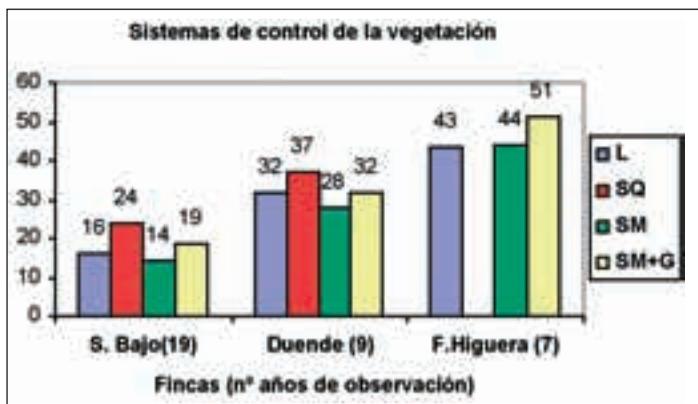


Figura 5: Producciones de aceituna obtenidas en tres ensayos de sistemas de control de malas hierbas en olivar tradicional en los que durante varios años (entre paréntesis en el gráfico) se compararon: L = laboreo convencional; SQ (siega química) = 2 a 3 aplicaciones de herbicidas de postemergencia (diquat + paraquat o glifosato); SM

(siega mecánica) = 2-3 pases de desbrozadora a lo largo de la primavera; SM+G = igual que anterior + un pase de grada de discos a final de primavera. Fincas: Salido Bajo (Navas de San Juan), El Duende (Chilluévar), Fuente de la Higuera (Linares). Fuente: Elaboración propia a partir de Fernández-Bolaños (1971); Civantos y Torres (1981); y Delegación de Jaén de la CAP (comunicación personal).

En la figura 5 mostramos la eficiencia de diferentes sistemas de control de malas hierbas en tres ensayos realizados en la provincia de Jaén en olivar adulto tradicional. Vemos cómo el sistema de siega química (**SQ**) (2-3 aplicaciones anuales de diquat + paraquat o glifosato) resultó productivamente más eficaz que el laboreo convencional (**L**) y que la siega mecánica (**SM**), mientras que **SM** fue menos efectiva que el laboreo.

Teniendo en cuenta que a medio y largo plazo es frecuente que se produzca una inversión de flora como consecuencia del reiterado empleo de la siega mecánica, con proliferación de especies perennes o anuales de porte rastrero, creemos que puede ser interesante la combinación de métodos de siega química y mecánica, e incluso la combinación de siega mecánica y labores. La figura 5 muestra igualmente que cuando se combina la siega mecánica con una labor con grada de discos a final de la primavera (**SM + G**), cuya misión es matar las hierbas de porte rastrero no controladas por la siega, se logró una mayor producción de aceitunas que cuando se emplearon el laboreo (**L**) o exclusivamente la siega con desbrozadora (**SM**) como métodos de control, aunque inferior a la cosecha obtenida en no-laboreo con **SQ**. Estos resultados ponen de manifiesto los diferentes grados de competencia por el agua que se establecen entre las malas hierbas y el cultivo para los diferentes sistemas de control empleados. Queremos advertir que en el REPIO se prohíbe el laboreo con utilización de aperos que destruyan la estructura del suelo (entre ellos la grada de discos), pero en el caso que nos ocupa se ha realizado la labor de grada a final de la primavera y con el suelo totalmente seco (ya no hay agua que perder en la capa más superficial ni se produce degradación subsuperficial de la estructura), por lo que no se produce un marcado efecto pernicioso sobre el suelo, como lo demuestran los buenos resultados obtenidos en los tres ensayos a largo plazo cuyos datos se muestran en la figura 5.

En cultivo ecológico sólo es posible el control de las malas hierbas o de la cubierta mediante el empleo de la desbrozadora o las labores. En este caso siempre debemos tener en cuenta los resultados mostrados en la figura 5 que se comentaron en el párrafo anterior.

BUENAS PRÁCTICAS EN EL CONTROL DE VEGETACIÓN

Buenas prácticas relativas a la programación del control de las malas hierbas y en el manejo de una cubierta vegetal

A la hora de programar el control de la vegetación debería recurrirse al asesoramiento técnico que nos recomendará, en cada caso, la estrategia más adecuada. En el transcurso del año se debe **visitar con frecuencia la parcela**, anotando las hierbas que aparecen, aunque sean meras presencias, y su abundancia relativa. Este trabajo es imprescindible para que un especialista pueda diseñar un programa de actuación eficiente, ya

que cuando se corrigen a tiempo los problemas pueden evitarse las **inversiones de flora** que en el futuro ocasionarían grandes gastos y un innecesario empleo masivo de herbicidas.

No debemos empeñarnos en resolver todos los problemas recurriendo al empleo de herbicidas, ya que determinadas prácticas de cultivo, entre las que se incluyen cierto tipo de labores, realizadas a tiempo y de una forma adecuada, pueden ser una herramienta muy efectiva de control. Las **desbrozadoras** o segadoras mecánicas pueden resultar igualmente eficaces. Como ya se ha dicho, la combinación y alternancia de varios sistemas de control siempre es interesante.

Si nos decidimos por el empleo de herbicidas debemos tener en cuenta lo siguiente:

Cuando se ha identificado el tipo de aplicación a realizar, y en especial cuando se aplican herbicidas por primera vez en un olivar, debe procurarse **emplear siempre las dosis mínimas recomendadas**, suelen ser más que suficientes.

Conviene evitar emplear todos los años el mismo tipo de herbicida. La alternancia de herbicidas es siempre necesaria para evitar que se produzca la selección de especies tolerantes o mal controladas por un determinado herbicida. La alternancia de materias activas, a ser posible pertenecientes a **familias diferentes**, nos parece fundamental. Nunca se debe tratar de solucionar los problemas aumentando las dosis, casi siempre el **empleo de otra materia activa** puede resolver eficazmente los problemas de **inversión de flora**. La mezcla de materias activas puede resultar muy eficaz.

No emplear nunca **herbicidas no autorizados**, aunque la experiencia pueda habernos demostrado su tolerancia por el cultivo.

Existen **momentos en que las hierbas son poco susceptibles a los herbicidas**, así como estados del olivar en los que no es conveniente ni está autorizada la aplicación de un/os determinado/s herbicida/s.

Las **malas hierbas anuales se controlan mejor y a menor dosis cuando tienen un pequeño desarrollo**. Las **perennes**, en general, cuando se acercan a su floración, que en la mayoría de los casos es cuando pueden ser erradicadas.

La **técnica de aplicación** es fundamental para obtener una adecuada eficacia de los tratamientos herbicidas y, por tanto también influye sobre la dosis a emplear. Técnicas de aplicación que permitan una buena uniformidad permiten utilizar dosis más bajas de herbicida. El **glifosato**, por ejemplo, ve enormemente reducida su eficacia cuando se aumenta la cantidad de agua con la que se aplica, por lo que en este caso sería necesaria la aplicación empleando **técnicas** de bajo o ultrabajo volumen y/o acidificando el caldo de tratamiento (por ejemplo con adición de sulfato amónico), ello podría permitir reducir las dosis.

Es fundamental tener en cuenta las **condiciones ambientales cuando vamos a realizar los tratamientos**, ya que bajas temperaturas pueden determinar que se obtengan resultados muy poco satisfactorios con determinados herbicidas (MCPA y fluroxipir, por ejemplo), y en este caso lo que haríamos sería contaminar. Si amenaza lluvia o existe viento abstenerse de tratar.

Decir finalmente que las hierbas **no son siempre nuestras enemigas en el olivar**, ya que determinadas especies pueden ser excelentes aliadas a la hora de luchar contra determinados problemas de erosión. **Mantener el suelo totalmente limpio de malas hierbas no es ya un síntoma de máxima eficiencia del sistema.**

Buenas prácticas relativas al empleo de los herbicidas

Antes de realizar un tratamiento herbicida debemos de contemplar globalmente una serie de factores, todos ellos de gran importancia, lo que al final nos conducirá a un **tratamiento económico, efectivo** y con un **mínimo impacto ambiental**, para ello es necesario:

- **Identificar correctamente el problema:** malas hierbas a combatir, tratando de cuantificar la densidad de la población; su estado de desarrollo y fenología; la localización de la hierba en la parcela (bajo copa o centro de la calle).
- **Seleccionar la materia** o materias activas que pueden resultar eficaces para controlar la población de malas hierbas en el estado fenológico (o de desarrollo de la vida de la planta) en que se encuentra ésta en el momento en el que se va a realizar la aplicación.
- Comprobar que la/s **materia/s activa/s** está incluida en la **lista de las permitidas en olivar** (ver tablas 1 y 2), así como su autorización, y recomendaciones de empleo para el estado fenológico en que se encuentra la mala hierba y el olivar en el momento de realizar el tratamiento.
- Entre todas las posibles alternativas de control elegir el/los herbicida/s que permita/n un **mínimo impacto ambiental** y un **mínimo coste**.
- Localizar en el comercio el formulado y **leer detenidamente su etiqueta**, en la que el fabricante informa al usuario sobre el empleo del producto, recomendando la dosis más adecuada de empleo, su forma de aplicación y detalles importantes como son los datos ecotoxicológicos y las normas a seguir en caso de intoxicación del aplicador.
- Elegir el **equipo idóneo para realizar la aplicación**, asegurándonos que la presión de trabajo sea la adecuada (3-5 kg/cm²), y que las boquillas (figura 6) estén

en buen estado (no hayan sufrido desgaste después de una serie de horas de funcionamiento). Cada tratamiento puede requerir un gasto de agua diferente (boquillas diferentes), asegurándonos que vamos a aplicar la misma dosis en toda la superficie tratada (el tractor debe transitar siempre a la misma velocidad sin que varíemos la presión de trabajo).



Figura 6: El elemento más importante del equipo de aplicación de herbicidas es la boquilla. Es interesante la utilización de boquillas antideriva de buena calidad, imprescindibles en zonas en las que el viento es frecuente. El aplicador debe tener muy en cuenta las características de la boquilla a emplear: material con el que está fabricado el orificio (se recomienda la cerámica, color rojo en la foto), color del cuerpo junto con el código ISO (nos indica el rango caudales para las diferentes presiones de trabajo), ángulo del chorro plano (recomendable 110° para olivar), además asegurarnos que la boquilla se adapta a la tuerca del porta-boquillas con la que va equipada la barra (utilizar el tipo APE). Ilustración cedida por ALBUZ. Las boquillas deben situarse a 50 cm entre ellas y a una altura mínima de 40 cm sobre el suelo.

- Realizar la aplicación **cuando las condiciones atmosféricas sean las adecuadas**, teniendo en cuenta el **riesgo de lluvia**, y especialmente el **viento**, fenómeno éste que afecta no solo a la uniformidad de la distribución del herbicida, sino que puede transportar gotas de pequeño tamaño a grandes distancias (**deriva**), lo que puede afectar a cultivos colindantes, o incluso al olivo cuando la materia activa empleada no tiene selectividad total por contacto para el propio cultivo. Para paliar este problema se recomienda el empleo de **boquillas antideriva**, que permiten aplicar gotas más gruesas que las boquillas normales, lo que junto con empleo de **presiones de trabajo relativamente más bajas**, reduce el transporte de herbicida por el viento.



Figura 7: No es recomendable la aplicación manual de herbicidas a todo el terreno (izquierda) utilizando maniqueras equipadas con pistolas. Solamente las aplicaciones en terrenos de gran pendiente (en los que es difícil el tránsito del tractor y la cuba) y empleando boquillas de chorro plano de proyección vertical y baja presión puede ser una excepción. Tampoco es recomendable (derecha) el empleo de pulverizadores de boquillas oscilantes (tipo Casotti) debido a una inadecuada homogeneidad de distribución del producto sobre el terreno y porque no aseguran que no se moje el cultivo (fitotoxicidad), generando un gran transporte de gotas de pequeño tamaño a grandes distancias (deriva), lo que puede contaminar y afectar a cultivos colindantes, o incluso al olivo.

- **Lavar el depósito** una vez realizada la aplicación, y **no dejar cubas con producto de un día para otro.**
- **Recoger y destruir los envases de los productos utilizados**, así como evitar, durante la carga del depósito, la contaminación de los cauces o pozos en los que hemos tomado el agua (¡cuidado con el tipo de *autocargador* que vamos a emplear!).
- Los aplicadores deben ir provistos de las **prendas prescritas en las normas de seguridad**, y haber realizado el **curso de aplicador de plaguicidas.**

Bibliografía

- Civantos, L., Torres, J., 1981. *Ensayos sobre sistemas de mantenimiento del suelo en olivar*. ITEA, 44: 38-43.
- Fernández-Bolaños, 1971. *Un ensayo de sistemas de laboreo*. Agricultura, 467: 149-150.
- Pastor, M., 2004. Sistemas de manejo del suelo. En: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L. (Eds). *El Cultivo del Olivo*. Ed. Consejería de Agricultura Junta de Andalucía – Mundi Prensa S.A. 229-285.
- Saavedra, M., Pastor, M., 2002. *Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de malas hierbas y herbicidas*. Ed. Agrícola Española S.A. Madrid. 428 pp.

Tabla 1: Modo de acción, comportamiento en el suelo y forma de empleo de los herbicidas permitidos en olivar por el Reglamento Específico de Producción Integrada

HERBICIDA	MODO DE ACCIÓN			COMPORTAMIENTO EN EL SUELO		FORMA DE EMPLEO MÁS FRECUENTE	MOVIMIENTO EN LA PLANTA
	Residual	Contacto	Traslocación (vía floema)	Adsorción	Persistencia		
Amitrol	*	0	***	++	# #	Postemergencia de las malas hierbas	Xilema / Floema 0
Diflufenicán	**	**	0	+++	# #	Post-temprana de las malas hierbas	Xilema/ Floema 0
Flazasulfurón	**	-	***	++	#	Postemergencia de las malas hierbas	Xilema/ Floema 0
Oxifluorfen	**	**	0	+++	# # #	Preem-Postem	Floema
Fluroxipir	*	*	***	+	#	Postemergencia de las malas hierbas	Floema
Glifosato	0	***	***	++++	0	Postemergencia de las malas hierbas	Floema
Glufosinato de amonio	0	***	*	+++	0	Postemergencia de las malas hierbas	0
MCPA	*	0	***	+	#	Postemergencia de las malas hierbas	Floema
Quizalofop-p-etil	*	0	***	+++	# #	Postemergencia de las malas hierbas	Floema

MODO DE ACCIÓN: (0) nula (*) débil (**) importante (***) muy importante

ADSORCIÓN: (+) débil (++) moderada (+++) importante (++++) muy importante

PERSISTENCIA EN SUELO: (0) nula (#) semanas (# #) mediana (# # #) pocos meses (# # # #) más de 4 meses

MOVIMIENTO EN LA PLANTA: xilema = ascendente (absorción por raíz); floema = descendente (absorción por partes verdes de las malas hierbas); xilema / floema = ascendente-descendente; 0 = sin movimiento dentro de la planta.

Tabla 2: Recomendaciones de empleo y restricciones de uso de los herbicidas permitidos en olivar por el Reglamento Específico de Producción Integrada.

HERBICIDA	Observaciones de empleo	Dosis de empleo (1) (Kg / ha)	Restricciones (2)	Plazo de seguridad (días) (4)
Amitrol	Tiene una cierta actividad cuando se aplica en preemergencia de las malas hierbas, pero ésta es de escasa importancia	[0,75] 1,0	(a + c + e)	45
Diflufenicán	Por estar autorizado en mezcla con glifosato, se recomienda su empleo en aplicaciones de postemergencia temprana de las malas hierbas	[0,1] 0,16 –0,24	Solo en mezcla con glifosato(a + d + e)	-----
Flazasulfurón	Postemergencia temprana de las hierbas	0,025	(a + b + c + e)	-----
Oxifluorfén	Si se quiere conseguir un suelo desnudo un largo período de tiempo aplicar sobre suelo totalmente limpio de restos vegetales (incluido hojas de olivo) y no remover después la superficie del terreno	0,48 – 0,96 (3)	(a + e) No aplicar: - más de dos años seguidos en zonas con riesgo de erosión, - en proximidad de cursos de agua.	21
Fluroxipir	Activo exclusivamente contra m.h. dicotiledóneas. No aplicar con temperaturas inferiores a 6°C (falta de actividad herbicida), ni superiores a 15-20 °C y/o viento en el momento de la aplicación (riesgo de fitotoxicidad para el olivo)	0,20	(a + e) No aplicar desde 4 meses antes de la recolección hasta pasada ésta	15
Glifosato	Eficacia muy alta sobre m.h. perennes cuando se emplea la dosis adecuada y cuando la aplicación se realiza después de la recolección. Emplear bajo volumen de agua. Reducir las dosis cuando se pretende controlar especies anuales y en suelos arenosos, así como en aplicaciones sobre los puntos de distribución de agua en riego localizado.	0,36 – 1,08 (control m.h. anuales según tamaño de las mismas) 1,8 – 2,5 (control m.h. perennes en plena floración)	(a + e)	7
Glufosinato de amonio	Especialmente indicado cuando exista riesgo de contaminación	0,75	(a + e)	21

7. Control de malas hierbas y manejo de cubiertas vegetales vivas

MCPA	Evitar aplicaciones sobre líneas de riego localizado, y en el periodo de tiempo transcurrido desde el envero (cambio de color de la aceituna) hasta después de la recolección.	0,54 - 0,72 (sobre m.h. anuales de hoja ancha)	(a + d + e) Está sólo autorizado en mezclas con glifosato. no aplicar en las siguientes circunstancias: -Desde 4 semanas antes de floración hasta después del cuajado. -Con temperaturas superiores a 15-20° - En periodos de sequía.	15 (de la mezcla (MCPA + glifosato))
Quizalofop-p-etil	Emplear exclusivamente para el control de m.h. gramíneas en aplicaciones en postemergencia de las malas hierbas.	0,10	(a + e)	21

(1) **Dosis en no-laboreo:** máxima cantidad de materia activa que se puede aplicar en plantaciones en no-laboreo con suelo desnudo en toda su superficie. Entre corchetes [] se indica la dosis máxima para suelos ligeros. En los restantes sistemas de cultivo, con aplicaciones sobre una superficie limitada (bandas, ruedos, rodales), la dosis máxima anual en la superficie realmente tratada será la contemplada en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios.

(2) **Restricciones:**

(a) No aplicar cuando hay aceituna caída al suelo y que vaya a ser recolectada. En el caso de existir fruto en el suelo éste deberá ser eliminado (restricción general para todos los herbicidas excepto para las formulaciones autorizadas de glifosato).

(b) No aplicar en el centro de las calles de plantación, salvo en determinadas situaciones (parcelas con pendientes superiores al 20% que impidan el tránsito de maquinaria, localizaciones con contrastado riesgo de heladas).

(c) No aplicar en suelos arenosos.

(d) Autorizado exclusivamente en las mezclas indicadas.

(e) No mojar las partes verdes del árbol.

(3) Este herbicida empleado a muy baja dosis tiene un efecto sinérgico en mezclas con glifosato (por ejemplo 100 cm³ de producto comercial del 24% por cada 1.000 cm³ de glifosato de producto comercial al 36%).

(4) **Plazos de seguridad:** Para amitrol el plazo de seguridad se refiere al número de días para la recolección de la aceituna. Para los restantes herbicidas el plazo se refiere a la entrada del ganado en la parcela. En glifosato los plazos de seguridad se refieren al necesario para que resulte eficaz la aplicación contra especies perennes (7 días), 1 día en el caso de especies anuales; como es natural, en este herbicida no podrá hacerse tampoco el desbrozado mecánico antes de transcurrido el referido espacio de tiempo.

INFLUENCIA DE LAS CUBIERTAS VEGETALES EN LAS ENFERMEDADES DEL OLIVAR

**López-Escudero, Fco. Javier, Blanco-López,
Miguel Ángel y Trapero-Casas, Antonio.**

Departamento de Agronomía, ETSIAM, Universidad de Córdoba

INTRODUCCIÓN

El uso de cubiertas vegetales se está expandiendo con éxito en las zonas olivareras en los últimos años ya que representa una alternativa sostenible a otros sistemas de manejo de suelo que se venían empleando, tales como el no laboreo con suelo desnudo, el semilaboreo y, especialmente, el laboreo tradicional. Esta práctica cultural tiene como objetivos principales conservar el suelo y mejorar la retención de agua, protegiéndolo de la erosión hídrica y eólica mediante el establecimiento de franjas vivas entre las calles de la plantación. Para ello se siembran una o la mezcla de varias especies vegetales, cultivadas o no, o bien se actúa sobre la flora espontánea ya existente en la plantación, favoreciendo el crecimiento de determinadas especies. Otra alternativa es establecer cubiertas inertes incorporando entre las filas de árboles restos vegetales orgánicos provenientes del triturado del material de poda de la plantación o cualquier otro tipo de restos vegetales orgánicos de diferente procedencia. En cualquiera de estos casos ocurre una introducción en el sistema de cultivo de laboreo tradicional que implica profundas modificaciones en el ambiente físico, químico y biológico donde se desarrolla el olivo. Estas modificaciones provienen del crecimiento de las especies empleadas y su competencia por agua, espacio y nutrientes respecto al resto de los seres vivos de este entorno, y de la introducción de nuevas prácticas agronómicas en el manejo de la plantación.



Figura 1. Esquema de la interacción entre Agricultura de Conservación en olivar y los tres componentes básicos de la enfermedad: planta, patógeno y ambiente.

