

En una zona de sierra en la provincia de Córdoba

# Evaluación del riesgo de erosión y productividad del olivar en producción integrada

El Olivo, una planta originaria del Cáucaso y Siria, se extendió por la cuenca del Mediterráneo en la antigüedad adaptándose perfectamente a su clima de inviernos suaves y veranos secos y calurosos. En la actualidad, España es el primer productor mundial de aceite de oliva siendo también el país que más superficie dedica al cultivo del olivo (Civantos, 2001). Andalucía es la región de España que cuenta con una mayor superficie representando casi el 65% de la superficie nacional y Andalucía es también la principal Comunidad productora del país, aportando más del 80% del aceite nacional (Civantos, 2001).

**A. M Alcántara Jurado** • Ingeniero Agrónomo. SSTT. COAG-Andalucía

**J. A. Gómez** • Dr. Ingeniero Agrónomo. Científico Titular IAS-CSIC

**E. Fereres Castiel** • Dr. Ingeniero Agrónomo. Catedrático de la Universidad de Córdoba



*Cárcava en una finca con claros síntomas de erosión hídrica*

Una de las características relevantes del olivar es su gran adaptación a las zonas de pendiente y suelos someros pudiéndose cultivar, con una inversión limitada, en zonas donde no sería viable otro cultivo. Por este motivo una superficie muy importante del olivar andaluz se sitúa en zonas en pendiente. En muchas de estas zonas, la principal característica del suelo es su poca profundidad y bajo contenido en materia orgánica. Esto, unido al bajo porcentaje de cobertura de suelo proporcionado por el árbol hace que en numerosas zonas olivereras existan serios problemas de erosión hídrica citados por numerosos autores como Giráldez y otros (1989) o Pastor y otros (2001). Un inventario reciente (Junta de Andalucía 2003) indica que un 59% de la superficie está en pendientes entre el cinco y el 20% y un 24,5% de la superficie lo está en pendientes superiores al 20% (Junta de Andalucía, 2003), lo que explica

que el riesgo de erosión en olivar sea uno de los problemas ambientales más serios a los que se enfrenta la agricultura de Andalucía. Esta pérdida de suelo, además de provocar problemas de contaminación y sedimentación aguas abajo de los olivares, amenaza la sostenibilidad a largo plazo de uno de los sistemas agrícolas andaluces más importantes y representativos, especialmente en las zonas de sierra. La sostenibilidad del olivar de sierra a medio y largo plazo dependerá de lograr un equilibrio entre la conservación del suelo y la maximización de la producción y la calidad.

Desde hace años existe un creciente desarrollo y extensión en el sector olivarero de sistemas de producción alternativos que deben incidir en los aspectos clave antes citados: conservación de los recursos naturales, especialmente el suelo en el caso del olivar, y mejora de la produc-

tividad y calidad. Uno de esos sistemas es la agricultura ecológica caracterizada por no utilizar insumos de síntesis, y otro es la producción integrada que modula el uso de insumos, conjugando la mejora de la productividad con la protección del medio ambiente. La producción integrada trata de conseguir mediante un uso racional de los medios de producción una agricultura ecológicamente respetable, socialmente aceptable y económicamente rentable.

Sin embargo, a pesar del auge de estos sistemas de producción y en concreto de la producción integrada, son pocos los trabajos que evalúan de manera combinada su efecto sobre el riesgo de erosión y la productividad. Este trabajo se realizó en la Sierra de Hornachuelos (Córdoba), para evaluar el riesgo de erosión y la productividad del olivar en producción integrada. En nueve fincas de la zona se calculó la pérdida de suelo bajo diferentes características en cuanto a tamaño, tipo de suelo, pendiente y manejo de cultivo mediante la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (Renard y otros, 1997) de acuerdo con la metodología puesta a punto específicamente para olivar por (Gómez y otros, 2002). A la vez se comparó la producción declarada con la producción potencial de este olivar siguiendo el modelo propuesto por Villalobos y otros. (2006).

## Material y Métodos

El estudio se realizó en el término municipal de Hornachuelos (Córdoba) en una zona comprendida entre los embalses del Bembézar y del Retorillo, donde se ubican ocho de las nueve fincas. La novena explotación se encuentra situada en la provincia de Sevilla en el término municipal de La Puebla de los Infantes, limítrofe con el de Hornachuelos en la provincia de Córdoba. Estas nueve explotaciones fueron seleccionadas porque en su conjunto formaban una muestra representativa, en tipos de suelo y manejo de cultivo, topografía, características agronómicas y tamaño de las explotaciones de olivar en producción integrada en el término municipal estudiado. Cada una de dichas fincas se dividió en zonas homogéneas en términos de suelos, pendientes y manejo de cultivo.