La aplicación de esta práctica cultural puede presentar numerosas variantes debido, entre otros factores, al empleo de diferentes especies en las siembras, diferencias en la flora autóctona entre plantaciones, en el tipo de suelo y su orografía, así como en la composición física, química y biológica de éste. A pesar de que la información disponible es todavía escasa, cabe esperar que el efecto de las cubiertas sobre las enfermedades sea muy complejo y de gran variabilidad, debido a las numerosas interacciones que resultan al influir sobre los tres componentes básicos de las enfermedades: las poblaciones de los agentes fitopatógenos y sus vectores, la susceptibilidad de las plantas, y el ambiente (Trapero, 2004) (figura 1). En cultivos herbáceos, en los que las investigaciones en el marco de la agricultura de conservación están más desarrolladas, ocurre la misma complejidad en las interacciones entre estos tres componentes, lo que implica que los resultados obtenidos en un patosistema no se puedan extrapolar a otros cultivos, enfermedades o ambientes. Por ello, no es posible establecer generalizaciones o predicciones para estas interacciones en el olivo, y es necesario iniciar y desarrollar en este cultivo estudios específicos que las aclaren.

En cualquier caso, el efecto neto global en determinados cultivos herbáceos en los que se ha practicado la agricultura de conservación parece favorable para el desarrollo de algunas enfermedades, por lo que se hace necesario complementar dicha práctica con medidas de control que eviten graves pérdidas en los cultivos (Trapero, 2004) (figura 1).

En el caso del olivar parece que estamos a tiempo de prevenir dichas interacciones desfavorables, y proponer un manejo agronómico y unas medidas complementarias de control adecuadas. De esta forma podremos, además de obtener los beneficios ambientales del uso de las cubiertas vegetales, evitar el desarrollo de las enfermedades ya existentes, la evolución de sus patógenos a variantes biológicas más agresivas; la evolución del suelo del olivar a un ambiente más propicio para estos patógenos, o el fomento de microclimas ambientales que influyan positivamente en el aumento de ciertas epidemias (Trapero, 2004).

CUBIERTAS VEGETALES Y ENFERMEDADES DEL OLIVO

Básicamente las preguntas formuladas por los agricultores respecto a la posible influencia de la cubierta vegetal en las enfermedades que afectan al olivo coinciden con los objetivos de las investigaciones que están actualmente en curso, aunque por el momento la información es limitada. Por otra parte, muchos de los esfuerzos se están dirigiendo particularmente a las enfermedades causadas por organismos de suelo, por su estrecha interacción con la cubierta y especialmente por su importancia actual, a la Verticilosis del olivo causada por *Verticillium dahliae*. En este sentido estas preguntas podrían resumirse en: 1) ¿puede favorecer la cubierta vegetal la aparición de enfermedades que anteriormente no existían en la plantación?; 2) ¿puede la cubierta o algunas de las prácticas de cultivo que su establecimiento lleva asociado favorecer el incremento de enfermedades en olivares que ya están afectados?; 3) ¿qué especies vegetales pueden favorecer a los patógenos del suelo?; 4) ¿existe alguna cubierta cuya siembra y manejo posterior pueda erradicar el patógeno en el suelo o reducir la enfermedad?. A continuación se han revisado los principales resultados generados hasta el momento que responden de forma parcial a estas cuestiones. En particular para la Verticilosis del olivo también se ha profundizado en las implicaciones epidemiológicas y de control que podrían tener algunas de las prácticas culturales relacionadas con los diferentes sistemas de cultivo en el olivar.

Cubiertas vegetales y verticilosis del olivo

Generalidades

Verticillium dahliae, causante de la Verticilosis del olivo, es un hongo de suelo que forma estructuras microscópicas, denominadas microesclerocios, con las que puede sobrevivir en el suelo numerosos años en ausencia de huéspedes a los que infectar. Los microesclerocios son además las estructuras con las que este patógeno se dispersa dentro y entre plantaciones adherido a partículas de suelo o restos vegetales. Mediante estas estructuras el hongo infecta a los olivos a través de la raíz, coloniza la planta produciendo

do síntomas visibles en los brotes o ramas, se multiplica en su interior y, en la fase final del ciclo de la enfermedad, forma nuevos microesclerocios que se incorporan al suelo con los restos afectados del árbol (Hiemstra y Harris, 1998). Junto al olivo, este patógeno puede infectar a numerosas especies cultivadas, como el algodón, patata, alfalfa, y muchos de los cultivos hortícolas (Hiemstra y Harris, 1998; Pegg y Brady, 2002). De hecho, una de las causas principales de la extensión de la Verticilosis del olivo en Andalucía es el establecimiento de las plantaciones en zonas anteriormente cultivadas con plantas susceptibles (Blanco-López *et al.*, 1989; 2002). Sin embargo, el hecho más relacionado con el uso de cubiertas vegetales es que existe, además, una elevada cantidad de especies de malas hierbas susceptibles a *V. dahliae* (Pegg y Brady, 2002), muchas de las cuales son comunes en los olivares formando parte de su flora espontánea. En estas especies, el hongo puede o no causar síntomas visibles, pero en cualquiera de los casos las infecciones pueden contribuir a la multiplicación del hongo ya existente en el suelo y al mantenimiento de su población. Por ello, es importante la eliminación de malas hierbas en olivares afectados o en plantaciones con riesgo de enfermedad. En este sentido, el laboreo convencional comparativamente reduce la multiplicación del patógeno al dejar el suelo desnudo. Sin embargo, esto no debe implicar en la mayoría de los casos prescindir de los beneficios de las cubiertas vegetales argumentando este riesgo, y sólo en aquellos casos en los que el hongo esté presente en la plantación o la historia de cultivos previa indique un cierto riesgo, se debería ser cauteloso con las especies empleadas en las cubiertas en las calles, particularmente las cubiertas espontáneas, y eliminar malas hierbas bajo las copas de los árboles y en las líneas de goteros en los focos afectados.

Influencia de los tipos de cubiertas vegetales en las infecciones causadas por *Verticillium dahliae*

Cuando comenzaron a ponerse a punto los sistemas de manejo de suelo mediante cubiertas vegetales se seleccionaron inicialmente coberturas de cebada por ser las más idóneas (Saavedra y Pastor, 2002). Más tarde se estudiaron otras especies de gramíneas cultivadas o espontáneas que por su porte, ciclos, disponibilidad en la plantación, adaptación al sistema de manejo del suelo y, en general, a las condiciones de olivar, podían mejorar esta práctica y hacerla factible en condiciones diversas. Sin embargo, la baja adaptación de algunas de las gramíneas aconsejadas para su siembra, o las bajas densidades de población de las gramíneas espontáneas de la finca, daban lugar a desarrollos insuficientes de la cubierta, biomasa y coberturas escasas y compactación de suelos. Por ello se abordó la introducción de Crucíferas como especies para las cubiertas (Anónimo, 2005). Así mismo, se fomentó el uso de las cubiertas espontáneas ya presentes en el olivar, con el objetivo de ir desplazando progresivamente la hoja ancha a favor de la hoja estrecha (Saavedra y Pastor, 2002). Por ello, ya que los tipos de cubiertas son muy variadas e incluyen numerosas especies vegetales, se están desarrollando

investigaciones con el objetivo de conocer cómo pueden influir el uso de esta variabilidad de flora arvense en el ciclo de vida de *V. dahliae* y en el desarrollo de la Verticilosis u otras enfermedades. El objetivo final más favorable sería emplear una cubierta vegetal de plantas no huéspedes de *V. dahliae*, o incluso que pudiera participar en la reducción del agente en el suelo. En estas primeras investigaciones el procedimiento de estudio comprende la evaluación de infecciones y de síntomas en individuos de las especies de malas hierbas mediante inoculaciones artificiales con *V. dahliae*. Además, se están realizando prospecciones de malas hierbas en olivares con suelos infestados por el hongo de forma natural con el fin de encontrar individuos con síntomas de Verticilosis, y se hacen muestreos periódicos de plantas de las especies que se están evaluando con el objetivo de corroborar la presencia de infecciones en sus tejidos.

Entre las gramíneas más adaptadas a la cubiertas se hallan *Bromus* spp., *Aegilops* spp., *Brachypodium dystachion* y *Hordeum* spp (cebadilla). Particularmente, *Bromus madritensis* destaca por su precocidad, ya que alcanza la floración y madura a principios de la primavera, por lo que unido a sus ventajas para el sistema de cubiertas, la posibilidad de ser un huésped efectivo para *V. dahliae* podría ser menor por transcurrir su ciclo biológico en un periodo con temperaturas no óptimas para las infecciones por este patógeno. La reacción a las infecciones por *V. dahliae* se ha estudiado en inoculaciones artificiales en las gramíneas *Bromus diandrus*, *B. madritensis*, *B. rubens* y *Hordeum murinum* (Bejarano-Alcázar *et al.*, 2004), no mostrando ninguna de ellas síntomas externos de Verticilosis, aunque el patógeno fue reaislado de las cuatro. En otros estudios (Rodríguez-Morcillo *et al.*; 2002) la inoculación artificial de *Avena sterilis* no produjo síntomas, pero el patógeno se aisló consistentemente de la raíz, confirmando que se trataba de un huésped asintomático.

Muchas de las especies de Crucíferas, seleccionadas como óptimas para ser empleadas en cubiertas por su capacidad de descompactar el suelo, forman parte de la población natural de la flora del olivar, como *Eruca vesicaria*, *Sinapis alba* o *Moricandia moricandioides*. Otras pueden ser sembradas como el rábano (*Raphanus sativus*) o el nabo forrajero (*Brassica oleracea* ssp. rapa). También dentro de esta familia se encuentran otras especies de los conocidos jaramagos, muy comunes en el olivar, tales como *Diplotaxis* spp. o *Sysimbrium* spp. Todas estas especies tienen además la característica común de presentar un alto contenido en glucosinolatos (isotiocianato) que pueden tener un efecto tóxico directo sobre las estructuras de patógenos de suelo, como los microesclerocios de *V. dahliae* (Mayton *et al.*, 1996). Esto ha sido demostrado ampliamente en condiciones controladas (Anónimo, 2005) o en campo (Lazarovits *et al.*, 2000), aunque la liberación de estas sustancias fungicidas ocurre cuando se somete a las partes de la planta a condiciones fermentativas, tales como las que se consiguen cuando se incorporan como enmienda orgánica a un suelo, mediante su enterrado con una vertedera. Hay que añadir además el efecto beneficioso de la materia orgánica incorporada sobre el resto de microorganismos no patogénicos del suelo (flora antagonista) que pueden actuar compitiendo con los microorganismos patógenos como *V. dahliae*. En cualquier

caso, su necesaria incorporación al suelo podría limitar esta práctica en el marco de la defensa contra la erosión, aunque este método de control no debe desestimarse para reducir al patógeno en focos infestados localizados en la plantación. Este mismo efecto erradicativo lo tienen muchas otras especies vegetales y restos de cosecha, tales como Pasto del Sudán, restos de cosecha de maíz o sorgo, diversas especies de aromáticas (tomillo, lavanda, etc.) o de jara, etc. (Lazarovits *et al.*, 2000).

Respecto a su papel como huéspedes, hasta el momento no se han observado plantas con síntomas en ninguna de las crucíferas que se recomiendan para su uso como cubiertas vegetales, tras la inspección de parcelas experimentales establecidas en un campo naturalmente infestado con baja población del patógeno en el suelo (Anónimo, 2002; 2005). Tan sólo, como excepción, se han observado síntomas en plantas de *E. vesicaria*, en este caso en un campo con elevada densidad de inóculo, aunque la incidencia observada fue baja. Tampoco se aisló el patógeno de muestras de plantas de cada especie tomadas en diferentes momentos de su ciclo vegetativo.

Además de las Crucíferas y Gramíneas, las cubiertas espontáneas que muchos de los agricultores mantienen en sus plantaciones de olivar están constituidas por numerosas especies de malas hierbas, pertenecientes a familias muy variadas. A este respecto, las inoculaciones artificiales con *V. dahliae* realizadas por Rodríguez-Morcillo *et al.* (2002) en *Amaranthus retroflexus*, *Portulaca oleracea* (verdolaga) y *Solanum nigrum* (tomatitos) resultaron patogénicas. Estas especies ya estaban citadas como huéspedes, y en estos estudios mostraron síntomas característicos de marchitez, que incluyeron incluso defoliación. Por su parte, *Echinochloa cruz-galli* no mostró síntomas de la enfermedad. Igualmente, también en inoculaciones artificiales, Bejarano-Alcázar y Mousa (2004) citaron por primera vez como nuevos huéspedes de *V. dahliae* a las especies *Aster squamatus*, *Lavatera cretica*, *L. trimestris* y *Malva nicaeensis*. En *M. neglecta* y *Xanthium strumarium* el hongo resultó patogénico y se aisló fácilmente de los tejidos. Además demostraron que *A. squamatus* y *Ecbalium elaterium* eran huéspedes de tipo asintomático, que contenían al patógeno en la raíz y parte aérea.

Influencia del sistema de cultivo en la dispersión de *Verticillium dahliae*

El no laboreo resultante del uso de cubiertas vegetales previene la dispersión de los patógenos de suelo que causan enfermedades en olivo (figura 2). Así, el movimiento de suelo provocado por el laboreo convencional puede contribuir a la dispersión de los microesclerocios de *V. dahliae* dentro y entre plantaciones (figura 3). Ésta es probablemente, la principal forma de dispersión en algunas comarcas olivareras, como la Sierra de Cádiz. Dentro de la plantación, el laboreo influye en la extensión de focos localizados de Verticilosis, debido a la dispersión del suelo infestado alrededor de árboles individuales o grupos de ellos. Una medida efectiva en estos casos sería el control de los focos desinfectando el suelo mediante solarización de árboles individuales o filas de árboles (López-Escudero y Blanco-López, 2001). En estas zonas afectadas de la plantación



Figura 2. El uso de cubiertas vegetales reduce la erosión y, con él, la dispersión de los patógenos de suelo como *Verticillium dahliae* dentro de la plantación, especialmente cuando existen pendientes.



Figura 3. El laboreo convencional en plantaciones afectadas por Verticilosis o por Podredumbre radical contribuye a la dispersión de *Verticillium dahliae* y de *Phytophthora* spp. desde focos localizados afectados con estas enfermedades

sería aconsejable el no laboreo complementado con el control de malas hierbas mediante herbicidas. Esto es especialmente importante en las zonas húmedas del suelo producidas por los goteros, ya que la densidad de inóculo de *V. dahliae* es superior en éstas que entre calles, y allí confluyen gran cantidad de raíces infectivas del árbol y malas hierbas que podrían favorecer las infecciones (López-Escudero y Blanco-López, 2005) (figura 4).

La dispersión del patógeno entre parcelas de olivar, o entre parcelas de éste y otros cultivos susceptibles como el algodón, puede ser mucho más efectiva en el caso de que existan distintos propietarios que apliquen diferentes sistemas de cultivo (figura 5). La situación puede agravarse cuando existen pendientes que conducen de unas a otras parcelas la escorrentía producida por la lluvia o el exceso de riego, o cuando las parcelas infestadas deben ser atravesadas por la maquinaria para acceder

a otras que no lo están. En estos casos, además de evitar introducir al patógeno con el suelo adherido a los aperos y ruedas de la maquinaria, el uso de la cubierta vegetal podría evitar parte de esa dispersión (figura 5). Los casos más graves ocurren cuando la pendiente es muy elevada y el suelo está desprotegido sin cubierta, o labrado, por lo que la dispersión del patógeno desde focos de plantas afectadas dentro y entre parcelas es



Figura 4. En las plantaciones afectadas por la Verticilosis del olivo es necesario la eliminación de malas hierbas en las líneas de los goteros, ya que éstas favorecen la supervivencia y la multiplicación de *Verticillium dahliae* y el aumento de las infecciones.

mucho más efectiva (López-Escudero *et al.*, 1998). En algunos de estos casos se han observado vertidos del agua de escorrentía a cuenca fluviales en plantaciones severamente afectadas y en pendiente, que probablemente contribuyan a la dispersión del patógeno a largas distancias (figura 6). Dentro de la plantación es también una causa común de la aparición o incremento del patógeno en el suelo el aprovechar goteros o pequeñas zonas del olivar para la ubicación de pequeños huertos o, en casos

extremos, durante los primeros años de la plantación, la siembra entre calles de algodón u otras especies susceptibles (figura 7). Este tipo de prácticas no deben realizarse, especialmente bajo un sistema de laboreo tradicional.

En relación con el establecimiento de cubiertas inertes, como aquéllas procedentes del triturado de los restos de poda, habría que ser muy cauteloso con la dispersión de *V. dahliae* dentro de la plantación (figuras 8 y 9). Este tipo de restos son muy beneficiosos ya que aumentan los contenidos de materia orgánica y K en el suelo, lo protegen de la erosión y las escorrentías, y mejoran su estructura (figura 8). Sin embargo, esta práctica puede tener consecuencias muy negativas cuando junto a los restos de poda o limpia que se va a picar y extender entre calles, se mezclan brotes y hojas defoliadas de olivos afectados por la Verticilosis (figura 9). El potencial infeccioso de estos restos de poda



Figura 5. El uso de cubiertas vegetales podría prevenir en parte la introducción de *Verticillium dahliae* desde parcelas colindantes infestadas con el patógeno, como ocurre en la linde de esta parcela de olivar junto a un cultivo de algodón.

procedentes de olivos infectados ha sido demostrado en algodón en condiciones controladas (Anónimo, 2005). Por ello, todo el material afectado dentro de una plantación debe por norma podarse y destruirse, por ejemplo quemándolo, para evitar que los restos infectados que contienen al patógeno se extiendan a otras zonas de la plantación. Por su parte, las hojas caídas al suelo de olivos infectados contienen al patógeno, por lo que constituyen una importante fuente de inóculo (Tjamos y Tsougriani, 1990). Por ello, aunque pueda resultar difícil, su eliminación debe hacerse junto al resto de brotes infectados mediante barrido y posterior quemado. Si no se eliminan, la incorporación de las hojas puede contribuir a aumentar la población del patógeno en el suelo y, en el caso en que se realice laboreo convencional, se facilitaría su dispersión y el contacto entre las hojas y las raíces, con un probable aumento de las infecciones. Por último, aunque no está contrastado experimentalmente, cabría la posibilidad de introducir al patógeno en plantaciones de olivar al usar como cubierta inerte de hojas de la limpieza de la aceituna que el agricultor puede recoger en las cooperativas, cuando estas proceden de árboles infectados.



Figura 6. Plantación de olivar en pendiente, afectada por *Verticilliosis del olivo* y con el suelo desprotegido sin cubierta vegetal. La escorrentía contribuye a la pérdida de suelo en la plantación, y a la dispersión de los microesclerocios de *Verticillium dahliae* a zonas bajas de ésta y, probablemente, a largas distancias por el vertido de suelo en cuencas fluviales (Foto tomada en el río Genil).



Figura 7. Los pequeños huertos dentro de la plantación, así como el cultivo de especies susceptibles entre calles es una de las causas de dispersión de *Verticillium dahliae* en el olivar



Figura 8. Las cubiertas inertes que usan el material vegetal triturado procedente de la poda son muy beneficiosas.

El uso de enmiendas orgánicas tiene un importante papel en la gestión actual de los recursos agrícolas y ganaderos, siendo empleadas en pequeñas explotaciones en combinación con sistemas de laboreo reducido. En este caso los beneficios del laboreo de conservación se complementan mediante las mejoras que conlleva la agricultura ecológica (Van Bruggen, 1995). En algunas zonas olivereras esta práctica se está recuperando en el marco de la agricultura sostenible

no sólo debido a motivos ecológicos, sino también a económicos por el valor añadido para el agricultor o el ganadero. En este contexto, incluso el uso de esta fuente de materia orgánica al suelo, tradicionalmente usada para incrementar sus niveles de nutrientes y mejorar su estructura y filtración, puede contemplar riesgos de dispersión o infestación de zonas anteriormente libres de patógenos de suelo, como ya ha sido demostrado con el uso de estiércol infestado en olivar (López-Escudero y Blanco-López, 1999).



Figura 9. Las cubiertas inertes no deben incluir los restos de poda y hojas defoliadas de árboles afectados por la verticilosis del olivo, ni emplearse como enmiendas orgánicas o cubierta hojas de limpieza de la aceituna adquiridas en cooperativas cuando se desconozca su origen, por la posibilidad de que provengan de plantaciones afectadas.

Cubiertas vegetales y otros patógenos de suelo

Muchas de las cuestiones abordadas para la Verticilosis del olivo pueden aplicarse a otras enfermedades causadas por patógenos de suelo, como la podredumbre radical del olivo, o las causadas por nematodos fitoparásitos, si bien los estudios de influencia de las cubiertas vegetales sobre éstas son muy escasos o inexistentes. Por ejemplo, los aspectos relacionados con la dispersión pueden considerarse comunes, pudiendo contribuir el laboreo al movimiento dentro y entre plantaciones de las oosporas de *Phytophthora* spp. o de huevos, juveniles o adultos de nematodos. Igualmente, la humedad del suelo mantenida por la cubierta podría beneficiar el desarrollo de ciertos nematodos, o favorecer las condiciones de encharcamiento en zonas de riesgo dentro de la plantación que conduzcan al desarrollo de podredumbres radicales. En cualquier caso, los únicos estudios disponibles de podredumbres radicales en olivar conducen a *Phytophthora* spp. como causantes de la asfixia radical en olivo, de forma muy específica, y no hay estudios disponibles de la gama de huéspedes que pueda favorecer específicamente a estos patógenos por el uso de una determinada cubierta (Sánchez-Hernández *et al.*, 1998).

Respecto a la influencia de las cubiertas vegetales en los nematodos fitopatógenos, se ha aportado información más precisa (Anónimo, 2002), que podría ser relevante debido a la posible interacción de éstos en las infecciones causadas por otros patógenos de suelo como *V. dahliae*. En prospecciones en olivares situados en diversas zonas geográficas en las que se habían sembrado cubiertas vegetales de distintas especies de crucíferas, los autores de estos trabajos aislaron numerosas especies de nematodos fitoparásitos. De entre ellos destacaron *Pratylenchus penetrans*, *Meloidogyne incognita* y *M. Javánica*, cuya capacidad de producir perjuicios en el crecimiento de plantones de olivo ya había sido demostrada anteriormente. Sin embargo estas especies sólo se encontraron asociadas a la raíz y rizosfera del olivar, con densidades de población bajas o muy bajas en las zonas de las calles con o sin cubierta vegetal. En la actualidad se está estudiando la capacidad infectiva y reproductiva de *Meloidogyne* spp. en varias especies de crucíferas utilizadas como cubiertas, para evaluar la posibilidad de que puedan ocurrir por el uso de esta práctica incrementos de sus poblaciones en el suelo.

Cubiertas vegetales y enfermedades foliares

Las enfermedades foliares del olivo que podrían verse afectadas por el sistema de manejo del suelo son las causantes de defoliaciones, como el Repilo (*Spilocaea oleagina*), la Antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y el Emplomado (*Pseudocercospora cladosporioides*). Uno de los factores que puede influir sobre éstas en un sistema de no laboreo es el dejar las hojas o aceitunas caídas en la superficie del suelo, que podría contribuir a incrementar el inóculo de estos patógenos. Sin embargo, este hecho sólo ha sido evaluado experimentalmente en el caso del Repilo y del Emplomado, sin que los resultados per-

mitan confirmar dicha hipótesis, ya que se trata de hongos biotrofos obligados que pierden su actividad rápidamente en las hojas caídas, por lo que no cabe esperar diferencias entre los sistemas de laboreo (Ávila, 2005).

Por otra parte, la cubierta vegetal crea un ambiente más húmedo en la parte inferior de la copa de los árboles, lo que podría favorecer a los patógenos foliares (figura 10). En este sentido se están realizando extensos experimentos desde 2001 en diferentes localidades olivareras de Andalucía, en los que se están comparando dos sistemas de manejo (cubierta vegetal y suelo desnudo) en relación con sus posibles efectos sobre estas micosis foliares (Anónimo, 2002; 2005). Hasta el momento la presencia de cubierta vegetal no ha influido de forma clara en la incidencia de ninguna de las tres enfermedades, siendo los resultados variables entre años, especialmente para el Repilo y la Antracnosis. En 2004 se amplió el estudio a nuevas parcelas cultivadas con la variedad Hojiblanca, esta vez con cubiertas vegetales más extensas, ya que se consideró que este podría ser uno de los factores implicados en la falta de resultados. Estas nuevas parcelas experimentales han permitido observar incidencias de Repilo significativamente mayores en el tratamiento con cubierta vegetal que en el de suelo desnudo, manteniéndose esta tendencia hasta las observaciones actuales (Anónimo, 2005).



Figura 10. Las cubiertas producen un aumento de la humedad del suelo y un microclima más húmedo en la parte baja de las copas que podría favorecer el desarrollo de enfermedades foliares.

Respecto a otros factores relacionados con el desarrollo de estas enfermedades, la nutrición de la planta debe ser considerada también como un elemento principal en su control (Trapero y Roca, 2004). Estos sistemas de cultivo influyen sobre la disponibilidad de nutrientes por la planta, por lo que se debe tener en cuenta al planificar el tipo, la cantidad y momento de aplicación de los fertilizantes, y muy especialmente los compuestos nitrogenados y la relación N/K.

Bibliografía

- Anónimo, 2002. *Jornadas de Investigación y Transferencia de Tecnología al Sector Oleícola*, Córdoba. Dirección General de Investigación y Formación Agraria y Pesquera y Empresa Pública para el Desarrollo Agrario y Pesquero de Andalucía, S. A., 415 pp.
- Anónimo, 2005. *Programa de mejora de la calidad de la producción de aceite de oliva y de aceituna de mesa, Actividades de investigación y transferencia de tecnología*, Jaén. IFAPA y Empresa Pública para el Desarrollo Agrario y Pesquero de Andalucía, S. A., 282 pp.
- Ávila, A., 2005. *Etiología y epidemiología del Emplomado del olivo causado por Pseudocercospora cladosporioides*. Tesis Doctoral, ETSIAM, Universidad de Córdoba.
- Bejarano-Alcázar, J., Mousa, I. M. Y., 2004. *Influencia de la flora arvensis del olivar sobre las epidemias de Verticilosis inducidas por los patotipos defoliante y no defoliante de Verticillium dahliae*. Resúmenes del XII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Fitopatología, Lloret de Mar, Girona, pp. 200.
- Bejarano-Alcázar, J., Rodríguez-Morcillo, V., Cabeza-Fernández, E., 2004. *Virulencia diferencial de los patotipos defoliante y no defoliante de Verticillium dahliae sobre especies utilizadas como cubiertas vegetales en olivar*. Resúmenes del XII Congreso Nacional de la Sociedad Española de Fitopatología, Lloret de Mar, Girona, pp. 83.
- Blanco-López, M. A., Bejarano-Alcázar, J., Melero-Vara, J. M., Jiménez-Díaz, R. M., 1989. Current status of Verticillium wilt of cotton in southern Spain. Pathogen variation and population in soil. In: *Vascular Wilt Disease of Plants* (eds E. C. Tjamos and C. H. Beckman) pp 123-132. NATO ASI Series H: Cell Biology, vol. 28, Springer-Verlag, New York.
- Blanco-López, M.A, López-Escudero, F. J., Martos-Moreno, C. 2002. *Diagnóstico y lucha contra la Verticilosis del Olivo*. Olint 5: 19-25.
- Hiemstra, J. A., Harris D. C., 1998 (eds.). *A compendium of Verticillium wilt disease in tree species*. Ponsen & Looijen, Wageningen.
- Lazarovits, G., Conn, K., Tenuta, M., 2000. *Control of Verticillium dahliae with soil amendments: efficacy and mode of action*. In: *Advances in Verticillium research and disease management*. Tjamos, E. C., Rowe, R. C., Heale, J. B., Fravel, D. R. (eds.). APS Press. St. Paul MN. Pp 274-290.
- López-Escudero, F.J., Blanco-López, M.A. 1999. *First report of transmission of Verticillium dahliae by infested manure in olive orchards in Andalucía* (Southern Spain). Plant Dis. 83: 1178.
- López-Escudero, F.J., Blanco-López, M.A. 2001. *Effect of a single or double soil solarization to control Verticillium wilt in established olive orchards*. Plant Dis. 85: 489-496.
- López-Escudero, F. J., M. A. Blanco-López, 2005. *Effects of drip irrigation on population of Verticillium dahliae in olive orchards*. J. Phytopathol. 153: 238-239.

- López-Escudero, F.J., Martos-Moreno, C., Blanco-López, M.A., 1998. *Epidemiología y dispersión de Verticillium dahliae en una plantación nueva de olivar*. Resúmenes del IX Congreso Nacional de la Sociedad de Fitopatología, Salamanca, pag 177.
- Mayton, H.S., Olivier, C., Vaughn, S.F., Loria, R., 1996. *Correlation of fungicidal activity of brassica species with allyl isothiocyanate production in macerated leaf tissue*. Phytopathology 86: 267-271.
- Pegg, G. F., Brady, B. L., 2002. *Verticillium wilts*. Cromwell Press, Trowbrige.
- Rodríguez-Morcillo, V., Bejarano-Alcázar, J. Jiménez-Díaz, R. M., 2002. *Gama de plantas huésped de los patotipos de Verticillium dahliae que infectan algodónero y olivo en Andalucía*. Resúmenes del XI Congreso Nacional de la Sociedad de Fitopatología, Almería, pp. 229.
- Saavedra, M, Pastor, M., 2002. *Sistemas de cultivo en olivar. Manejo de malas hierbas y herbicidas*. Editorial Agrícola Española, Madrid.
- Sánchez Hernández M. E., Ruiz Dávila A., Pérez de Algaba A., Blanco López M. A., Trapero Casas A. 1998. *Occurrence and etiology of death of young olive trees in southern Spain*. Eur. J. Plant Pathol. 104: 347 – 357.
- Tjamos, E.C., Tsougriani, H. 1990. *Formation of Verticillium dahliae microesclerotia in partially disintegrated leaves of Verticillium affected olive trees*. Proc. 5th Int. Verticillium Symp., Leningrad, USSR, pp. 20.
- Trapero, A., 2004. Control de las enfermedades en agricultura de conservación. Gil-Ribes, J., Blanco-Roldán, G., Rodríguez-Lizana, A. (eds.). *Técnicas de agricultura de conservación*. Eumedia-Mundiprensa, Madrid, pp. 85-92
- Trapero, A., Roca, L. F., 2004. *Bases epidemiológicas para el control integrado de los "Repilos" del olivo*. Phytoma España 164: 130-137.
- Van Bruggen, A. H. C., 1995. *Plant disease severity in high-input compared to reduced-input and organic farming systems*. Plant Dis. 79: 976-984.

CONTROL DE PLAGAS EN OLIVAR: CAMBIOS INDUCIDOS POR LA COBERTURA VEGETAL

E.Vargas Osuna y H.K. Aldebis

Entomología Agroforestal. Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales. Universidad de Córdoba. Campus Rabanales.

INTRODUCCIÓN

El olivo crece íntimamente relacionado con una serie de factores ambientales abióticos (no vivos) y bióticos (vivos) que constituyen el agroecosistema. Entre los factores bióticos se encuentran los insectos u otros artrópodos causantes de daños al cultivo y que adquieren el carácter de plaga cuando sus poblaciones superan el umbral de daños, o nivel de población a partir del cual se producen pérdidas económicas.

La lucha contra las plagas del olivo se sigue haciendo con los insecticidas tradicionales de buena eficacia y bajo coste, pero que pueden tener efectos secundarios graves: eliminación de insectos beneficiosos, residuos en aceitunas, contaminación ambiental, desarrollo de resistencia, etc. En la actualidad hay que elegir medidas de lucha que disminuyan estos efectos adversos.

La agricultura de conservación incluye un conjunto de técnicas entre las que se encuentran el laboreo mínimo o no laboreo y el uso de cobertura vegetal. Estas técnicas reducen la erosión, permiten una mayor eficiencia en el uso del agua y disminuyen los costes de producción. Sin embargo, es necesario estudiar cómo puede afectar esta tecno-

logía a los elementos biológicos del cultivo. En unos casos estos cambios pueden ser beneficiosos, pero en otros se pueden producir efectos indeseados, entre los que se encuentra la aparición de nuevas plagas o la mayor incidencia de las ya conocidas (Vargas Osuna, 2005).

EL CONTROL INTEGRADO DE PLAGAS

El sistema actual de lucha contra las plagas y enfermedades de las plantas cultivadas es el Control Integrado, que utiliza al máximo los recursos y los mecanismos de regulación naturales y asegura una agricultura sostenible. Los métodos de lucha (biológicos, químicos y otras técnicas) son cuidadosamente elegidos y equilibrados, teniendo en cuenta, el medio ambiente, la rentabilidad y las exigencias sociales (Pastor *et al.*, 2000). El desarrollo de los programas de control integrado se fundamentan en el conocimiento del medio ambiente, de la dinámica de poblaciones del ecosistema y en el uso compatible de los métodos químicos y biológicos, de forma que reduzcan las poblaciones de los insectos plaga a niveles que no superen el umbral económico de daños (Civantos, 1998).

El Control Integrado de Plagas se incluye en la denominada Producción Integrada, que se establece como un camino para incrementar la competitividad de los productos agrícolas ofreciéndolos bajo la etiqueta de este sistema de producción, con la garantía de calidad, sanidad y respeto al medio ambiente. Con esta idea se crean las Asociaciones para la Producción Integrada (APIs) que pueden solicitar el uso de un distintivo de la marca de garantía, adquiriendo entonces el compromiso de cumplir el reglamento específico y someterse a los correspondientes controles.

Las prácticas de Control Integrado de las plagas del olivo se recogen en el Reglamento de Producción Integrada del Olivar (2002), que contiene las siguientes especificaciones:

- Se prohíbe el uso de los calendarios de tratamientos.
- Se debe realizar la estimación de riesgo, mediante el seguimiento de niveles poblacionales, estado de desarrollo de plagas y fauna auxiliar, fenología del cultivo y condiciones climáticas.
- Son prioritarios los métodos de control culturales, físicos, biológicos y biotecnológicos frente a los químicos.
- Los productos fitosanitarios usados deben estar inscritos en el Registro Oficial.
- Se usarán productos que respeten la fauna auxiliar.

LAS PLAGAS DEL OLIVO

Las plagas del olivo han cambiado muy poco desde que empezó a cultivarse y siguen siendo la mosca (*Bactrocera oleae*) y la polilla (*Prays oleae*) las de mayor repercusión económica. La cochinilla (*Saissetia oleae*), tercera en importancia, se ha potenciado a partir de los años 60, a raíz de los tratamientos generalizados contra las anteriores. Sin embargo, también se encuentran otras plagas secundarias (Tabla 1), como el abichado (*Euzophera pinguis*) o el algodón (*Euphyllura olivina*), entre otras (Alvarado *et al.*, 2001, Civantos 1999 y De Andrés, 1991).

Tabla 1. Las plagas del olivo según su importancia (tomado de Alvarado *et al.*, 2001)

PLAGAS PRINCIPALES	NOMBRE CIENTÍFICO
Mosca	<i>Bactrocera oleae</i>
Polilla	<i>Prays oleae</i>

PLAGAS SECUNDARIAS DE IMPORTANCIA MEDIA	
Cochinilla de la tizne	<i>Saissetia oleae</i>
Barrenillo	<i>Phloeotribus scarabeoides</i>
Barrenillo negro	<i>Hylesinus oleiperda</i>
Polilla del jazmín	<i>Margaronia (Glyphodes) unionalis</i>
Abichado	<i>Euzophera pinguis</i>
Sarna	<i>Aceria oleae</i>

PLAGAS SECUNDARIAS DE IMPORTANCIA LOCAL O TEMPORAL	
Serpeta	<i>Lepidosaphes ulmi</i>
Parlatoria, piojo violeta	<i>Parlatoria oleae</i>
Algodón, tramilla	<i>Euphyllura olivina</i>
Otiorrinco	<i>Othiorrhynchus cribricollis</i>
Gusanos blancos	<i>Melolontha papposa, Ceramida cobosi</i>
Areñuelo, piojo negro	<i>Liothrips oleae</i>
Mosquito de la corteza	<i>Clinodiplosis oleisuga</i>
Roedores	<i>Pitymis spp.</i>
Conejos y liebres	<i>Oryctolagus cuniculus, Lepus europeus</i>

La mosca del olivo

La mosca del olivo es una especie característica de la zona mediterránea y es la plaga más extendida e importante del olivo. Los adultos miden de 4 a 5 mm y presentan las alas transparentes con una mancha negra en el extremo. La hembra dispone de un aparato ovipositor cónico que mide un milímetro de longitud. Los huevos son de color blanco, alargados y cilíndricos y de longitud inferior a un milímetro. Las larvas no tienen patas y recién nacidas miden sobre 1 mm de longitud llegando hasta 7-8 mm al final de su desarrollo. La pupa tiene forma elíptica alargada y un tamaño inferior a 5 mm de longitud, adquiriendo un color amarillento al principio y marrón ocre con posterioridad (figura 1).

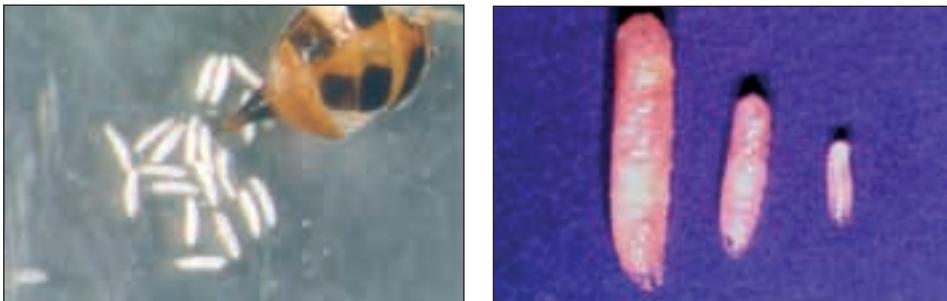


Figura 1. La mosca del olivo, *Bactrocera oleae*: ovipositor de la hembra y huevos (izquierda) y larvas de distintas edades (derecha).

Al iniciarse la primavera, los adultos se alimentan del néctar de las flores. La hembra realiza la puesta sobre los frutos más desarrollados y que no estén picados con anterioridad, realizando una incisión muy característica. Las larvas se desarrollan en el interior de la galería que excavan en la pulpa de las aceitunas y pupan en su interior. Al poco tiempo emergen los adultos que se aparean e inician nuevamente el ciclo. Normalmente, la larva de la última generación hace caer al fruto tras lo cual sale de él y se entierra superficialmente para pasar el invierno en estado de pupa.

La duración media del ciclo biológico y el número de generaciones al año depende en gran parte de las condiciones climáticas. Así, en las zonas con clima continental hay dos o tres generaciones al año mientras que en las zonas costeras mediterráneas se suceden tres o cuatro, y algunas veces puede haber un número más elevado. En las zonas de interior, con temperaturas muy altas en verano, la mosca desaparece durante la época calurosa y vuelve procedente de las zonas endémicas al final de Septiembre ocasionando los daños más graves.

Los daños directos disminuyen la producción debidos a pérdida de peso y/o caída prematura de fruto. La pérdida de peso debida al ataque de la mosca se ha estimado que varía entre 10-30% en los frutos afectados. También hay daños indirectos por pérdida de calidad de los aceites producidos, ya que en las galerías producidas por la mosca se ins-

talán hongos y bacterias causante de podredumbres que elevan el índice de acidez y afectan a la calidad organoléptica de los aceites. En la aceituna para mesa los daños son aún más graves ya que el fruto picado se deprecia considerablemente.

Para el control de esta especie se estiman los niveles poblacionales mediante capturas de adultos en trampas y la observación de la picadura de puesta, huevos y larvas de una muestra de frutos (200 frutos/ha) tomados al azar. La captura de adultos se realiza con dos tipos de trampas: la primera es "olfativa" y consiste de un mosquero (tipo McPhail) en el cual se introduce una disolución acuosa de fosfato diamónico al 4%, o proteína hidrolizable al 1%. La segunda es una trampa "cromotrópico-sexual" que se compone de una lámina amarilla limón engomada por las dos caras y cebada con una cápsula de feromona sexual (espiroacetato). Ambos tipos de trampas se cuelgan de las ramas con orientación Sur, la primera en el interior del árbol y la segunda en el exterior (Aldebis y Vargas Osuna, 2003).

Cuando se superan los umbrales de tratamiento establecidos, se suelen realizar aplicaciones contra adultos en forma de tratamientos cebo con una solución que contiene una mezcla de dimetoato y proteína hidrolizable. El dimetoato puede sustituirse por otro organofosforado, como formation, triclorfon, metidation, diazinon y fosmet. El número de aplicaciones que se realizan es variable según la zona. En España dos aplicaciones en zonas de interior y 4-5 en las zonas costeras o con elevada humedad son suficientes para un control eficaz de la plaga, aunque en casos extremos pueden ser necesarios un número mayor de aplicaciones.

En pequeñas parcelas y para olivar de producción ecológica es recomendable el tratamiento conocido como trampeo masivo, que consiste en colocar trampas olfativas cebadas con fosfato diamónico al 3%, y una de cada tres con una cápsula de feromona, a una densidad de una trampa por árbol (Caballero, 2001).

La polilla del olivo

La polilla del olivo está distribuida por todos los países de la Cuenca Mediterránea y es, después de mosca, la segunda plaga del olivo en importancia económica. El adulto es una pequeña palomilla gris-plateada que mide 13-14 mm de envergadura alar. El huevo es lenticular y aplastado, mide unos 0,5 mm de diámetro y es de color blanquecino recién puesto virando a amarillento a medida que se incuba. La larva es una oruga de 7-8 mm en su máximo desarrollo y de color avellana (figura 2).

Tiene tres generaciones al año, sincronizadas con el estado de desarrollo del olivo (Tabla 2):

- 1) **Generación Filófaga:** los huevos son puestos en el haz de las hojas y próximos al nervio central. Las orugas recién nacidas penetran directamente en el interior de la

hoja realizando una galería sinuosa donde pasan el invierno y al final de su desarrollo comen por el envés o de las yemas terminales de los brotes. Finalmente, realizan un capullo sedoso en la hoja o en la corteza del tronco apareciendo la polilla en abril. Esta generación causa daños poco importantes.



Figura 2. La polilla del olivo, *Prays oleae*: adulto en hoja (izquierda) y oruga en inflorescencia (derecha).

- 2) **Generación Antófaga:** los adultos de la generación anterior realizan la puesta en los botones florales, todavía cerrados, principalmente en el cáliz (abril-mayo). La oruga recién nacida penetra en el botón y más tarde se alimenta de las inflorescencias. Al final de su desarrollo teje un capullo con los restos de las flores secas y se transforma en pupa en la misma inflorescencia. Los daños de esta generación antófaga son difíciles de valorar, pues dependen del nivel de población del insecto, de la intensidad de floración y del destino del fruto, mesa o aceite. Sólo en el caso de una floración escasa, baja fertilidad y una población alta del insecto puede haber un peligro grave de descenso de producción.
- 3) **Generación Carpófaga:** las polillas de la generación anterior realizan la puesta en la aceituna recién cuajada (junio), principalmente cerca del pedúnculo. Las orugas al nacer penetran directamente por la inserción del pedúnculo y se instalan entre el hueso y la almendra que todavía está gelatinosa. Cuando ésta se solidifica se alimentan de ella hasta completar su desarrollo, tras lo cual salen por la misma zona donde penetraron y se transforman en pupa entre dos hojas, en el tronco o el suelo. Esta generación causa los daños más importantes; las orugas pueden provocar caída del fruto en junio, al penetrar en el interior de la aceituna recién formada. En esta etapa el árbol todavía compensa en parte la producción con un mayor tamaño de la aceituna que permanece. Más tarde, las orugas provocan la caída de San Miguel, en el mes de septiembre, al salir al exterior por la zona peduncular. Esta segunda caída es mucho más dañina porque el fruto es ya de gran tamaño y el árbol no puede compensar la pérdida.