En cada una de las zonas se efectuaron una serie de medidas en campo. Se determinó la estructura del horizonte superficial y el porcentaje de cobertura de suelo por vegetación y piedra. (Herweg, 1996). Se midió la velocidad de infiltración mediante el ensayo de permeabilidad de anillo simple siguiendo la metodología adaptada del Natural Resources Conservation Service (NRCS, 1999). Se midió la pendiente del terreno (promedio de ocho medidas) con la ayuda de un inclinómetro y el marco de plantación y el tamaño y dimensiones de los árboles mediante la medida de sus tres ejes perpendiculares y su asimilación a un elipsoide para calcular el volumen de copa (Villalobos y otros, 2006).

Igualmente se muestreó el suelo en sus diez primeros centímetros para la determinación de su textura por densimetría (Bouyoucos, 1962), y tamizado para determinar la proporción de arena gruesa (tamizado  $\theta = 0.1\text{mm}$ ). También se determinó el contenido en materia orgánica según el método de Walkley-Black (Nelson, DW y Sommers, LE,

1982) y la estabilidad de agregados entre 0,25 y 2 mm mediante tamizado en húmedo (Barthès, B y Roose, E, 2002). La pérdida de suelo se estimó aplicando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE) (Renard y otros, 1997) para cada zona homogénea. Los diferentes factores de RUSLE se calcularon como sigue. La erosividad de lluvia, factor R, se determinó mediante interpolación en el mapa de ICONA (1988) para la zona. El factor de manejo de suelo, C, y el de prácticas de conservación, P, se determinaron de acuerdo a la metodología propuesta para olivar por Gómez y otros, (2002). Los valores de C y P obtenidos se compararon con otros valores sugeridos anteriormente

que no incluían el efecto de la cobertura de piedras. El factor de erodibilidad del suelo, K, se calculó en base a las medidas de textura, permeabilidad, materia orgánica y estructura siguiendo la expresión propuesta por Wischmeier y Smith (1978) en Renard y otros, (1997). Los factores L y S relacionados con las características topográficas se determinaron a partir de las medidas realizadas en campo mediante las expresiones propuestas por McCool (1989) recogidas por Renard y otros, (1997) asumiendo que la intensidad de la erosión laminar y por regueros era similar.

La producción potencial del olivar se estimó utilizando el modelo de Villalobos y otros, (2006) que tiene como variables el volumen de copa, la densidad de área foliar, la densidad de plantación, y la radiación fotosintéticamente activa interceptada, a partir de las que se obtiene la producción potencial que alcanzaría el árbol. La producción potencial obtenida a partir del modelo se comparó con la producción media de los últimos años declarada por los distintos agricultores encuestados de las explotaciones olivareras que tenían riego.

Finalmente se evaluó la rentabilidad económica de las distintas explotaciones, a partir de las actividades y las operaciones realizadas, obtenidas de los nueve agricultores mediante encuestas. Se aplicaron precios de mano de obra y de maquinaria descritos por Sánchez (2003), y los costes de poda, riego, recolección y costes indirectos propuestos por Pastor, (2005).

## Resultados y Discusión

### Descripción General

La mayoría de las fincas estudiadas y adscritas al régimen de producción integrada contaban con instalación de riego localizado, si bien algunas sólo lo aplicaban en parte de su superficie como riego de apoyo. Las explotaciones se dividieron en zonas homogéneas en base a criterios de suelo, pendiente y manejo de cultivo, quedando las nueve

**Existe un creciente desarrollo y extensión de sistemas de producción alternativos basados en la conservación de los recursos naturales, y mejora de la productividad y calidad**

**Tabla 1**

Descripción general de las características de las explotaciones. Fx indica el número de finca y Zy la zona dentro de cada finca