Tabla 2.- Ciclo biológico de la polilla del olivo, *Prays oleae*

Generación filófaga (210-230 días)	Generación antófaga (65-75 días)	Generación carpófaga (155-160 días)
<ul style="list-style-type: none"> • Huevos: en las hojas (Oct.-Nov.) • Larvas: galerías en hojas y daños en el exterior de hojas y yemas. • Pupación: en el envés de las hojas. • Adultos: Marzo-Abril. • Daños: poco importantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Huevos: en botones florales (Abr.-Mayo) • Larvas: galerías en botones y más tarde en el exterior de las inflorescencias. • Pupación: en los restos florales. • Adultos: Mayo. • Daños: difíciles de cuantificar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Huevos: en los frutos recién formados (Junio) • Larvas: se introducen en el fruto. • Pupación: en el suelo. • Adultos: Sept.-Oct. • Daños: importantes

Para el control de esta especie hay dos momentos de intervención, el primero durante la floración, periodo en el que la oruga se encuentra más expuesta; y el segundo cuando las orugas recién nacidas se están introduciendo en el fruto. La eficacia de las aplicaciones es más reducida en este último periodo. En cualquier caso se deben de utilizar productos que respeten a los enemigos naturales y al medio ambiente, como insecticidas a base de *Bacillus thuringiensis* en plena floración.

EL CONTROL NATURAL DE LAS PLAGAS

Cada una de las especies que causan daños al olivo tienen sus enemigos naturales, es decir, organismos que los atacan y destruyen, entre los que se incluyen: insectos, arañas, pájaros, lagartijas, así como nematodos, virus, bacterias y hongos. Un grupo fundamental de estos enemigos naturales son los insectos entomófagos que pueden ser depredadores y parasitoides (Nicholls *et al.*, 1999). Como se indica en el dibujo de la figura 3, si dejara de actuar esta presión sobre las poblaciones de insectos causantes de daños, éstas quedarían liberadas y, por tanto, aumentarían sus niveles y con ello el riesgo de aparición de las plagas. El éxito de este control biológico natural depende en buena medida de que los entomófagos encuentren un hábitat favorable que les ofrezca protección frente a las condiciones adversas, lugares de hibernación o de puesta y fuentes de alimento (Alomar, 2003).

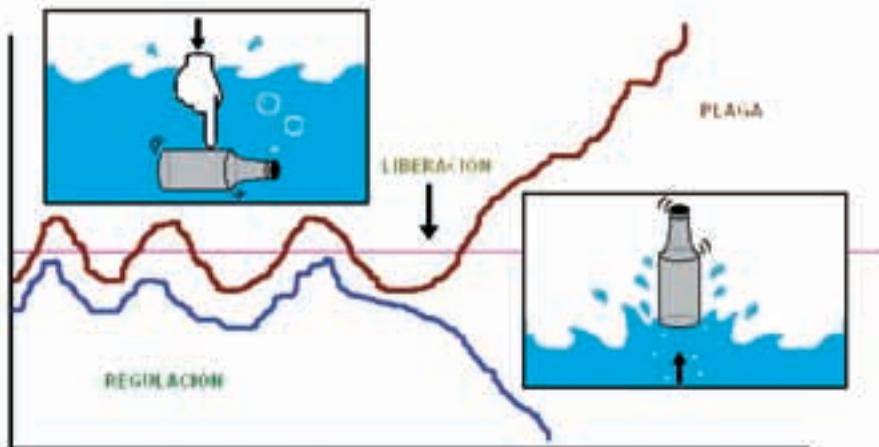


Figura 3. Modificación del tamaño de la población de un insecto plaga por la liberación de factores de control biológico (depredadores y parasitoides). (Tomado de Sánchez, 2004).

EFECTOS DE LA CUBIERTA VEGETAL

La influencia de la cubierta vegetal en las plagas del olivar no ha sido objeto de estudio hasta hace pocos años. Con los datos disponibles hasta la fecha no se puede deducir ningún efecto potenciador de las plagas del olivo.

Por el contrario, en un ensayo específico realizado en Cabra en el año 2004 con la variedad Hojiblanca, se han encontrado menores daños por la polilla en las generaciones filófaga y antófaga en parcelas con cubierta vegetal de gramíneas (figura 4), respecto a parcelas con suelo desnudo.

Esta disminución de daños ha estado asociada a una mayor incidencia de los parasitoides de esta especie. Las poblaciones de la polilla se ven afectadas por un grupo de himenópteros (*Chelonus elaphilus*, *Apanteles xanthostigmus*, *Ageniaspis prayisicola*, *Elasmus* sp. y *Angitia armillata*) que parasitan y destruyen a las orugas presentando niveles de para-



Figura 4. Cubierta vegetal de gramíneas en un olivar de Hojiblanca en una finca experimental de Cabra (Córdoba).

sitismo bastante altos, como lo ponen de manifiesto recientes estudios en los que se señalan valores del 15,87% en la generación filófaga, del 10,56% en la antófaga (Aldebis *et al.*, 2004).

Sin embargo, la cubierta no parece afectar a los niveles de población de la mosca del olivo y a los daños. En este caso, el complejo parasitario no es abundante y esta representado sólo por cuatro himenópteros: *Euritoma martellii*, *Eupelmus urozonus*, *Pnigalio mediterraneus*, *Cyrtoptyx latipes* y la especie introducida *Opius concolor* (De Andrés, 1991). Esta última especie se muestra como un buen agente de lucha contra la primera generación de la mosca del olivo, mediante sueltas de 1000 individuos por olivo desde agosto a octubre; asimismo, parasita en situaciones de baja población de su huésped (Jiménez *et al.*, 1990). La cubierta vegetal puede favorecer la acción y efectividad de estos parasitoides, si bien todavía no está demostrado su efecto beneficioso.

En resumen, la presencia de cubierta vegetal en cultivos perennes implica una modificación del microclima y un aumento de la biodiversidad botánica, lo que puede afectar al control biológico de las plagas, beneficiando por ejemplo a sus enemigos naturales que utilizan estas plantas herbáceas como fuente de alimento o como refugio (Norris y Kogan, 2000). Al mismo tiempo, en la cubierta vegetal se mantienen un cierto número de especies de insectos que sirven de alimento alternativo para estos depredadores y parasitoides favoreciendo el incremento de sus poblaciones en el cultivo. Por lo tanto, la cubierta vegetal puede actuar como factor favorecedor del control biológico de las plagas, al servir de refugio o fuente de alimento a sus enemigos naturales.

Bibliografía

- Aldebis, H.K.; Avila, A.; Matas, P. y Vargas Osuna, E. 2004. *Evaluación de los daños causados por la polilla del olivo, Prays oleae Bern., en distintas variedades y condiciones de cultivo*. Bol. San. Veg. Plagas, 30: 649-656.
- Aldebis, H K. Y Vargas Osuna, E., 2003. *La mosca del olivo, daños y métodos de lucha*. Vida Rural, 176: 42-46.
- Alomar, K.O., 2003. Control biológico por conservación y gestión del hábitat. En: *Actas del III Congreso Nacional de Entomología Aplicada*. Universidad Católica de Ávila. Págs. 101-106.
- Alvarado, M., Civantos, M. y Durán, M.J. 2001. Plagas. En: *El cultivo del olivo* (D. Barranco, R. Fernández Escobar y L. Rallo, Eds.). Mundi Prensa. Madrid. Págs. 433-493.
- Caballero, J.A. 2001. Control de plagas y enfermedades de olivares ecológicos en la Comarca de Los Pedroches. En: *La práctica de la agricultura y ganadera ecológica*. Comité Andaluz de Agricultura Ecológica. Sevilla. Pags. 258-265.
- Civantos, M. 1998. *Desarrollo de sistemas MIP (Manejo Integrado de Plagas) en el olivar. La red de ATRiAs en Andalucía. Problemática sanitaria en la producción de aceite ecológico en la provincia de Jaén*. Phytoma España, 102: 194-197.
- Civantos, M. 1999. *Control de plagas y enfermedades del olivar*. Consejo Oleícola Internacional. Madrid.

- De Andrés, F. 1991. *Enfermedades y plagas del olivo*. Riquelme y Vargas Ediciones. Jaén. 646 pp.
- Jiménez, A.; Castillo, E.; Lorite, M, 1990. *Supervivencia del himenóptero braconido *Opius concolor* Szep., parásito de *Dacus oleae* Gmelin. En cultivares de Jaén*. Bol. San. Veg. Plagas, 16: 97-103.
- Nicholls, I.C.; Altieri, M.A.; Sánchez, J. 1999. *Manual práctico de control biológico para una agricultura sostenible*. Asociación Vida Sana, S.E.A.E., Barcelona.
- Norris, R.F. y Kogan, M. 2000. *Interactions between weeds, arthropod pests, and their natural enemies in managed ecosystems*. Weed Sci., 48: 94–158.
- Pastor, M.; Caballero, J.L.; Alvarado, M.; Civantos, M. 2000. La Producción Integrada en olivar en la Comunidad de Andalucía. *Dossier Producción Integrada de Vida Rural*, 105.
- Vargas Osuna, E. 2005. *Control de Plagas en Agricultura de Conservación*. En: *Técnicas de Agricultura de Conservación* (J.A. Gil-Ribes; Blanco-Roldán, G.L.; Rodríguez Lizana, A. (eds.). Eumedia, S.A. Madrid.

LA CUBIERTA VEGETAL EN EL OLIVAR COMO PROTECTORA DEL SUELO FRENTE A LOS AGENTES EROSIVOS

Juan Vicente Giráldez

Depto. de Agronomía, Universidad de Córdoba, y Depto. de Agronomía y Mejora Genética Vegetal, Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC. Córdoba.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de plantaciones arbóreas deja una parte de la superficie del suelo expuesta a la atmósfera para que el árbol pueda aprovechar mejor los recursos, principalmente agua. Sin embargo la pérdida de la protección de la vegetación aumenta el riesgo de degradación del suelo por pérdida y truncamiento del perfil por la erosión por lluvia y escorrentía, o por compactación de los horizontes superficiales debido al tránsito de maquinaria. Tradicionalmente se evitaba la competencia de otras plantas con el árbol cultivado por la absorción de nutrientes como el agua y sustancias minerales, labrando de forma más o menos continuada. La escasa disponibilidad de medios de tracción amortiguaba el ímpetu de los olivares, no menos de cinco labores de arado y dos de azadón en los pies, que recomendaba un antiguo tratado (Hidalgo, 1870, § 474-477), y restringía las superficies de cultivo a terrenos de reducido relieve. La llegada del tractor supuso un cambio notable pues aumentó la capacidad de labor alcanzando terrenos de cualquier pendiente, y la intensidad de la operación. Esta práctica causaba efectos no deseables como la rotura de raíces, la rotura de agregados de la capa de labor que quedaba

inerme ante los esfuerzos de corte y arrastre de los agentes erosivos y la compactación del suelo reforzando la suela de labor que se creaba bajo la capa de labor por la presión vertical del apero y el efecto de cepillado del borde cortante inferior. Cuando se introdujeron nuevos herbicidas producidos por la industria química, y el agricultor fue modificando sus prácticas, al principio con cierto recelo, las producciones aumentaron, lo que se podía atribuir a la reducción del daño a las raíces de los árboles, similar a lo observado en otros cultivos como la vid (*e.g.* Chancrin, 1911, § 165). Sin embargo la aplicación de herbicidas persistentes redujo la protección del suelo entre los árboles, compactándose mucho más debido a que las consecuencias del tránsito de personas, tractores y aperos no eran contrarrestadas por el mullido temporal del laboreo. El efecto inmediato fue el incremento de la generación de escorrentía con el doble perjuicio de la menor recarga del perfil del suelo al disminuir la capacidad de infiltración del agua en la superficie, y la aceleración de la pérdida de suelo por la erosión hídrica en las parcelas con la consecuente acumulación de sedimentos en carreteras, canales, lagos y embalses. Para remediar estos problemas se ha vuelto a recurrir al mejor elemento de protección del suelo como es la vegetación que en él se desarrolla. Por ello se ha empezado a establecer cubiertas de vegetación entre los árboles como práctica de conservación, evitando que, durante el estiaje, extraigan nutrientes del suelo para que no merme la producción del árbol. El uso de cubiertas vegetales no es una práctica nueva (*e.g.* Faulkner, 1943, Cap. 13), aunque tampoco es una solución definitiva, pues la Agricultura es tan variada por las influencias externas como clima, suelo y vegetación, además de las diferencias culturales que es difícil establecer principios inmutables. En estas notas se exponen algunos aspectos físicos del mantenimiento de cubiertas vegetales en el olivar.

Se entiende por cubierta vegetal la vegetación herbácea nacida de forma natural, o sembrada, que se extiende entre las hileras de árboles, y que se mantiene viva hasta que se estima que puede competir con éstos por los recursos nutritivos del suelo, en algún momento en la primavera. Desde ese momento hasta el próximo otoño o bien se mantiene muerta, o desaparece. Hay numerosas variantes, dependiendo de la especie vegetal predominante, la extensión superficial, y las operaciones de extinción.

INFLUENCIA DE LA CUBIERTA DEL SUELO EN LOS PROCESOS DE RECARGA Y DESCARGA DEL PERFIL DE HUMEDAD DEL SUELO

La combinación de la cubierta y los cultivos arbóreos es similar a la observada en la formación natural de la sabana (*e.g.* Scholes y Walker, 1993, Cap. 1), en la que el agua es el principal factor limitante. En un interesante estudio sobre la situación de equilibrio en condiciones limitadas por el agua, Eagleson y Segarra (1985, Eagleson, 2002) plantearon unas ecuaciones que relacionaban la fracciones ocupadas por árboles, cubierta vegetal y suelo desnudo basándose en cuatro hipótesis: (i) la precipitación media anual se reparte entre las cantidades evaporadas o transpiradas por las tres fracciones de

superficie; (ii) suponiendo que las raíces de los árboles están más profundas, la transpiración de la fracción arbórea es igual al agua percolada por debajo del horizonte superficial; (iii) los sistemas naturales tienden a minimizar el estrés causado por la demanda de agua; y (iv) la vegetación tiende a maximizar la humedad del suelo a largo plazo. En sus modelos incluyeron consideraciones tales como la reducción del uso del agua por la vegetación y la evaporación desde el suelo desnudo a la estación húmeda, el efecto amortiguador de la copa de los árboles sobre la intensidad de evaporación máxima de la cubierta, y de la cubierta sobre el suelo desnudo. La conclusión de estos autores es que se obtiene una situación de equilibrio entre el bosque cerrado o la pradera limpia con fracciones de árboles y cubierta vegetal distintos para diferentes condiciones climáticas, concordantes con algunas observaciones de campo. Una propuesta posterior (Rodríguez-Iturbe y col., 1999) rechazaba la hipótesis (i), en base a las observaciones de Scholes y Walker (1993, Cap. 14), quienes indicaron que las raíces de árboles y plantas pueden explorar todos los horizontes del suelo sin mayor restricción que la profundidad, compactación o disponibilidad de agua, con similar eficiencia en la absorción de ésta. Introduciendo un balance de agua similar al presentado por Eagleson y Segarra, en el que la variación temporal de la humedad del suelo es igual a la precipitación, aleatoria, menos la evapotranspiración y la percolación, con lo que determinaban la probabilidad de la humedad del suelo, incluyendo una interacción espacial, determinaban la influencia de la interacción entre los árboles y la vegetación herbácea. Profundizando en el estudio de la interacción van Wijk y Rodríguez-Iturbe (2002) destacaron la gran influencia que el clima ejerce sobre ésta: si la precipitación es abundante los árboles predominan, pero, si la precipitación es escasa, la vegetación herbácea superará a los árboles. Como ésta última condición es más próxima a la de la zona olivarera de la península ibérica, se puede deducir de aquí la necesidad del control agronómico de la cubierta vegetal. Sin embargo el aspecto más relevante de estos estudios es la influencia de la variabilidad temporal y espacial de los términos del balance de agua que ha de ser tenida en cuenta para poder estimar una regla de uso de la cubierta vegetal en olivar.

La cubierta muestra también beneficios como la estimulación de la infiltración del agua por la vegetación, observada en numerosos casos por la interceptación de la lluvia (e.g. Dunne y col. 1990) o de la escorrentía bien por plantas aisladas (Puigdefábregas, 2005), o en franjas (Dunkerley y Brown, 1995). El efecto de la interceptación es importante en regiones en las que los aguaceros intensos generan un volumen apreciable de escorrentía.

La protección contra la evaporación, recogida en el modelo Eagleson y Segarra (1985) fue medida en un ensayo por Bristow y Abrecht (1989), de cubierta en bandas de diferente espesor, en el que, además de aumentar la humedad del suelo protegido, la desecación superficial y los gradientes térmicos eran mayores en los suelos con superficie desnuda total o parcialmente. Estos efectos se amortiguan en periodos largos sin lluvia como advertían Bristow y col. (1986).

ATENUACIÓN DE LA COMPACTACIÓN DEL SUELO POR LA CUBIERTA VEGETAL

La estructura del suelo es la ordenación de partículas de diferentes tamaños en agrupaciones más o menos estables que dejan entre sí poros por los que se intercambia materia y energía con el exterior. De su estabilidad depende la resistencia a la erosión y a la presión ejercida por las ruedas de tractores, remolques, especialmente si van cargados en la estación de la recolección, que suele ser la estación más húmeda del año, y por los aperos. Las raíces refuerzan la resistencia del suelo aumentando la cohesión. En un suelo de olivar las raíces del árbol colonizan el suelo intensivamente. Sin embargo la presencia de nuevas raíces más activas, como las de la cubierta vegetal, aumentan la resistencia del suelo de forma apreciable. La influencia de las raíces en la cohesión del suelo ha sido ampliamente conocida, aunque su efecto se estimaba de forma bastante simple con los llamados modelos perpendiculares (*e.g.* Waldron, 1977). La mejor comprensión de los fenómenos de fractura, ha llevado a la recuperación de un antiguo modelo, el modelo del manojo de fibras, *fiber bundle model*, FBM, en el original inglés, que representa el comportamiento de cables compuestos, sogas, o materiales similares (Hansen, 2005), que parece más adecuado para caracterizar la acción de las raíces en el suelo. Este modelo reconoce que la carga máxima que aguanta el manojo de fibras es inferior a la suma de las resistencias individuales de sus componentes, que pueden romperse repartiéndose la carga que aguantaban de forma aleatoria a las otras fibras. Usando este modelo y midiendo de forma ingeniosa la resistencia de las raíces en el campo, Pollen y Simon (2005) estimaron el incremento de resistencia aportado por las raíces a la estabilidad de bancos de ríos frente a deslizamientos. Aunque no se ha estudiado de forma directa el efecto de la cubierta en la resistencia a la compactación el uso de los métodos de Pollen y Simon y la aplicación del modelo, puesto que la compactación por las ruedas implica también un esfuerzo lateral de corte abre una nueva vía que ayudará a asesorar el tipo de cubierta vegetal más conveniente.

PROTECCIÓN DEL SUELO CONTRA LA EROSIÓN

Una parte importante de la energía que lleva el agua de lluvia se disipa en el impacto de las gotas contra el suelo. En el choque una parte de la energía compacta la superficie en el centro de los cráteres, originando una onda de presión que se transmite entre los poros, y que da lugar a la costra de erosión definida por Biolders y col. (1996), mientras que otra parte se convierte en trabajo de corte o cizalladura que desprende partículas del suelo. La acumulación de los restos de agregados en las microdepresiones del suelo da lugar a la costra de depósito o de sedimentación. La cubierta vegetal disipa gran parte de esta energía evitando así la formación de costras superficiales y, con ella, la reducción de la capacidad de infiltración del suelo. En el ensayo clásico de Morin y Benyamini (1977) la presencia de una cubierta, en este caso inerte, una capa de residuos, malho-

jo, impedía la generación de escorrentía, mientras que en un mismo suelo sometido a una lluvia de igual intensidad a la que en una parcela contigua, generaba un volumen próximo al 90% de la precipitación total.

La vegetación representa un obstáculo que disipa también la energía del agua que fluye sobre la superficie del suelo. La vegetación, así como los obstáculos del microrrelieve, incluyendo piedras y rocas aflorantes, ejercen un doble efecto, como apuntaba Dunkerley (2002), uno dinámico al aumentar la fricción de la superficie lo que retrasa el flujo de agua, y en esto la vegetación es más importante que las piedras o rocas (Dunkerley y col., 2001), y otro estático que surge por el desplazamiento del calado por los obstáculos. Consecuentemente el flujo se divide entre lo que Dunkerley (2003) llama filamentos de flujo con una circulación rápida que pueden acelerar la erosión en regueros, y zonas de remanso. Así pues en la superficie del suelo coexisten zonas de escorrentía de donde sale el agua en superficie y de incorrentía, runon en inglés, en donde se remansa el agua, lo que da lugar a zonas de depósitos en bandas, comenzando por la broza arrastrada por el agua que fluye en superficie, observada en numerosas ocasiones y descrita con detalle por Dunkerley y Brown (1995). La distribución variable de la cubierta por la contribución de la vegetación y del propio microrrelieve del suelo, causado por las operaciones agrícolas, especialmente la recogida de la aceituna, le confiere un carácter muy cambiante por la diferente conectividad entre las depresiones. Vainwright y col. (2002) han observado estos cambios en la zona semiárida del suroeste de Estados Unidos. Se han propuesto algunos métodos de medida de la velocidad del agua superficial apropiados para estos casos (Dunkerley, 2003; Planchon y col., 2005).