Zonas	Sup ha	Pendiente %	Árb ha <sup>-1</sup>	Vol.Copa (m <sup>3</sup> )	Textura	Riego	Manejo	Abono suelo
F1Z1	5,5	27,75	111	63,8	franca	no	Cubierta+desbroce	Urea
F1Z2	2,88	18	333	29,4	franca	si	Cubierta+desbroce	Urea
F1Z3	1,88	12,875	204	60,4	franca	no	Cubierta+desbroce	Urea
F2Z1	84	7,88	312,5	41,7	franco-arenoso	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F2Z2	19	3,9	312,5	73,1	franco-arc-lim	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F2Z3	12	9,25	312,5	48,1	franco-arcilloso	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F3Z1	2	23	90	47,4	franca	no	Laboreo (2 veces)	Sulfato amónico
F3Z2	2	2,875	333	33,8	franca	si	Cubierta+desbroce	Sulfato amónico
F3Z3	2	11,75	256	31,7	franca	si	Cubierta+desbroce	Sulfato amónico
F4Z1	9,64	5,375	277	43,2	franca	si	Desnudo+herbicida	Urea
F4Z2	8,14	4,125	476	30,2	franca	si	Desnudo+herbicida	Urea
F5Z1	20	5,25	222	20,7	franca	si	Cubierta+herbicida	Urea
F6Z1	36	7,125	238	34,0	franca	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F6Z2	33	6,25	238	37,5	franca-arc-lim	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F6Z3	74	6,5	238	39,0	franco-arcilloso	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F6Z4	18	11,25	279	34,8	franca	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F6Z5	30	4,25	238	36,1	franca	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F7Z1	10,25	17,75	317	28,4	franco-arcilloso	si	Cubierta+desbroce	Sulfato amónico
F7Z2	3	12	242	28,1	franca	si	Cubierta+desbroce	Sulfato amónico
F7Z3	8,84	4,875	208	20,5	franco-arcilloso	si	Cubierta+desbroce	Sulfato amónico
F7Z4	8,73	8,375	439	19,7	franca	si	Cubierta+desbroce	Sulfato amónico
F8Z1	6	11	292	28,0	franco-arc-lim	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F8Z2	9	8,25	297	30,1	franca	si	Cubierta+herbicida	N-P-K
F9Z1	23	2,25	185	66,8	franca	no	Cubierta+ganado	N-P-K
F9Z2	16	8,75	111	140,4	franca-limoso	no	Cubierta+ganado	N-P-K

fincas divididas en 25 zonas homogéneas diferentes, **Tabla 1**.

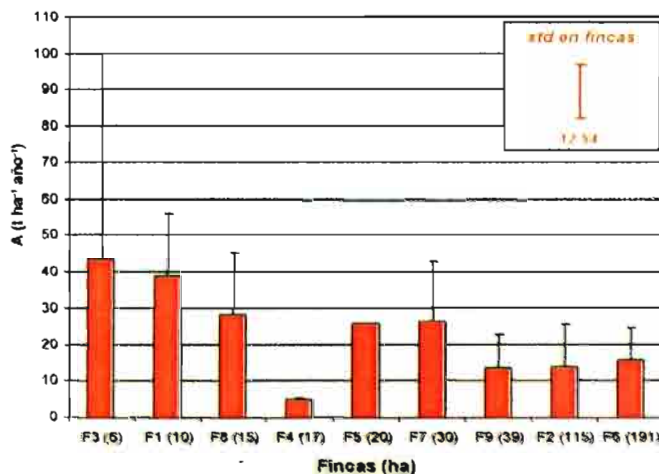
Las zonas tuvieron una superficie media de 20 ha, si bien en las explotaciones de mayor tamaño algunas fueron algo más extensas. El manejo predominante observado en las zonas fue la cubierta vegetal, generalmente vegetación adventicia, manejada bien con desbrozadora o bien mediante aplicación de herbicida sistémicos (glifosato, amitrol, oxifluorfen). Estos herbicidas se aplicaban dos veces por año, una vez a finales de primavera para evitar la com-

petencia de las malas hierbas con el cultivo y otra vez en otoño antes de la cosecha para facilitar la recolección.

Los suelos predominantes fueron de los órdenes Alfisol e Inceptisol de acuerdo al mapa de suelos de Andalucía 1:400000 (Mudarra y otros, 1988) siendo las texturas mas frecuentes franca y franco-arcillosa. Las variedades de olivo predominantes fueron Picual, Arbequino y Lechín, con algunas superficies de Hojiblanca y Manzanillo de Sevilla. Las características generales de las explotaciones estudiadas aparecen en la **Tabla 1**.

**Figura 2**

Pérdida de Suelo promedio en las diferentes fincas estudiadas. Las barras indican la desviación estándar entre zonas homogéneas dentro de la misma finca. Se incluye como referencia la desviación estándar de la pérdida de suelo promedio entre fincas



**Erosión Hídrica**

La pérdida de suelo anual promedio (ponderada para la superficie de cada zona) estimada para cada finca aparece en la **Figura 2**, en la que puede observarse una pérdida de suelo promedio comprendida entre 10 y 40 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Estas pérdidas, aunque elevadas, son sensiblemente menores que los valores de entre 80 y 90 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> que se citan con frecuencia como promedio de la pérdida de suelo en los olivares andaluces (Pastor y otros, 2001). Esta diferencia se debe a que las estimaciones antes citadas provienen de un trabajo (López-Cuervo, 1990) que pese a realizarse básicamente con la misma ecuación (USLE) no consideró el efecto protector de la cubierta vegetal, menos extendida como manejo en aquella época, ni el de la pedregosidad en detalle. Entre las fincas estudiadas existen algunas (F2, F6, F9) cuya pérdida de suelo es relativamente baja, no encontrándose lejos de la tasa de pérdida tolerable en función de la tasa de formación de suelo que, en la ausencia de valores localmente contrastados, podría estimarse entre 9-12 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Schertz,