Como indican Gutiérrez y Hernández (1996), la vegetación ejerce distinta influencia sobre la pérdida de suelo entre regueros, debida a la salpicadura de las gotas de lluvia, según se trate de la estación latente, o la de desarrollo vegetativo. Cuando la vegetación apenas cubre el suelo, en ausencia de lluvia, o la estación fría, a medida que aumenta el grado de cubierta disminuye tanto la producción de escorrentía como la pérdida de suelo. Por el contrario con vegetación activa puede haber un máximo de ambas funciones para un grado intermedio de cubierta, entre un 20 a 30% en los resultados de estos autores, lo que debe evitarse en la implantación de un sistema de cubierta. Deletic y Fletcher (2006) han detectado una reducción de hasta un 70% del sedimento en suspensión por parte de filtros vegetales, que pueden ser equivalentes a las cubiertas vegetales. También observaron una recuperación de más de la mitad de los nutrientes fosfóricos y nitrogenados que llevaba el agua de escorrentía.

CONCLUSIONES

Este sucinto repaso de algunos aspectos físicos de la cubierta vegetal en olivar ha mostrado ventajas e inconvenientes de la misma como la protección contra la erosión y la retención de sedimentos, el aumento de la infiltración y la interceptación de la escorren-

tía, entre los primeros y la posible pérdida de agua por evaporación al comienzo de la estación seca. Se han planteado algunas propuestas como el uso de modelos que puedan representar las diferentes condiciones de la variabilidad temporal y espacial de la meteorología y la presencia de plantas, así como algunos métodos de estudio de la resistencia del suelo con las raíces de la cubierta, o la modificación de los patrones de flujo superficial.

Sin embargo hay aspectos que han de ser considerados en la aplicación de esta práctica, como las dificultades que puede plantear la presencia de una barrera húmeda durante la recolección de aceitunas, o el riesgo de que una masa seca entre los árboles sirva como combustible para propagar un fuego. Del mismo modo que no hay modelos completos que sirvan para todas las situaciones posibles, no hay prácticas agrícolas que valgan para todos los casos, lo que lleva a la conclusión más importante, que por otra parte es conocida por los que se dedican a la Agricultura: aunque los principios en los que se basan son favorables, la forma más adecuada saldrá de las sucesivas pruebas que con ella se haga.

Bibliografía

- Bielders, C., Baveye, P., Wilding, L.P., Drees, L.R. y Valentin, C., 1996, *Tillage induced spatial distribution of surface crusts on a sandy Paleustult from Togo*, Soil Sci. Soc. Am. J. 60:843-855.
- Bristow, K.L. y Abrecht, D.G., *The physical environment of two semi-arid tropical soils with partial surface mulch cover*, Aust. J. Soil Res., 27:577-587.
- Bristow, K.L., Campbell, G.S., Papendick, R.I. y Elliott, L.F., 1986, *Simulation of heat and moisture transfer through a surface residue-soil system*, Agric. For. Meteorol. 36:193-214.
- Chancrin, E., 1911, *Viticulture moderne*, 3ª ed. Hachette, Paris.
- Deletic, A. y Fletcher, T.D., 2006, *Performance of grass filters used for stormwater treatment: a field and modelling study*, J. Hydrol. 317:261-275.
- Dunkerley, D., 2002, *Volumetric displacement of flow depth by obstacles, and the determination of friction factors in shallow overland flows*, Earth Surf. Proc. Landf. 27:165-175.
- Dunkerley, D., 2003a, *Determining friction coefficients for interrill flows: the significance of flow filaments and backwater effects*, Earth Surf. Proc. Landf. 28:475-491.
- Dunkerley, D., 2003b, *An optical tachometer for short-path measurement of flow speeds in shallow overland flows: improved alternative to dye timing*, Earth Surf. Proc. Landf. 28:777-786.
- Dunkerley, D.L. y Brown, K.J., 1995, *Runoff and runoff areas in a patterned chenopod shrubland, arid eastern New South Wales, Australia: characteristics and origin*, J. Arid Environ. 30:41-59.
- Dunkerley, D., Domelow, P y Tooth, D., 2001 *Frictional retardation of laminar flow by plant litter and surface stones on dryland surfaces: A laboratory study*, Water Resour. Res. 37:1417-1423.
- Dunne, T., Zhang, W. y Aubry, B.F., 1990, *Effects of rainfall, vegetation, and microtopography on infiltration and runoff*, Water Resour. Res. 27:2271-2285.
- Eagleson, P.S. y Segarra, R.L., 1985, *Water-limited equilibrium of savanna vegetation ecosystems*, Water Resour. Res. 21:1483-1493.

- Eagleson, P.S., 2002, *Ecohydrology. Darwinian expresion of vegetation form and function*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Faulkner, E., 1943, *Plowman's folly*, Univ. Oklahoma Press, Norman.
- Gutiérrez, J. y Hernández, I.I., 1996, *Runoff and interrill erosion as affected by grass cover in a semi-arid rangeland of northern Mexico*, J. Arid. Environ. 34:287-295.
- Hansen, A., 2005, *Physics and fracture*, Comp. Sci. Engng. 7:90-95.
- Hidalgo, J. de, 1870, *Tratado del cultivo del olivo en España y modo de mejorarlo*, Facsímil de la 2ª edición, Ed. El Olivo, 2000, Ubeda.
- Morin, J. y Benyamini, Y., 1977, *Rainfall infiltration into bare soils*, Water Resour. Res. 13:813-817.
- Palnchon, O., Silvera, N., Giménez, R., Favis-Mortlock, D., Wainwright, J. Le Bissonnais, Y. y Govers, G., 2005, *An automated salt-tracing gauge for flow velocity measurement*, Earth Surf. Proc. Landf. 30:833-844.
- Pollen, N. y Simon, A.J., 2005, *Estimating the mechanical effects of riparian vegetation on stream bank stability using a fiber bundle model*, Water Resour. Res. 41, doi: 10.1029/2004WR003801
- Puigdefábregas, J., 2005, *The role of vegetation patterns in structuring runoff and sediment fluxes in drylands*, Earth Surf. Proc. Landf. 30:133-147.
- Rodríguez-Iturbe, I., D'Odorico, P., Porporato, A., y Ridolfi, L., 1999, *Tree-grass coexistence in savannas: The role of spatial dynamics and climate competition*, Geophys. Res. Lett. 26:247-250.
- Scholes, R.J. y Walker, B.H., 1993, *An African savanna*, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- van Wijk, M.T. y Rodríguez-Iturbe, I., 2002, *Tree-grass competition in space and time: Insights from a simple cellular automata model based on ecohydrological dynamics*, Water Resour. Res. 38(9), doi:10.1029/2001WR000768.
- Wainwright, J., Parsons, A.J., Schlesinger, W.H. y Abrahams, A.D., 2002, *Hydrology-vegetation interactions in areas of discontinuous flow on a semi-arid bajada*, Southern New Mexico, J. Arid Environ. 51:319-338.
- Waldron, L.J., 1977, *The shear resistance of root-permeated homogeneous and stratified soil*, Soil Sci. Soc. Am. J. 41:843-849.

INFLUENCIA DE LA CUBIERTA VEGETAL EN LA PÉRDIDA DE AGUA Y SUELO EN OLIVAR

A.J. Espejo-Pérez y A. Rodríguez-Lizana

Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos.
Centro Alameda del Obispo. Edificio CIFA 3. IFAPA. Junta de Andalucía. www.aeac-sv.org

J.V Giráldez

ETSI de Agrónomos y Montes. Departamento de Agronomía.
Universidad de Córdoba.

R. Ordóñez

Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales
Centro Alameda del Obispo. IFAPA. Junta de Andalucía.

INTRODUCCIÓN E HISTORIA DEL LABOREO

El origen del olivo en España se remonta a tiempos muy lejanos, unos manifiestan que lo introdujeron los fenicios, otros los romanos. Es bien sabido que tanto el pan como el aceite han sido dos elementos importantes en la alimentación mediterránea, y más aún la andaluza, tal y como refleja su gastronomía. El hecho de que los cultivos herbáceos requieren más operaciones, hizo que se desarrollasen en zonas de fácil manejo y se relegase el olivo a zonas marginales, pudiendo ser aprovechado su suelo incluso como pasto para el ganado. Tan extensa es la historia que lleva consigo este cultivo como las hectáreas que ocupa en la franja mediterránea. España es el principal productor a nivel mundial, con un 27% del olivar total de Europa, y una producción que representa un 42% de la total europea.

En Andalucía, más del 70% del territorio de olivar está declarado como zona de montaña (Junta de Andalucía, 2005). Tan solo en las últimas décadas, por las expectativas creadas al amparo de la Política Agraria Comunitaria y el elevado nivel de precios alcanzado, se han plantado numerosas extensiones de olivar en fértiles vegas. Del suelo andaluz, un 14,2% está ocupado por olivar, únicamente superado por un 16,8% de cultivos herbáceos -se incluyen aquí todos los posibles usos del suelo-.

La climatología mediterránea presenta una estación seca en verano, en la que a veces tienen lugar intensas tormentas, y un periodo lluvioso, donde se concentra la mayoría de la precipitación anual. La baja cobertura en el periodo estival, la realización de laboreo en la época lluviosa, y las características del olivar (elevada pendiente y escasa cobertura de la copa) hacen que la pérdida de suelo sea un fenómeno de considerable importancia.

Son varios los agentes responsables de la erosión -viento, lluvia y animales, entre otros. De entre ellos, la lluvia es la principal causa. Las principales consecuencias que genera dicho proceso son la pérdida de suelo, particularmente del horizonte más superficial y fértil, y la pérdida de agua por escorrentía, aspecto sumamente importante debido a que el 80,9% del olivar es de secano. Debe entenderse que escorrentía y pérdida de suelo son dos factores relacionados.

Además del relieve, otros factores intervienen negativamente en la conservación del suelo. El tipo de plantación -marco-, así como el destino de la producción -aceite o mesa- influyen en el proceso que se estudia.

En cuanto a la plantación, la densidad (ver tabla 1) influye en el volumen de suelo cubierto por el árbol. Respecto a lo segundo, un olivo para producción de aceituna de mesa tiene un sistema de poda más agresivo (figura 1), dejando más espacio entre ramas, disminuyendo el sombreado para obtener un producto de calidad -se busca calibre de fruto y menor daño en el mismo por rozamiento de unas ramas con otras por viento-. Así pues, el área de suelo protegida por la copa es menor.



Figura 1. Poda aplicada al olivar de mesa, que origina un bajo volumen de copa. Chucena (Huelva).

Tabla 1. Principales marcos de plantación de olivar en Andalucía (Junta de Andalucía, 2005)

Nº olivos/ha	% olivar plantado
80-160	68
<80	14
160-400	15
>400	3

Las características de las nuevas plantaciones así como los avances tecnológicos, con aperos más agresivos con el suelo, de mayor potencia, que indirectamente requieren una mayor densidad de vías para así circular, modifican cuencas hidrográficas. Asimismo, el afán por conseguir mayores producciones, intensificando las operaciones al olivar y roturando zonas que nunca debieron de haberlo sido, han tenido serias repercusiones sobre la pérdida de suelo. Podría decirse que la actividad humana es la principal causante del proceso de erosión.

Se pueden establecer, de forma resumida, tres modalidades de cultivo, practicándose técnicas intermedias, que son: laboreo, no laboreo con suelo desnudo, y cubierta vegetal.

La técnica más usada por la mayoría de los olivareros, por herencia, así como por falta de entusiasmo y facilidad, ha sido el laboreo, donde se practica una labor de alzado con cultivador tras recolectar la aceituna. Seguidamente se dan varios pases superficiales hasta los meses de verano, para eliminar las malas hierbas presentes y tener un suelo mullido y fino, que según el agricultor da buena fe de un campo bien atendido. A lo largo del verano se dan labores con rastra o pase de gomas para conseguir tapar grietas en el suelo, a la vez que como se dice, se da polvo a los olivos -aún no ha sido confirmado el beneficio de esta práctica-.

La labranza de un suelo supone romper su estructura y dejarlo desprovisto ante la acción de agentes externos, principalmente lluvia. Cabe destacar aquí la evolución que ha sufrido el laboreo, tanto como consecuencia del paso de un laboreo apoyado en tracción animal, donde el esfuerzo físico de las bestias era limitado, a otro donde se usa maquinaria de gran potencia. El arado normalmente usado era una pequeña vertedera, que por exigencias de la tracción, se labraba siguiendo las curvas de nivel, y ante la aparición de una piedra o raíz en profundidad, que pueda proteger al suelo de la erosión, tenía que ser elevado para superar dicho obstáculo. También, el laboreo solía darse en el momento adecuado, en tempero, pues en otra fecha sería difícil clavar el arado. Los linderos eran respetados, siendo además usados para alimentar al ganado mular en los descansos, ayudando a retener el agua al pasar el flujo de una parcela a otra. De ahí se pasó al cultivador, donde los surcos quedan abiertos, por donde el agua puede formar fácil-

mente regueros, o aún peor, a la grada de discos, que deja el suelo totalmente mullido, donde con el paso del tiempo se crea una costra subsuperficial que impide la infiltración del agua a capas más profundas. Asimismo, la aparición de herbicidas, y la destrucción de los citados linderos, incrementan aún más el proceso de pérdida. A su vez, se pasó de un olivar plantado sin criterio alguno a otro alineado en dos direcciones principales, una siguiendo la máxima pendiente, y otra perpendicular a la misma, (no es así exactamente, pues en campo hay constantes variaciones del relieve en superficies reducidas). Por ello, se efectúan todas las labores siguiendo las dos direcciones principales, circulando los aperos y maquinarias por el mismo lugar en repetidas ocasiones compactando el suelo y destruyendo su estructura. Este proceso es aún más agresivo en olivar de pendiente, donde las operaciones se suelen realizar en una de las dos direcciones, generalmente paralela a la pendiente, disminuyendo así el riesgo de vuelco de la maquinaria. A su vez, uno de los beneficios de las nuevas plantaciones son las mayores densidades, que cubren más suelo, pero obligan a usar una única dirección de calles para trabajar con la maquinaria.



Figura 2. Adición de hormigón para frenar la evolución de una cárcava. Nueva Carteya (Córdoba)

FACTORES QUE INCIDEN EN EL PROCESO EROSIVO.

Las principales variables que influyen en la erosión hídrica son:

- Intensidad y frecuencia de la lluvia
- Pendiente del terreno
- Longitud de ladera
- Cobertura del suelo
- Tipo de suelo

Sobre la *intensidad y frecuencia* de la lluvia, el agricultor no puede actuar en este sentido, pues ésta es un agente natural.



Figura 3. La construcción de diques en zonas de vaguada puede reducir la velocidad del flujo de agua. Nueva Carteya (Córdoba).

Por otra parte, la pendiente del terreno sí puede modificarse, por ejemplo abancalando, pero ello supone un enorme freno en el momento de realizar las diferentes operaciones al olivar. De igual manera, las características del suelo que se cultiva es una propiedad hasta cierto punto inalterable pues el contenido de arena, limo y arcilla no puede variar-

sepero sí podemos modificar el porcentaje de materia orgánica. Suelos con mucha materia orgánica son suelos fértiles y bien estructurados, por agregación de los elementos texturales, más resistentes a la degradación. Así, son *la longitud de ladera y cobertura del suelo* los dos factores modificables por la actuación del hombre. Es importante diferenciar entre pendiente y longitud de ladera. Ambos factores influyen sobre la velocidad del flujo de escorrentía en superficie, y por ello, sobre su capacidad de arrastre de sólidos del suelo. Se puede generar una alta velocidad al tratarse de una elevada pendiente, o porque la distancia que ha de recorrer el flujo sin impedimento es muy larga. Cuanta más velocidad tiene el agua que circula por la superficie, más capacidad erosiva tendrá. A veces, prácticas tan simples como la parcelación de un terreno para los herederos, puede favorecer este fenómeno. Por ejemplo, en un terreno que ocupa desde el pie hasta lo más alto de una ladera, ninguno de los herederos querrá la parte alta, por lo que se verán obligados a dividir la finca longitudinalmente, de forma que resultarán más estrechas y se tenderá a realizar las operaciones a la misma transversalmente a las curvas de nivel. Prácticas tales como construcción de terrazas junto a cada olivo, creación de pozas de contención, diques (figura 3), consiguen reducir dicha longitud de ladera, pero contradicen el criterio de establecer medidas que no interfieran en el manejo del olivar.

Son muchas las tareas que practica el agricultor para disminuir los efectos dañinos de la erosión. Por un lado están aquéllos que tras una lluvia vuelven a labrar para borrar la huella de los pequeños regueros, y en el caso extremo de cárcavas, en las que pueden llegar a perderse incluso olivos, recurren al enterramiento de la misma con uso de excavadoras, o tractores-pala, entre otros medios. Pero tras esta operación, en la siguiente avenida de agua vuelve a aparecer la misma huella de degradación del suelo. Otra muestra de la incipiente erosión que sufre nuestro olivar es la formación de peanas junto al pie de los olivos, que en muchos casos tratan de corregirse añadiendo con maquinaria elevados volúmenes de tierra. Es el momento de plantearse que ésta no es la solución al problema, o bien, no se trata de corregir los efectos descritos, sino intentar resolver la causa, que no es otra sino la baja cobertura de suelo

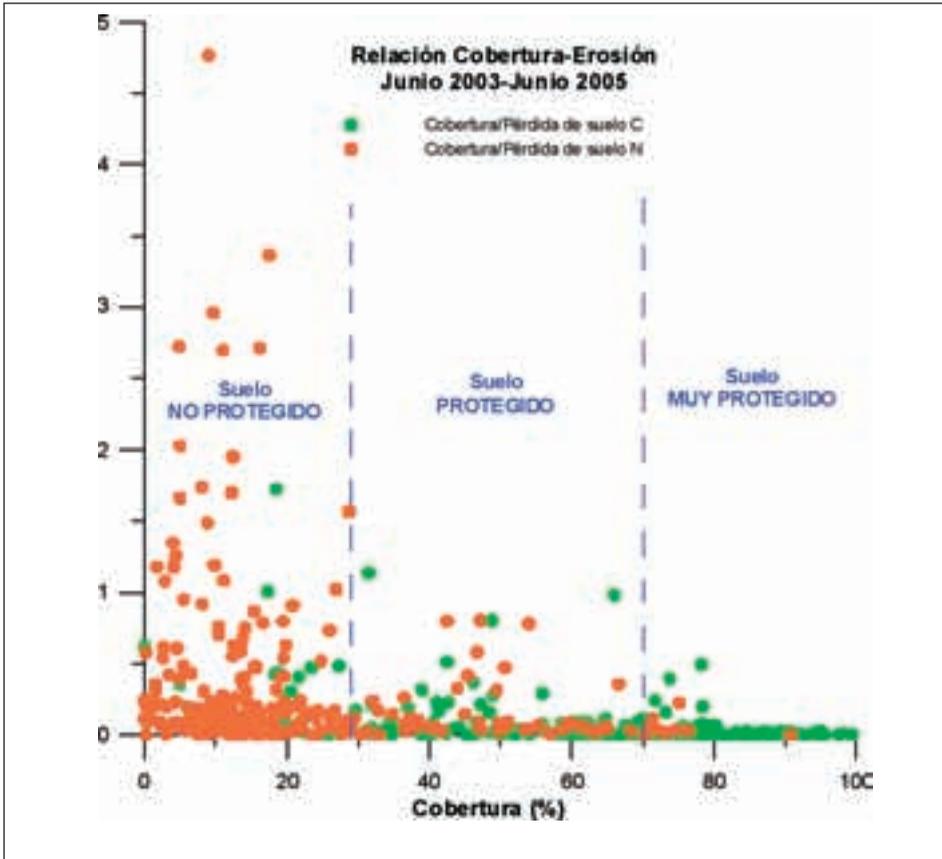


Figura 4. Porcentajes de cobertura de suelo en torno y superiores a un 25% reducen eficazmente la pérdida de suelo. Campañas -Junio 2003-Junio 2005-. Fuente: Datos experimentales AEAC. N: Laboreo convencional; C: Cubierta vegetal

El grado de cobertura del suelo es importante, Actúa en primer lugar como barrera protectora frente al impacto de la gota de lluvia, disipando la energía con la que ésta incide sobre el mismo, y en segundo lugar ralentiza el movimiento del agua en la superficie al aumentar su rugosidad, pues la hierba, o los restos en superficie, crean un impedimento al desplazamiento. Coberturas de suelo superiores a un 30% (suelo protegido y muy protegido, (figura 4) reducen eficazmente dichas pérdidas, haciéndolas prácticamente cero con porcentajes en torno y superiores al 45%. A su vez, estos restos se descomponen elevando el contenido de materia orgánica. En caso de tratarse de una cubierta vegetal viva, su masa de raíces puede aumentar la porosidad del mismo, ayudando a disminuir la compactación del terreno, creando vías de infiltración, que a su vez reducen la escorrentía y con ello la erosión. Por otra parte, al elevarse el contenido orgánico en

el suelo, aumenta la microfauna del mismo, cuyas galerías favorecen la entrada de agua en el terreno. Con el laboreo se reduce el grado de cobertura del suelo y se acelera el ritmo de degradación de la materia orgánica al airearlo, disminuyendo la población degradadora, y con ello las repercusiones que acarrea. Sería recomendable incrementar los niveles de cobertura en el olivar, hecho que puede lograrse con el establecimiento de cubiertas vegetales.

TIPOS DE EROSIÓN HÍDRICA.

Son varias las manifestaciones del proceso erosivo en campo, dependiendo de la agresividad del mismo. Se distinguen:



Figura 5. *Un mal diseño en la elección del tránsito de la maquinaria en olivar puede facilitar la formación de regueros por las bandas de rodadura. Espejo (Córdoba)*

- Erosión laminar o entre regueros.

Es el arrastre casi imperceptible de delgadas láminas de suelo. Su principal expresión en campo es la creación de mosaicos de colores diferentes en un terreno.

- Erosión en regueros.

Se produce cuando acumulaciones de escorrentía en el suelo se canalizan, generando surcos. Es el siguiente paso a la erosión laminar. Estos dos tipos de erosión son importantes, pero al borrar su huella con un pase de labor, el agricultor no le presta atención. Es frecuente la aparición de ésta última por la rodadura en las calles del olivar, por lo que es importante diseñar una estrategia ante ello.

- Erosión en cárcavas.

Se produce cuando se suma el agua de varios regueros, pudiendo generar socavones de varios metros de anchura y profundidad. Puede producir pérdida de olivos completos. Divide la finca en más de una besana. Borrar su huella es imposible sin el uso de una excavadora o similar, pero esta actuación es ineficiente. La solución a la creación de la misma es evitando los dos niveles anteriores.

- Movimiento en masa.

Se produce por corrimiento de capas de suelo, siendo extensas en superficie, pudiendo arrastrar consigo varios olivos o incluso filas. Se da por movimiento subsuperficial de agua, trasladando la capa de suelo superior. Este fenómeno se suele dar mucho en taludes.



Figura 6. A veces la situación es irremediable. La construcción de obras de paso que recogen elevados volúmenes de agua de escorrentía por manejos inadecuados aguas arriba puede generar situaciones como la expuesta. Pérdida de olivo. Baena (Córdoba).

INFLUENCIA DE LAS TÉCNICAS DE CULTIVO EMPLEADAS EN OLIVAR EN LA EROSIÓN DEL SUELO.

Una vez analizado el proceso erosivo, pasaremos a describir las técnicas de cultivo comúnmente practicadas en olivar, analizando su implicación en la pérdida de suelo y agua.

- Laboreo convencional.

Su finalidad es mantener el suelo limpio de malas hierbas, a la vez que se rompe la costra superficial creada por el pase de maquinaria en la recolección. Aparentemente, en los primeros estadios de una lluvia, aumenta el ritmo de infiltración por poseer una capa muy esponjosa en superficie capaz de acumular agua. Pero a medida que transcurre el tiempo, la infiltración disminuye, sellándose los poros. Además, es común la aparición de suela de labor, disminuyendo el ritmo de infiltración del suelo y su capacidad de retención de agua. Desde el punto de vista de la pérdida de suelo, se trata de suelos no estructurados, disgregados en partículas fácilmente erosionables.

- No laboreo con suelo desnudo.

Técnica muy empleada en cultivos leñosos tras la aparición de los herbicidas. Se elimina cualquier pase de labor, y mediante la aplicación de herbicidas residuales se tiene un suelo totalmente desprotegido de vegetación. En algunos estudios realizados se ha constatado la generación de grandes volúmenes de agua de escorrentía que dan lugar a cuantiosas pérdidas de suelo. En cuanto a suelo perdido, se han medido menores tasas que en laboreo, pero no así respecto a escorrentía, que dio lugar a los mayores

volúmenes (Francia *et al.*, 2000). La baja velocidad de infiltración en este sistema hace que los productos aplicados sean fácilmente arrastrados, con la consecuente pérdida y contaminación que ello supone.

- Cubierta vegetal.

Independientemente del tipo de cubierta utilizada, es un método eficaz para reducir ambas pérdidas: suelo y agua. Ayuda a regenerar el suelo por acumulación de restos, hecho que no tenía lugar en los sistemas anteriores. El establecimiento de una cubierta vegetal actúa positivamente como protección. Contémplese una zona de monte, donde crece el pastizal libremente. En él se aprecia flujo de agua por las zonas de vaguada, pero sin llegar a formarse regueros en la ladera que manifiestan un arrastre del suelo. Sin embargo en zonas agrícolas tras una lluvia, sí son apreciables las huellas dejadas en la superficie por el paso de agua que no ha llegado a infiltrar en el suelo.



Figura 6. Una cubierta en franjas sembrada transversalmente a la pendiente puede disminuir la velocidad del flujo superficial de agua. Obsérvese la atenuación del mismo al llegar a ella, así como la aparición de la roca madre en zonas más elevadas de la ladera. Nueva Carteya (Córdoba).

Con este sistema conservacionista, en experimentos de campo realizados por AEAC/SV, se han observado reducciones en torno al 90-95% de pérdida de suelo comparando laboreo convencional y cubierta vegetal viva, y reducciones en torno al 65-70% respecto a pérdida de agua, ambos a favor de la cubierta vegetal (figura 2).

Dichos estudios de campo se han llevado a cabo en 8 parcelas de olivar distribuidas por la geografía andaluza (Córdoba, Jaén, Sevilla y Huelva) en las campañas Junio 2003-Junio 2004, y Junio 2004-Junio 2005.

Erosión C representa la erosión medida en las parcelas donde hay cubierta vegetal como manejo del suelo. Erosión N se refiere a las parcelas donde el manejo realizado al suelo es laboreo convencional.

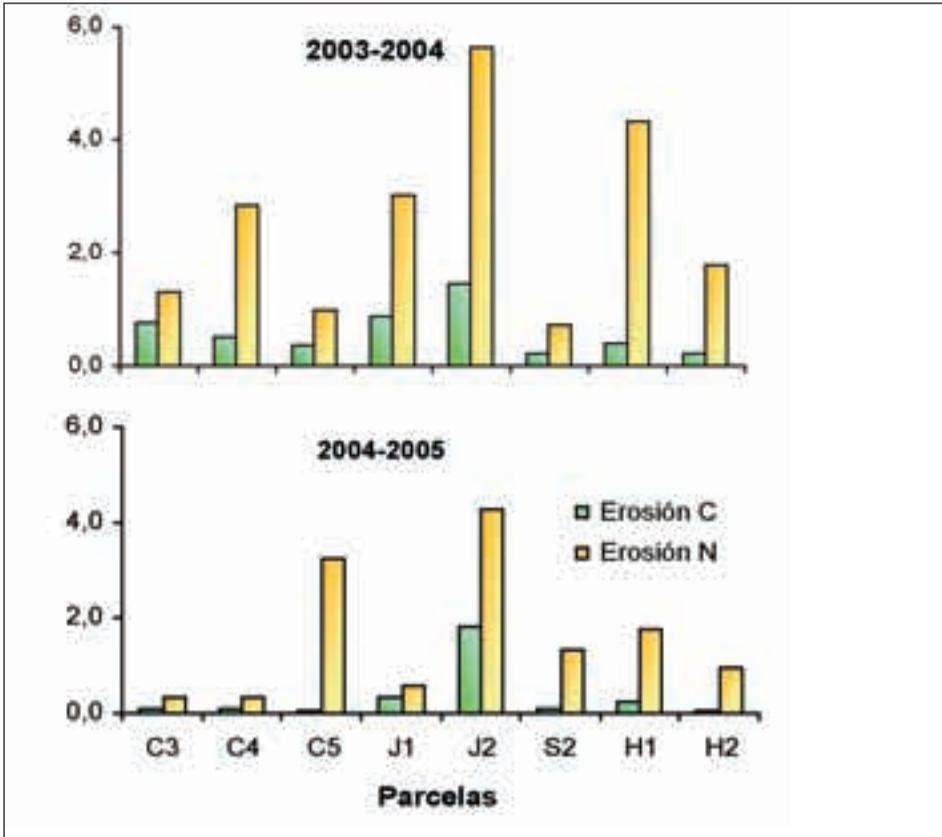


Figura 8. Pérdida de suelo medida en 8 parcelas de olivar. Fecha: Junio 2003-Junio 2005. Fuente: Datos experimentales AEAC.

De igual manera, se muestran los valores medidos de escorrentía en las 8 parcelas descritas anteriormente (figuras 9 y 10). Como se observa, en la mayoría de los casos, la cubierta vegetal ha reducido las pérdidas de agua por escorrentía.

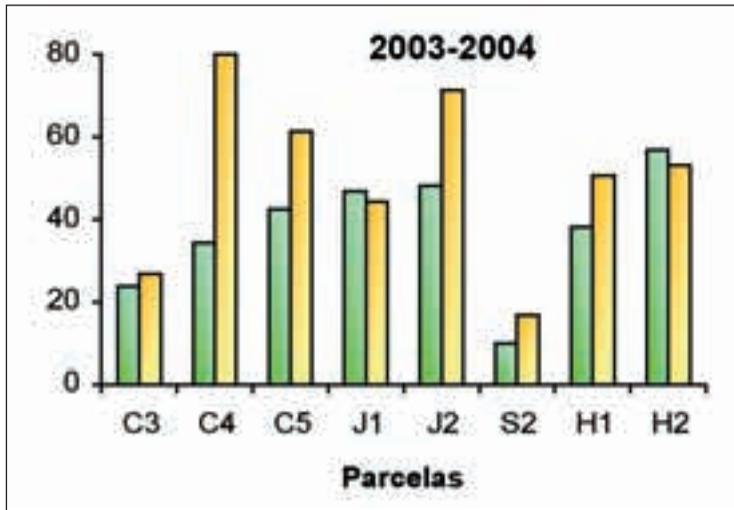


Figura 9. Pérdida de agua medida en 8 parcelas de olivar en la campaña 2003-2004 (Junio-Junio). Fuente: Datos experimentales AEAC.

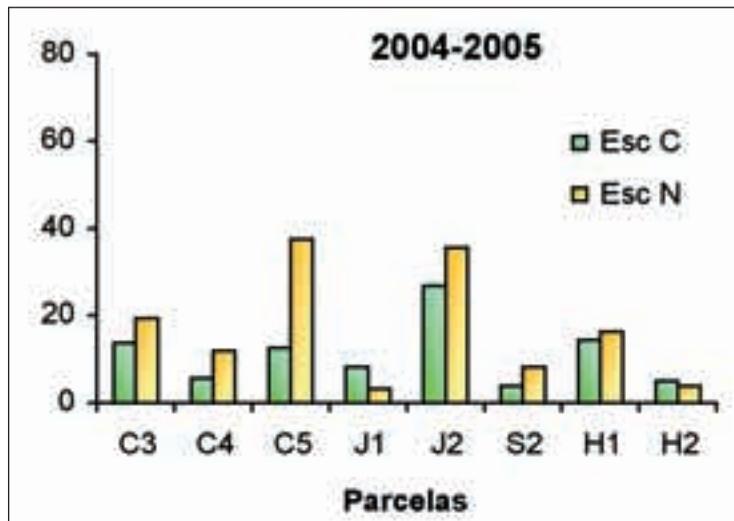


Figura 10. Pérdida de agua medida en 8 parcelas de olivar en la campaña 2004-2005 (Junio-Junio). Fuente: Datos experimentales AEAC.

A modo de resumen, puede decirse que la erosión es un proceso natural que depende de factores orográficos y atmosféricos y que puede acelerarse en mayor o menor medida por la actuación humana. Sin duda, el olivar mediterráneo, por las características que reúne este cultivo, es muy sensible a estos procesos si no se establecen manejos de suelo adecuados.

Tanto experimentos desarrollados por AEAC/SV en dicho cultivo, como los expuestos por otros autores, concluyen que el empleo de cubiertas vegetales en olivar es un sistema sostenible que contribuye a reducir las pérdidas de suelo y escorrentía frente a otros sistemas utilizados.

Bibliografía

- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. 2005. *Caracterización tecnológica, productiva y socioeconómica del olivar andaluz*.
- Francia, J.R.; Martínez, A. y Ruiz, S. 2000. *Erosión en suelos de olivar en fuertes pendientes. Comportamiento de distintos manejos de suelo*. Edafología 7: 147-155.
- Martínez-Raya, A.; Francia, J.R.; Ruiz-Gutiérrez, S.; Martínez-Vilela A. y Aguilar, J. 2001. *Evaluation of soil protection with different types of plant cover*. En: García-Torres, L.; Benitez, J. y Martínez-Vilela, A. *I World Congress on Conservation Agriculture*. Volume II: Offered Contributions. Madrid. 431-434.
- Rodríguez-Lizana, A.; Ordóñez-Fernández, R. y González-Sánchez, E.J. 2004. Agricultura de conservación en cultivos leñosos (olivar). Cubiertas vegetales. Cualidades y tipos principales. En: Gil-Ribes, J.L.; Blanco-Roldán, G.L. y Rodríguez-Lizana, A. (ed.). *Técnicas de Agricultura de Conservación*. Mundi-Prensa. Madrid. 17: 113-124.

LA CUBIERTA VEGETAL Y SU INCIDENCIA EN LOS PROCESOS DE CONTAMINACIÓN POR NITRATOS Y FÓSFORO EN AGUAS DE ESCORRENTÍA EN PARCELAS ECOLÓGICAS Y CONVENCIONALES

A. Rodríguez-Lizana; A.J. Espejo-Pérez y E. González

Asociación Española Agricultura de Conservación/Suelos Vivos.
Centro Alameda del Obispo. IFAPA. Junta de Andalucía. www.aeac-sv.org

R. Ordóñez y P. González

Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales,
Centro Alameda del Obispo. IFAPA. Junta de Andalucía.

EL PROBLEMA DEL NITRATO Y EL FÓSFORO EN LA AGRICULTURA

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) son los nutrientes esenciales que con mayor incidencia contaminan las aguas. Por ello, el estudio del efecto del sistema de manejo de suelo sobre la pérdida de N en un agroecosistema es tema de interés tanto por el ahorro de insumos que supone en la explotación agrícola como por la disminución de la contaminación ambiental a que puede conducir. Desde un punto de vista agronómico, las pérdidas de nitrato (NO_3^-) representan una merma de nutrientes para el sistema a la que el agricultor no suele conceder la importancia que merece. En cambio, desde un punto de vista ambiental, estas pérdidas, asociadas a las de otros nutrientes, pueden suponer un serio deterioro en la calidad de las aguas, pues las aportaciones de nitrato y fósforo procedentes de suelos agrícolas son, junto con los plaguicidas, los elementos principales y más peligrosos de la contaminación agraria difusa (Davenport, 1994). Las descargas de

estos elementos pueden producirse por su movimiento en aguas de drenaje o bien mediante procesos de erosión-escorrentía (Sharpley *et al.*, 1993).

Son numerosos los estudios de pérdida de estos elementos en disolución en distintos cultivos (Blevins *et al.*, 1990; Owens y Edwards, 1993; Douglas *et al.*, 1998; Fleming y Cox, 1998; Díaz, 2002), pero escasos en el olivar, cultivo en el que el nitrato constituye el principal contaminante de las aguas de escorrentía como consecuencia de las prácticas tradicionales de fertilización, basadas en un abonado exclusivamente nitrogenado en la mayoría de las ocasiones, aplicado a final de invierno-principios de primavera, y que en muchas ocasiones permanece en superficie sin incorporar hasta que la lluvia lo infiltra en el perfil, haciéndolo aprovechable para la planta. Entre los estudios realizados en el olivar andaluz, cabe citar los de Francia *et al.* (2006), Rodríguez-Lizana *et al.* (2007) y Ordoñez *et al.* (2007).

Las cubiertas vegetales pueden resultar de utilidad en la reducción de la dispersión de contaminantes en disolución, pues disminuyen el flujo total de escorrentía (Giráldez, 1998; Rodríguez-Lizana *et al.*, 2004). Por otra parte, la cantidad de nitrógeno soluble en el agua de escorrentía es muy dependiente del sistema de manejo de suelo (Richardson y Knight, 1995; Douglas *et al.*, 1996). La cubierta incide en los aspectos fundamentales de la transferencia de NO_3^- al medio, reduciendo temporalmente la pérdida de agua y el contenido del anión en la superficie del suelo por la extracción de la planta. Por el contrario, el incremento del contenido de materia orgánica que originan (Ordóñez, 2004) y su mineralización juega en contra del proceso anterior, puesto que en ocasiones incrementan el contenido de NO_3^- en superficie.

La pérdida de NO_3^- , P y materia orgánica causan una disminución de la fertilidad natural de los suelos y pueden ser un problema importante en este cultivo. En el olivar ecológico, en el que no es posible la utilización de abonos de síntesis, se acentúa este riesgo. Para que este sistema de cultivo sea sostenible no sólo debería mantener un adecuado nivel de nitrógeno en el suelo sino también minimizar las pérdidas de dicho elemento en escorrentía (Korsaeth y Eltun, 2000). Por ello, en un sistema ecológico es especialmente recomendable la implantación de una cubierta vegetal que minimice las pérdidas de nutrientes (Labrador, 2002).

EFFECTOS PERNICIOSOS DEL NITRATO Y FÓSFORO SOBRE LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

Sobre las aguas: la existencia de nutrientes en las masas de agua es necesaria para propiciar el crecimiento de las plantas y el mantenimiento de la cadena trófica. Sin embargo, un exceso de aquéllos, particularmente de N y P, es perjudicial ya que puede causar eutrofización, alterando el estado trófico de la masa de agua y dando lugar a un excesivo crecimiento de algas y plantas acuáticas.

El excesivo desarrollo de la flora acuática puede originar el agotamiento del oxígeno contenido en el agua, tanto por la respiración nocturna de ambas como por la descomposición bacteriana de los restos de plantas y algas. La merma de oxígeno puede afectar negativamente a los seres vivos y causar la muerte masiva de peces.

La eutrofización, además, puede alterar el olor y sabor del agua causando problemas en su suministro e incrementando el coste de su tratamiento presentando, igualmente, consecuencias económicas negativas puesto que afecta al posible uso recreativo y estético de las aguas, tanto por su aspecto como por su olor, produciendo un efecto visual de *agua contaminada*.

Sobre la salud: respecto a la ingesta de agua con elevada concentración de nitratos, hay que decir que aquél no es en sí tóxico por ingestión, pero pueden serlo determinados compuestos que se forman en el organismo durante su metabolismo, pe. los nitritos. En principio, dos patologías pueden estar asociadas con un alto consumo de nitratos: la cianosis y el cáncer gastrointestinal (Urbano, 2002). La cianosis consiste en una disminución de la capacidad de transporte de oxígeno en el torrente sanguíneo, hecho que se relaciona con la reducción de nitrato a nitrito en el estómago y su paso a la sangre, reaccionando con la hemoglobina, que se transforma en metahemoglobina. Dicha reducción ocurre a edades tempranas, en el caso de recién nacidos. Con todo, el efecto de la ingesta de nitrato sobre la salud parece discutible (Addiscott y Benjamin, 2004).

CONTROL DE LOS ELEMENTOS CONTAMINANTES

De entre los posibles contaminantes de origen agrícola, el transporte de P resulta más fácil de controlar que el de nitrógeno y carbono (C), otros dos nutrientes potencialmente contaminantes (Sharpley *et al.*, 2000), puesto que en éstos no resulta controlable el intercambio entre la atmósfera y el agua, así como la movilidad del N en el flujo superficial y subsuperficial. Sin embargo, y aunque el transporte de P pueda reducirse con más facilidad, debe tenerse en cuenta que concentraciones muy pequeñas (del orden de 0,01 mg L⁻¹ (Sharpley *et al.*, 2000), 0,004 mg L⁻¹ según Urbano (2002), 0,02 mg L⁻¹ según Sande *et al.* (2005) u otros valores diferentes en función de la masa de agua de que se trate (USDA-NRCS, 1999)) pueden causar condiciones hipereutróficas en las aguas.

Por otra parte, resulta de gran importancia para el control de los posibles contaminantes el conocimiento de su comportamiento en suelo. De esta forma, el nitrato, caracterizado por su movilidad, es susceptible de contaminar las aguas de escorrentía, mientras que el P, principalmente asociado a las partículas más finas del suelo, suele desplazarse del sistema vía erosión, al menos en laboreo convencional.

En relación con los elementos citados, y dado que el C no suele ser limitante en los ecosistemas acuáticos, se admite que el crecimiento de la biomasa y por ello las posibilidades de eutrofización vienen determinados por el cociente N/P. Según Sharpley *et al*

(1994), cuando dicha relación es muy superior a 10, el P es limitante. Si es muy inferior, es limitante el N. Y si es del orden de 10, cualquiera puede serlo.

La pérdida de P a nivel de superficie puede dividirse entre el P disuelto (transportado en el agua de escorrentía) y el asociado al sedimento erosionado. Este último es usualmente la forma dominante, particularmente en suelos labrados (David y Gentry, 2000). La salida de nitrato del sistema, por otra parte, se halla muy relacionada con la escorrentía generada en los distintos chubascos (Rodríguez-Lizana *et al.*, 2005a).

En definitiva, y dado que los contaminantes pasan a las corrientes asociados al sedimento o disueltos en la escorrentía, puede esperarse que cualquier sistema agrícola que dé lugar a una disminución de ambas variables reduzca la dispersión de contaminantes al ambiente. En este capítulo se harán algunos comentarios de los resultados obtenidos en la comparación del sistema de laboreo convencional y de cubierta vegetal en relación con la reducción de la pérdida de nitrato, P disponible (Olsen) y P en solución.

LEGISLACIÓN RELACIONADA

Sobre contaminación por nitratos de origen agrícola: La UE se ha hecho eco de este problema promulgando la *Directiva 91/676, de 12 de Diciembre, relativa a la contaminación producida por nitratos de origen agrícola*. Dicha Directiva establece los criterios para designar como zonas vulnerables aquellas superficies cuyo drenaje pueda dar lugar a la contaminación de masas de agua por nitratos y la obligación para los Estados miembros de identificar las aguas que se hallen afectadas por la contaminación. Esta Directiva ha sido desarrollada por el *RD 261/96, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias*. Los organismos encargados de determinar las masas de agua que se encuentran afectadas por la contaminación o presentan riesgo de serlo (por aportación de NO_3^- de origen agrario) son el Ministerio de Medio Ambiente, en el caso de cuencas hidrográficas que excedan del ámbito territorial de una Comunidad Autónoma, y los órganos competentes de las CC.AA. en el resto de los casos. Uno de los dos criterios de determinación de dichas masas de agua, en directa relación con el tema que nos ocupa, es el de “aguas superficiales que presenten, o puedan presentar, una concentración excesiva de NO_3^- ”.

En este sentido, la Comunidad Autónoma de Andalucía ha establecido una serie de *zonas vulnerables* –superficies territoriales cuya escorrentía o filtración afecte o pueda afectar a la contaminación de las masas de agua antes mencionadas-. Existen 6 zonas vulnerables, establecidas por el Decreto 261/98, de 15 de Diciembre. Son las siguientes:

1. Valle del Guadalquivir (Sevilla)
2. Valle del Guadalquivir (Córdoba y Jaén)
3. Detrítico de Antequera

4. Vega de Granada
5. Litoral Atlántico
6. Litoral Mediterráneo

En dichas zonas vulnerables se establecen programas de actuación con objeto de prevenir y reducir la contaminación causada por los nitratos de origen agrario. El Programa de actuación fue publicado en la Orden de 27 de Junio de 2.001. En 5 de las 6 zonas vulnerables se incluye el olivar como uno de los cultivos a los que dichos Programas serán de aplicación. A ello se unen la importancia socioeconómica de este cultivo, por su amplia distribución en la región, -1,4 Mha de las 4 Mha cultivadas en Andalucía (Censo Agrario de 1999), un 16% de la superficie total de Andalucía se encuentra ocupada por olivar-, y las nuevas directrices de una PAC que concede una creciente importancia a la conservación del medio ambiente. Por ello, se comprende la necesidad de delimitar la importancia de esta pérdida en un cultivo tan importante como el olivar.

Sobre contaminación por P de origen agrícola: respecto a la contaminación por P, existe el Decreto 204/2005 (BOJA nº 208), que establece una serie de áreas como zonas sensibles o zonas normales a fin de prevenir su eutrofización, pero sólo a efectos del tratamiento aplicable a las aguas residuales de las aglomeraciones urbanas. Por lo tanto, y en relación con la agricultura, no existe legislación sobre contaminación de las aguas por P, a diferencia de otras naciones que han desarrollado programas específicos al respecto.

INFLUENCIA DE LAS CUBIERTAS VEGETALES VIVAS EN LOS PROCESOS DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DE ESCORRENTÍA POR NITRATOS Y FÓSFORO

La elección de uno u otro sistema de manejo de suelo influye en los procesos de pérdida de fertilidad y contaminación de las aguas, como muestran los resultados obtenidos en una red experimental de parcelas de olivar cuya implantación comenzó en Octubre de 2002, que se extiende por las provincias de Córdoba (Castro del Río, Nueva Carteya y Obejo), Huelva (Chucena, 2 parcelas), Sevilla (La Campana) y Jaén (Torredonjimeno y Torredelcampo) y en la que se comparan cubierta vegetal y laboreo convencional. Esta amplia distribución geográfica de las parcelas en la Comunidad Andaluza, unida a las diferentes prácticas de manejo realizadas en cada zona, sirven para aportar una visión global a las cuestiones que se plantean.

La red comprende campos que siegan la cubierta vegetal y alguno en el que se permite a la cobertura finalizar su ciclo, como es la de Obejo (Córdoba), así como parcelas de agricultura ecológica y con abonado químico de síntesis. Las fechas y dosis de abonado son variables, pues se utiliza el criterio del agricultor y/o de la zona.

Pérdida de NO_3^-

Como se ha comentado, el nitrato es un nutriente muy soluble cuya pérdida se correlaciona positivamente con la escorrentía por lo que, a mayor pérdida de agua, la de nitrato se incrementa, como puede observarse en la figura 1a. Sin embargo, la realización de abonado tiene una gran importancia para explicar la pérdida de nitrato en un evento determinado con independencia de la escorrentía, principalmente en el evento posterior al abonado (Rodríguez-Lizana *et al.*, 2005a). En este caso pueden producirse grandes pérdidas que en algunas de las mediciones realizadas han llegado incluso al 23,5% del N aportado en el abono, hecho que se ve favorecido por la habitual aplicación de aquél en superficie, ya sea en el ruedo o mediante abonadora centrífuga a todo terreno.

Por tanto, si tras aplicar el abono en superficie tienen lugar escorrentías cuantiosas, las pérdidas pueden resultar elevadas. Éste es el caso que se muestra en la figura 1b, donde se observa que las pérdidas fueron muy elevadas tras la precipitación que siguió a la aplicación de abono en superficie, como se muestra en el triángulo rojo. De hecho, estos eventos pueden suponer el 80-90% de la pérdida total anual o incluso mayor porcentaje.

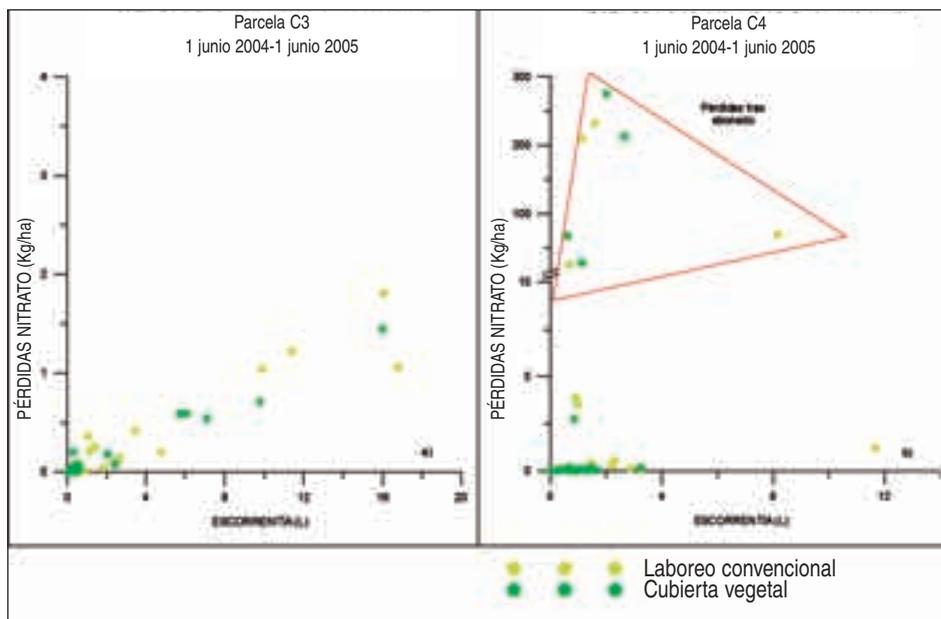


Figura 1. Pérdidas de nitrato en solución (kg/ha) y escorrentía (L) por parcela y evento a lo largo del periodo estudiado en los olivares de dos parcelas de Córdoba (C3 y C4).

Por lo demás, y exceptuando el primer y segundo evento que sigue al abonado, la pérdida de nitrato es de mucha menor cuantía y suele resultar, en cierta manera, directamente proporcional a la escorrentía, de manera que los eventos más lluviosos suelen ser los más contaminantes (Rodríguez-Lizana *et al.*, 2005a). En las parcelas no abonadas de la red, el evento de mayor escorrentía ha sido normalmente el que mayores pérdidas ha producido, como se muestra en la figura 1a para la parcela C3 (Córdoba), en la que se presentan datos de uno de los años de ensayo.

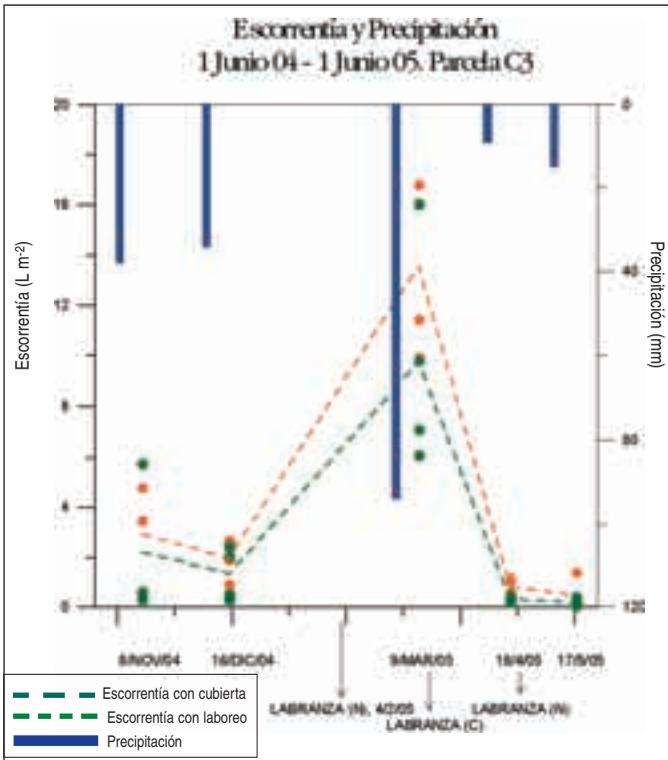


Figura 2. Precipitación y escorrentía en la parcela de C3 de Córdoba. 1 Junio 2004-1 Junio 2005.

ción de las aguas, especialmente en las parcelas no abonadas al suelo. Insistimos de nuevo, sin embargo, en la importancia del evento que sigue al abonado, que resulta determinante a la hora de analizar las pérdidas globales. Basta que tras ese evento se produzca mayor pérdida del nutriente aportado en un sistema de manejo dado para que aquél resulte más contaminante. Obsérvese la parcela C4 de Córdoba, en la que hay una gran reducción de la escorrentía, superior al 50% (figura 3). Y sin embargo, las pérdidas de nitrato resultaron mayores con cobertura (figura 4) debido a que también lo resultaron tras el abonado.

Vista la importancia de la pérdida de agua en la contaminación por nitratos, es conveniente resaltar que las cubiertas vegetales suelen reducir la escorrentía (figura 2), pues incrementan la infiltración al mejorar la estructura y eliminar el riesgo de sellado, salvo que se produzca compactación del suelo.

En los ensayos realizados, la cubierta ha reducido la pérdida de agua en 6 de los 8 campos de ensayo durante un periodo de dos años (ver figura 3). Este hecho contribuye a explicar la disminución de la contaminación

Así, en líneas generales, puede decirse que la cubierta vegetal es una técnica positiva a la hora de reducir la contaminación de las aguas de escorrentía por nitratos, hecho en buena parte explicable a la reducción de la escorrentía que tiene lugar (Rodríguez-Lizana *et al.*, 2005b).

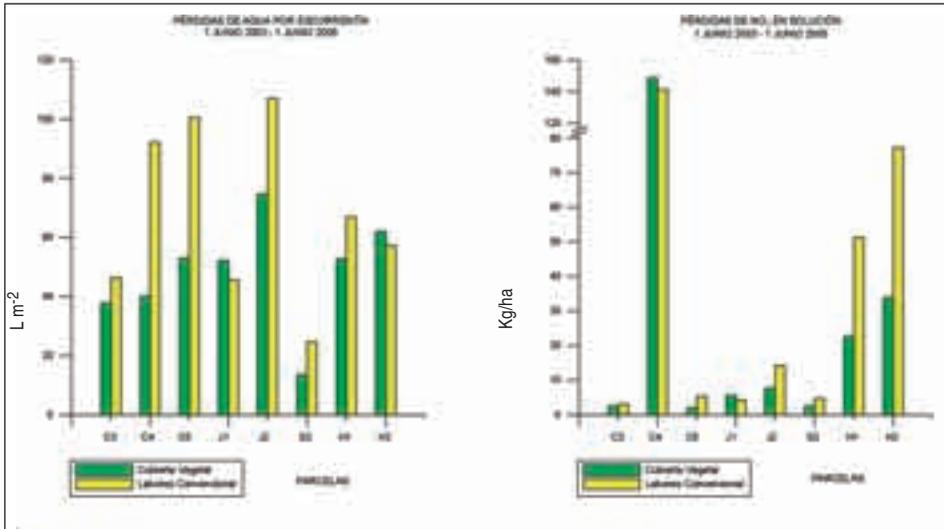


Figura 3. Pérdida de agua por escorrentía. Periodo 1 Junio 2003-1 Junio 2005.

Figura 4. Pérdida de nitrato en solución. Periodo 1 Junio 2003-1 Junio 2005.

Pérdida de P en disolución y P Olsen¹

El efecto de las técnicas conservacionistas en la pérdida de fósforo es en la mayoría de los casos positivo. El P es un elemento que, a diferencia del nitrógeno, se encuentra mayoritariamente adsorbido en el suelo.

En un evento de lluvia, el P puede perderse vía erosión (adsorbido en el suelo perdido) o vía escorrentía (P en formas disueltas). Una vez que se genera la escorrentía, la corriente líquida comienza a tomar P del suelo, disolviéndolo y enriqueciéndose. Por otra parte, el suelo perdido también contiene cantidades variables de P. En los sistemas de Agricultura de Conservación, al no realizarse laboreo, la extracción de P por las plantas

1 El P Olsen se encuentra directamente relacionado con la productividad de los cultivos. Por lo tanto, su pérdida es un indicador de la reducción de fertilidad del suelo.

y su posterior permanencia en superficie provoca un enriquecimiento en nutrientes de la capa más superficial del suelo, nutrientes que disuelve la escorrentía. Por eso, en ocasiones, la corriente líquida proveniente de parcelas con este tipo de agricultura puede ser más rica en nutrientes, hecho que no ocurre en laboreo convencional porque la labranza rompe la estratificación en nutrientes del perfil. Por el contrario, la escorrentía suele ser menor, por lo que los resultados sobre contaminación de las aguas no son claros a priori. De hecho, como se aprecia en la figura 5, no hay una tendencia clara al respecto, aunque en 5 de las 8 parcelas se ha reducido la pérdida de P en solución.

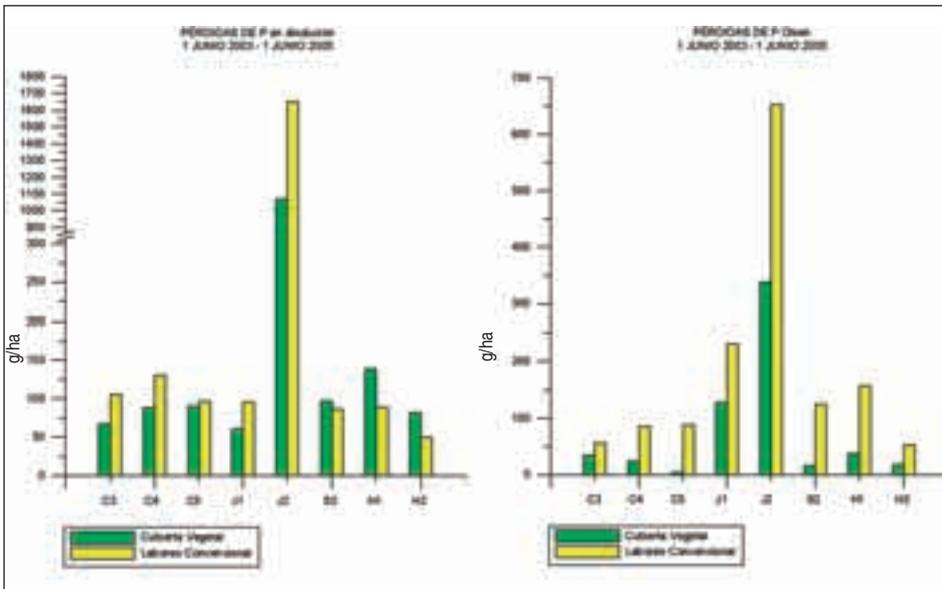


Figura 5. Pérdidas de P en solución. 1 Junio 2003-1 Junio 2005.

Figura 6. Pérdidas de P Olsen. 1 Junio 2003-1 Junio 2005.

Sin embargo, hay que considerar que las cubiertas reducen en gran medida la pérdida de suelo, como se ha comentado en el capítulo 11 de esta monografía, por lo que la salida de P Olsen se reduce igualmente (en la figura 6 se observa que ha disminuido en todos los campos muestreados). Puede decirse que las cubiertas vegetales resultan positivas pues reducen la salida de P del sistema, lo cual incide favorablemente en la fertilidad de los suelos y en la calidad de las aguas.

En las figuras 5 y 6 destaca la parcela J2, situada en Torredelcampo (Jaén) por tener unas pérdidas más elevadas que las demás. Ello ocurre porque es la única que aporta P al suelo de todas las de la red. Con todo, las cantidades de P perdido son, desde un punto de vista agronómico, despreciables. Su mayor importancia radica en la posible contaminación de las aguas a que puede dar lugar dicho P.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

La dispersión de contaminantes agrícolas (N y P) se produce mediante los procesos de erosión-escorrentía. La cubierta vegetal es un sistema de manejo de suelo que se caracteriza por reducir la pérdida de suelo y agua en la mayoría de los casos, salvo que se produzca compactación en el suelo de la parcela, en cuyo caso puede incrementar. La reducción de los flujos de escorrentía y sedimento contribuye a disminuir la salida de P de las explotaciones agrícolas; la disminución de la escorrentía reduce la contaminación por nitratos en el flujo de agua.

Los datos obtenidos en los campos experimentales confirman esta tendencia. Sin embargo, surge la incógnita de saber qué pasaría si las cubiertas recibieran un abonado suplementario, lo cual incrementaría su biomasa, pero podría dar lugar a pérdidas mayores en el sistema conservacionista respecto al de laboreo, al menos en nitrato, si bien es cierto que los agricultores no suelen realizar dicho abonado suplementario, por lo que entendemos que los datos medidos se ajustan en ese sentido a la realidad del olivar andaluz, pues responde a prácticas de manejo habituales.

Otra cuestión a resolver es el comportamiento de las cubiertas de leguminosas, desaconsejables desde el punto de vista de la pérdida de suelo por la escasa persistencia de sus restos pero fijadoras de nitrógeno, lo cual puede hacer de ellas una alternativa interesante en agricultura ecológica, por ejemplo. Dichas especies, al fijar N_2 atmosférico, colocan en el suelo un nitrato suplementario (que no existiría con las cubiertas de gramíneas) del que podría aprovecharse el olivo, pero que también puede ser lavado y contaminar las aguas. Del mismo modo, su menor persistencia de residuos podría dar lugar a una mayor erosión, alterando en cierta medida los resultados obtenidos respecto al P, aunque es algo que debería ser comprobado.

Ensayos experimentales realizados en otros países con cubiertas de leguminosas indican en ocasiones incremento de la contaminación nítrica, bajo un clima diferente, lo cual afecta la temperatura, pluviometría, y crecimiento de las especies, entre otros factores. Consideramos que sería de interés experimentar este tipo de cubiertas, al menos en agricultura ecológica, evaluando su capacidad sustitutiva de unidades fertilizantes de nitrógeno y su posible contribución al incremento de la contaminación de las aguas respecto a las cubiertas no leguminosas.

Finalmente, hay que decir que los resultados obtenidos hasta la fecha con las cubiertas ensayadas han sido en general positivos: contribuyen a reducir la pérdida de fertilidad del suelo y la contaminación de las aguas por fósforo y nitratos. Los resultados relativos a la pérdida de P soluble no son claros.

No obstante, la obtención de más datos en años con diferente climatología daría una visión más completa de la dinámica de la pérdida de estos iones. Por ello, y a la hora de obtener resultados fiables, se hace necesaria la experimentación durante un periodo plu-

riannual amplio, que permita recoger las variaciones meteorológicas que puedan tener lugar y el carácter perenne y vecero del cultivo.

Bibliografía

- Addicott, T.M.; Benjamin, N. 2004. *Nitrate and human health*. Soil Use and Management, 20: 98-104.
- Blevins, R.L.; Frie, W.W.; Baldwin, P.L. y S.D. Robertson. 1990. *Tillage effects on sediment and soluble nutrient losses from Maury silt loam soil*. J. Environ. Qual. 19: 683-686.
- Davenport, T.E. 1994. *EPA's perspective –you need to protect water quality*. J. Soil Water Conserv. Spec. Suppl. 49(2): 14-15.
- Díaz, I. 2002. *Caracterización de la liberación de fosfatos en suelos representativos del área mediterránea*. Trabajo Profesional de Fin de Carrera. Departamento de Ciencias y Recursos Agrícolas y Forestales. Universidad de Córdoba.
- Douglas, C.L.; King, K.A. y Zuzel, J.F. 1996. *Nitrogen in surface runoff and sediment*. Columbia Basin Agricultural Research Annual report. Spect. Rpt, 961: 41-44.
- Douglas, C.L.; King, K.A. y Zuzel, J.F. 1998. Nitrogen and phosphorus in surface runoff and sediment from a wheat-pea rotation in Northeastern Oregon. J. Environ. Qual. 27: 1170-1177.
- Francia, J.R.; Durán V.H.G.; Martínez, A. 2006. Environmental impact from mountainous olive orchards under different soil-management system (Se Spain) Sci. Total Environ. 358 (1-3): 46-60.
- Fleming, N.K. y Cox, J.W. 1998. *Chemical losses of dairy catchments located on a texture-contrast soil: carbon, phosphorus, sulfur and other chemicals*. Aust. J. Soil Res.36: 979-995.
- Giráldez, J.V. 1998. Efecto de los sistemas de laboreo sobre las propiedades físicas del suelo. En García, L. y González, P. (Ed). *Agricultura de Conservación. Fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos*. Asociación Española de Laboreo de Conservación. Córdoba. pp 13-40.
- Korsaeth, A. y Eltum, R. 2000. *Nitrogen mass balances in conventional, integrated and ecological cropping systems and the relationship between calculations and nitrogen runoff in an 8-year field experiment in Norway*. Agriculture, Ecosystems and environment, 79: 199-214.
- Labrador, J. 2002. Aproximación a las bases técnicas de la agricultura ecológica. En Labrador, J; Porcuna, J.L. y Bello, A. (Ed). *Manual de agricultura y ganadería ecológica*. Mundi-prensa. Madrid. Capítulo 2.
- Ordóñez, R. 2004. Cambios inducidos en la fertilidad de un suelo por la agricultura de conservación. En Gil-Ribes, J; Blanco-Roldán, G.L.y Rodríguez-Lizana, A. (Ed.). *Técnicas de Agricultura de Conservación*. Mundi-Prensa. Madrid. Capítulo 8.
- Ordóñez, R; Rodríguez-Lizana, A; Espejo-Pérez, J.A.; González-Fernández, P; Saavedra, M., Soil and available phosphorus losses in ecological olive groves. Eur. J. Agron. (2007). doi: 10.1016/j.eja.2007.02.006.
- Owens, L.B., y Edwards, W.M. 1993. *Tillage studies with corn-soybean rotation: surface runoff chemistry*. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 1055-1060.
- Richardson, C.W. y Knight, K.W. 1995. *Erosion and nutrients losses from zero tillage on a clay soil*. J.Agric. Engng Res., 61: 81-86.

- Rodríguez-Lizana, A., Ordóñez, R. y González, E.J. 2004. Agricultura de Conservación en cultivos leñosos (olivar): cubiertas vegetales. Cualidades y tipos principales. En Gil-Ribes, J; Blanco-Roldán, G.L. y Rodríguez-Lizana, A. (Ed.). *Técnicas de Agricultura de Conservación*. Mundi-Prensa. Madrid. Capítulo 17.
- Rodríguez-Lizana, A.; Ordóñez, R.; Espejo-Pérez, A.J. y González, P. 2005a. *Nitrate pollution of runoff waters in ecological olive groves under different soil mangement systems*. En AEAC/SV, ECAF y Diputación de Córdoba (Ed.). *Congreso Internacional sobre Agricultura de conservación*. Córdoba. 9-11/11/2005.
- Rodríguez-Lizana, A.; Ordóñez, R.; Espejo-Pérez, A.J. y Giráldez, J.V. 2005b. *Manejo de suelo en olivar*. Agricultura 874: 391-394.
- Rodríguez-Lizana, A.; Ordóñez, R.; Espejo-Pérez, J.A. u González. P. 2007. Plant cover and control of diffuse pollution from P in olive groves. *Water, Air, Soil Pollut.*, 181 (1-4): 17-34.
- Sande, P.; Mirás, J.M.; Vidal, E. y Paz, A. 2005. *Formas de fósforo y su relación con la erosión en aguas superficiales bajo clima atlántico*. En Samper, J. y Paz, A. (Ed.). *VII Jornadas de investigación en la zona no saturada del suelo ZNS'05*. La Coruña (España).
- Sharpley, A.N.; Daniel, T.C. y Edwards, D.R. 1993. *Phosphorus movement in the landscape*. J. Prod. Agric., Vol 6, nº 4. 1993.
- Sharpley, A.N.; Chapra, S.C.; Wedepohl, R.; Sims, J.T.; Daniel, T.C. y Reddy, K.R. 1994. *Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: issues and options*. J. Environ. Qual. 23: 437-451.
- Sharpley, A.N.; Foy, R.H. y Withers, P.J.A. 2000. *Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an overview*. J. Environ. Qual. 29:1-9.
- United States Department of Agriculture-Natural Resource Conservation Service (USDA-NRCS). 1999. A procedure to estimate response of aquatic systems to changes in phosphorus and nitrogen inputs. NRCS National Water and Climate Center., Portland, OR.
- Urbano, P. 2002. *Fitotecnía. Ingeniería de la producción vegetal*. Mundi-Prensa. Madrid.

CUBIERTAS INERTES: LOS RESTOS DE PODA COMO PROTECCIÓN Y MEJORA DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

**Ordóñez Fernández, R., González Fernández, P. y
Pastor Muñoz Cobo, M.**

Área de Producción Ecológica y Recursos Naturales,
IFAPA, Centro “Alameda del Obispo”

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas del olivar tradicional es la escasa fertilidad de los suelos en los que se cultiva. Tradicionalmente se han destinado a este cultivo tierras marginales, en donde no se podía cultivar otra planta, lo que conlleva una serie de inconvenientes como escasa productividad, problemas de mecanización y, especialmente, una elevada pérdida de suelo por erosión.

Este último aspecto es el principal problema de la olivicultura moderna, por lo que investigadores, técnicos y administración recomiendan la cubrición del terreno con diversos materiales, de manera que se reduzca la pérdida del suelo ante los impactos de las gotas de lluvia y se produzca un freno de la escorrentía. Entre los distintos materiales escogidos para este fin se encuentran las cubiertas vegetales vivas y las inertes como pueden ser la paja, las hojas y los restos de poda.

ORIGEN Y FUNDAMENTO DE LAS CUBIERTAS VEGETALES INERTES

En el contexto de producción vegetal, se denomina residuo de cosecha a la fracción o fracciones de un cultivo, que no constituye la cosecha propiamente dicha y a aquella parte de la cosecha que no cumple con los requisitos de calidad mínima para ser comercializada como tal. Dentro de esta definición se encuentran los restos de poda de los cultivos leñosos, de los que los olivares de secano andaluces proporcionan cantidades anuales similares a la cosecha de aceitunas (entre 1,3 y 3,0 t/ha de restos).

La operación de la poda de renovación consiste en la sustitución de la parte de la copa del olivo, mediante supresión de ramas y zonas viejas del árbol, que son sustituidas por las brotaciones producidas como consecuencia de los cortes efectuados. La parte suprimida del árbol proporciona tres subproductos: leña gruesa, ramas y hojas.

La mayor parte de estos residuos tradicionalmente se queman en la propia explotación, operación que se realiza en el propio campo y que consume una gran cantidad de mano de obra. Este manejo se efectúa más por costumbre que como práctica cultural recomendable, y en parte para prevenir la incidencia de ciertas plagas como el barrenillo. Esta práctica, cada vez más controlada por la administración, presenta inconvenientes como el flameado de olivos próximos al fuego, sobre todo en plantaciones intensivas, y emisiones de CO₂ a la atmósfera, tema de gran sensibilidad social por el cambio climático que propician los gases de efecto invernadero.



Figura 1. Quema de restos de poda en un olivar.

Los destinos de los restos producidos en la poda son diversos. La leña gruesa se puede utilizar como combustible en los hogares de las zonas rurales. El ramón, entendiendo como tal las ramas más finas con un diámetro igual o inferior a 5 centímetros incluidas las hojas, se suelen quemar en el campo, mientras que las hojas y tallos más finos se pueden utilizar como alimento de volumen de los rumiantes, siendo su empleo recomendable si se soluciona el problema de su mala digestibilidad y el de los residuos de Cu como consecuencia del empleo de este elemento como funguicida.

Una alternativa de empleo de todos estos residuos es su esparcimiento entre las calles de los olivos, de manera que devolvemos al cultivo un subproducto que se genera en su explotación convirtiendo estos residuos en un recurso de gran interés en la mejora del suelo, posibilitando la lucha contra la erosión.

VENTAJAS DE LAS CUBIERTAS VEGETALES INERTES

En las plantaciones de secano la cubierta vegetal viva puede competir por agua y nutrientes con el olivo, siendo necesario la modificación de otras prácticas culturales como son la dosis y época de aplicación de fertilizantes. Aunque este tipo de cobertura mejora la infiltración (Pastor, 1989), con el uso de cubiertas vegetales inertes, no competitivas con el árbol, se consiguen mejores balances de agua (aumento de la cantidad y permanencia de ésta en el suelo) así como un mejor aprovechamiento por el árbol (Welker y Glenn, 1991).

Entre las cubiertas vegetales inertes se encuentran los restos de poda, que ofrecen una doble ventaja al olivar sobre el que se aplican. Por una parte protegen al suelo de los agentes externos que propician su pérdida, y por otra su lenta degradación en el mismo puede modificar sus propiedades físicas y químicas, de manera que se incrementa su fertilidad de forma natural.

Su uso implica ventajas como son: evitar gastos de transporte y quema, ya que los restos se trituran y aplican *in situ*, cobertura del suelo permanente y prolongada en el tiempo, no competencia con el olivo por el agua (aumento de la infiltración y reducción de la evaporación) y los nutrientes (aumento de su biodisponibilidad) y el incremento de materia orgánica que propicia su descomposición y que determina una mejora en la fertilidad y la estructura del suelo.

Es conveniente comentar que el empleo de una cubierta de restos de poda, tiene un marcado efecto sobre las malas hierbas, reduciéndose la necesidad de empleo de herbicidas.

Otra posible ventaja que se le puede ofrecer al agricultor por la utilización de esta técnica, es la obtención de ayudas económicas por parte de la administración para fomentar en el olivar el empleo de métodos de producción compatibles con las exigencias de pro-

tección del medio ambiente y la conservación del espacio natural, reguladas en el BOJA nº 61, orden 14 de mayo de 1998. La orden recomienda dejar sobre el suelo los restos de poda, siendo necesario en este caso proceder a su trituración antes del 15 de abril.

TRATAMIENTO Y APLICACIÓN AL SUELO

La aplicación de los restos de poda al suelo exige un tratamiento mecánico previo de troceado o picado y, si se considera necesario, de desfibrado. Este último tratamiento es especialmente interesante en troncos y ramas de mediano y gran calibre. El residuo triturado puede dejarse sobre el suelo, a modo de acolchado orgánico de lenta descomposición, o proceder a su incorporación superficial al suelo, mediante la realización de la labor adecuada. Esta última operación que aceleraría la descomposición de los restos vegetales, se desaconseja porque la cubierta perdería parte de su efecto protector contra la erosión, al evitar el impacto directo de las gotas de agua sobre el suelo y sobre la disminución de la velocidad del flujo de escorrentía superficial (Khan *et al.*, 1988).



Figura 2. Trituradora de alimentación manual picando los restos

En cuanto a las dimensiones de los restos, se ha comprobado que los que tienen una longitud mayor a 8 centímetros, cubren una menor superficie de suelo, produciendo un efecto dique (Palis *et al.*, 1990). En cambio, los de menor tamaño son más eficaces para reducir la erosión (Poesen y Lavee, 1991) y las pérdidas de agua por erosión. El riesgo de ataques de barrenillo desaparece al triturar los restos, aunque este triturado sea grosero.



Figura 3. Trituradora de restos de poda autoalimentada.

Un inconveniente de esta práctica es la accidental incorporación de las astillas al fruto recolectado, lo que se produce cuando se recogen frutos caídos del suelo. Estas astillas pueden ocasionar averías en los molinos de martillos en la almazara, problema que se solventa cuando se instalan máquinas despalladoras en los equipos de recepción y limpieza del fruto en fábrica.



Figura 4. Restos picados.

SU PAPEL COMO ENMENDANTE DEL SUELO

El interés fundamental de este tipo de residuos como enmienda de suelos radica en su naturaleza orgánica y en cómo ésta puede influir en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, contribuyendo a la mejora y mantenimiento de su capacidad productiva.

Los restos de poda son residuos de lenta descomposición y humificación, por su elevada proporción en celulosa y lignina, un contenido medio-bajo de humedad y una alta relación C/N, lo que permite asegurar una protección del suelo prolongada en el tiempo. Si se desea una más rápida degradación de los restos es conveniente que en el primer año de aplicación al suelo se aporte una fuente nitrogenada, ya sea de naturaleza orgánica (estiércol, purines, etc...) o inorgánica (abonos amoniacales o ureicos). En sucesivas aplicaciones de los restos, esto no será necesario porque se habrá creado una fauna más específica que facilite su degradación.

Los principales nutrientes presentes en los restos y con mayor importancia desde el punto de vista agrícola, están fundamentalmente ligados a la materia orgánica que los contiene. En la tabla 1, se refleja la analítica de unos residuos de poda después de 6 años de iniciado este manejo en un olivar (Ramos, 1999).

Tabla 1. Análisis de los restos de poda después de 6 años de su aplicación en el centro de las calles de una plantación intensiva.

Nitrógeno orgánico (%)	1,7	Fósforo (mg/Kg)	2150
Carbono orgánico (%)	42,4	Calcio (mg/Kg)	1120
Materia orgánica (%)	72,1	Magnesio (mg/Kg)	110
C/N	25	Potasio (mg/Kg)	3170
Humedad (%)	16,8	Sodio (mg/Kg)	890,

Los altos valores en las concentraciones de fósforo y potasio observados en el análisis de estos restos, son superiores a los estimados para otros residuos de naturaleza orgánica como estiércoles, gallinaza, compost de R.S.U., etc., lo que permite calificar a éstos con un alto valor fertilizante.

EXPERIMENTACIÓN CON CUBIERTAS VEGETALES INERTES

Se ha realizado un estudio del efecto de la aplicación de restos de poda como enmendantes orgánicos en parcelas en las que durante seis años se tritularon las leñas emple-

ando una trituradora de martillos, que recoge y corta las ramas previamente acordonadas en el centro de la calle (Ordóñez *et al.*, 2002). Los restos no se mezclan con suelo mediante labores, sino que quedan sobre la superficie año tras año.

Se evaluó el cambio en las propiedades del suelo comparando el del olivar enmendado con restos de poda con el de un olivar no labrado y mantenido con suelo desnudo que se localizaba en las parcelas adyacentes de la misma finca.

La experiencia pone de manifiesto como la incorporación continuada a la superficie de suelo de un olivar del residuo de su poda, ha modificado notablemente las características físico-químicas del mismo.

MATERIA ORGÁNICA

El incremento de materia orgánica, observado en los 10 centímetros superficiales del suelo de las parcelas tratadas, determina una mejor estructura del mismo con respecto a la de las parcelas con suelo desnudo (figura 5). Este hecho se pone de manifiesto en el cambio experimentado en parámetros indicadores del estado estructural del suelo como son la densidad aparente y la resistencia a la penetración, propiedades que influyen en otras características como la infiltración, la retención de agua y la transmisión del calor o los gases.

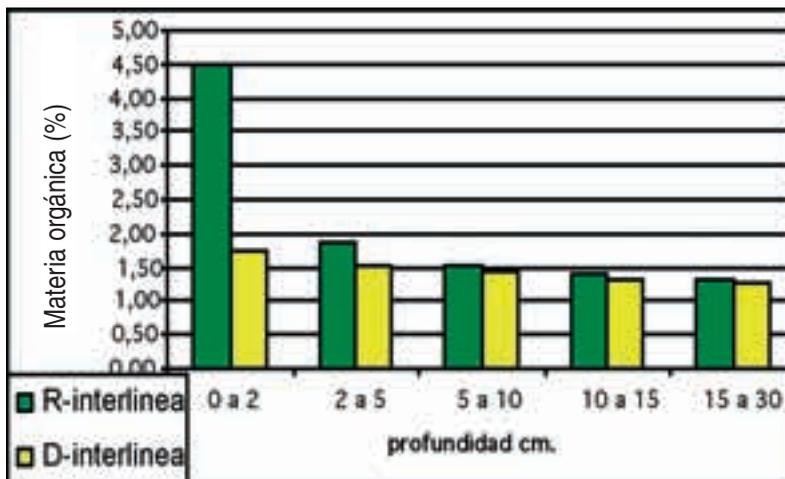


Figura 5. Contenido de materia orgánica en el centro de las calles de la plantación en suelo en el que se han aportado residuos de poda (R) y en los cultivados en NL con suelo desnudo (D).

DENSIDAD APARENTE Y RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

La cobertura del suelo con estos residuos del olivar determina un descenso en los valores de estos parámetros que afecta a los 3 centímetros más superficiales del perfil en el caso de la densidad aparente y que llega hasta los 20 centímetros para la resistencia a la penetración (figuras 6 y 7).

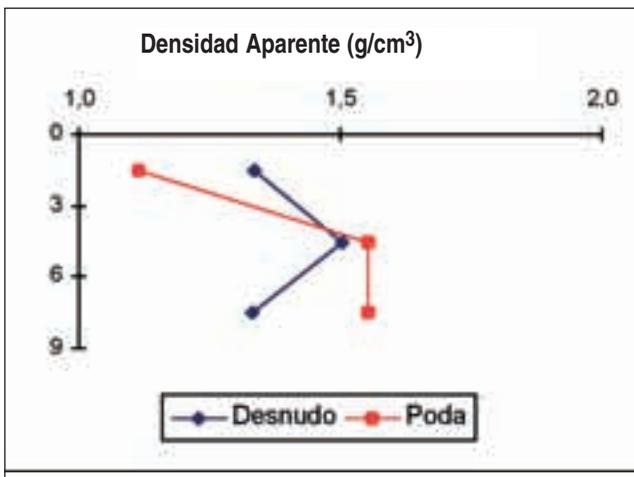


Fig. 6. Evolución de la densidad aparente en el centro de las calles, en parcelas cultivadas en NL con suelo desnudo (Desnudo) y en el suelo al que se le han aportado durante 6 años restos de poda triturados (Poda).

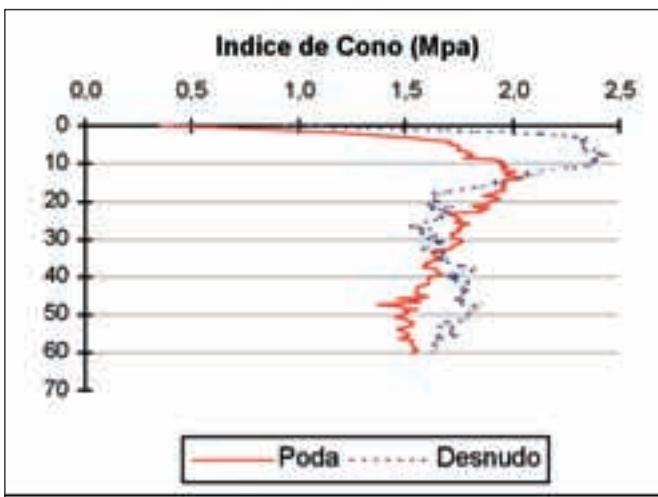


Fig. 7. Resistencia a la penetración en el perfil, en observaciones realizadas en el centro de las calles, en olivar cultivado en NL con suelo desnudo (Desnudo) y en olivar con cubierta de restos de poda triturado (Poda).

FERTILIDAD DEL SUELO

El efecto de la enmienda se ha manifestado en la fertilidad del suelo, con incrementos en la concentración de aquellos nutrientes que se suelen reponer al suelo por medio del abonado. Fósforo y potasio disponibles y nitrógeno orgánico (tabla 2), presentan valores significativamente más altos en los 5 centímetros más superficiales del perfil en el centro de las calles del olivar con restos con respecto al suelo desnudo. La mineralización de la materia orgánica, más elevada en esta zona, explicaría las diferencias encontradas.

Tabla 2. Contenido de nutrientes en el perfil del suelo de un olivar tratado con restos de poda y otro en no laboreo con suelo desnudo

Prof. (cm)	P disp. (mg/kg)		K disp. (mg/kg)		N org. (%)	
	R	D	R	D	R	D
0 a 2	36,4	21,5	556	351	0,33	0,13
2 a 5	23,2	18,7	457	360	0,13	0,11
5 a 10	17,2	19,6	404	379	0,10	0,10
10 a 15	8,5	13,1	324	341	0,09	0,10
15 a 30	8,5	16,2	272	258	0,09	0,10

R. Tratamiento con restos de poda

D. Suelo desnudo

Otro dato a tener en cuenta en una región con déficit hídrico como es la nuestra, es que a lo largo de toda la campaña, los suelos del olivar tratado presentaron un contenido en agua superior en los 10 primeros centímetros del perfil con respecto al suelo no labrado y desnudo. Al usar como cubierta los restos de poda, además de favorecer la disminución de la evaporación, se consigue protección del suelo sin el peligro de la competencia por el agua, puesto que la traspiración por parte de los restos es nula.

Bibliografía

- BOJA nº 61, Orden de 14 de mayo de 1998. Sevilla, 2 de junio de 1998.
- Khan, M.J., Monke, E.J. y Foster, G.R., 1988. *Mulch cover and canopy effect on soil loss*. Transaction of the ASAE 31 (3): 706-711.
- Ordóñez, R., Pastor, M., Ramos, F.J., González, P. y Giráldez, J.V., 2002. *Aplicación continuada de restos de poda y su influencia en el suelo*. *Vida Rural*, Año IX, nº 149: 42-46, ISSN: 1133-8939.

- Palis, R.G., Okwach, G., Rose, C.W. y Saffigna, P.G., 1990. *Soil erosion processes and nutrient loss. II The effect of surface contact cover and erosion processes on enrichment ration and nitrogen loss in eroded sediment*. Aust. J. Soil Res., 28: 641-658.
- Pastor, M., 1989 a. Efecto del no laboreo en olivar sobre la infiltración de agua en el suelo. *Investigación Agraria, Prod. y Prot. Vegetales*. 4 (2): 225-247.
- Poesen, J.W.A. y Lavee, H., 1991. *Effects of size and incorporation of synthetic mulch on runoff and sediment yield from interrills in a laboratory study with simulated rainfall*. Soil Tillage Res. 21: 209-223.
- Ramos, F.J., 1999. *Influencia de la aplicación continuada de restos de poda del olivo sobre las propiedades del suelo*. Trabajo Profesional fin de carrera, ETSIAM, Univ. de Córdoba.
- Welker, W.V. y Glenn, D.M., 1991. *Growth response of young peach trees to distribution pattern of vegetation-free area*. Hortscience 26 (9): 1141-1142.

AGRICULTURA	
GANADERÍA	
PESCA Y ACUICULTURA	
POLÍTICA, ECONOMÍA Y SOCIOLOGÍA AGRARIA	
FORMACIÓN AGRARIA	
CONGRESOS Y JORNADAS	
R.A.E.A.	

ISBN 978-84-8474-205-C



P.V.P. 10 €



JUNTA DE ANDALUCIA