**Tabla 2**

Pérdida de suelo y valor de los factores de la RUSLE. Se incluye el valor de C\*P específico para cada zona según el manejo y la cubierta de piedras; y otro factor C\*P cte según la categoría de manejo al que es sometida la explotación

Zonas	Sup ha	K (t ha h ha <sup>-1</sup> MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )	L	S	C*P	A (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	C*P Cte	A (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
F1Z1	5,5	0,0424	3,68	3,99	0,033	36,41	0,25	272,84
F1Z2	2,88	0,0557	3,61	2,48	0,067	58,31	0,16	139,51
F1Z3	1,88	0,0403	3,10	1,65	0,046	16,49	0,25	89,76
F2Z1	84	0,0483	4,00	0,88	0,046	13,73	0,16	47,60
F2Z2	19	0,0110	2,81	0,45	0,113	2,74	0,16	3,90
F2Z3	12	0,0342	3,73	1,05	0,132	30,84	0,16	37,42
F3Z1	2	0,0351	3,11	3,27	0,198	123,42	0,25	155,86
F3Z2	2	0,0417	1,95	0,34	0,023	1,19	0,25	12,13
F3Z3	2	0,0338	2,82	1,46	0,021	5,15	0,25	60,88
F4Z1	9,64	0,0277	2,94	0,61	0,059	5,11	0,42	36,53
F4Z2	8,14	0,0351	2,44	0,48	0,067	4,78	0,42	29,87
F5Z1	20	0,0487	3,27	0,60	0,153	25,53	0,25	41,62
F6Z1	36	0,0259	3,81	0,80	0,058	8,02	0,16	22,04
F6Z2	33	0,0377	3,37	0,70	0,100	15,68	0,16	25,01
F6Z3	74	0,0343	3,65	0,73	0,121	19,31	0,16	25,55
F6Z4	18	0,0296	3,66	1,38	0,118	30,78	0,16	41,86
F6Z5	30	0,0283	2,80	0,49	0,101	6,81	0,16	10,81
F7Z1	10,25	0,0364	3,13	2,44	0,099	48,19	0,16	77,54
F7Z2	3	0,0577	1,56	1,50	0,097	22,94	0,16	37,75
F7Z3	8,84	0,0247	1,96	0,56	0,043	1,96	0,16	7,53
F7Z4	8,73	0,0387	3,86	0,93	0,098	23,79	0,16	39,01
F8Z1	6	0,0371	3,39	1,34	0,165	48,50	0,16	47,09
F8Z2	9	0,0470	2,70	0,92	0,071	14,54	0,16	32,63
F9Z1	23	0,0419	1,99	0,27	0,152	6,04	0,06	2,38
F9Z2	16	0,0418	3,33	0,97	0,107	24,12	0,06	14,20

1983). Por el contrario en otras explotaciones (F5, F6, F7, F8, F10) las pérdidas siguen siendo muy elevadas con claros síntomas de erosión como los mostrados en las Figuras 1a y 1b. Los valores recogidos en la Tabla 2 muestran cómo las fincas en las que se estimó una mayor pérdida de suelo son aquellas con una combinación de mayor pendiente, factores L y S, y menor cobertura de suelo, factor C, en Tabla 2. La Figura 2 muestra como existe una elevada variabilidad dentro de las fincas, y que muchas explotaciones cuentan con zonas de pérdidas de suelo

muy elevadas, véase por ejemplo las zonas correspondientes a la Finca 3 desglosadas en la Tabla 2. Estas zonas de elevada erosión corresponden en general a las zonas más escarpadas, con menor cobertura de suelo y de suelos más erosionables. Aunque estas zonas son en general de extensión reducida comparadas con el tamaño de las fincas, su presencia es frecuente en más de la mitad de las explotaciones estudiadas, (Tabla 2).

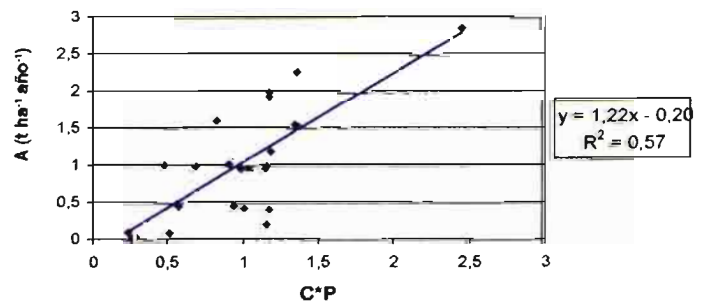
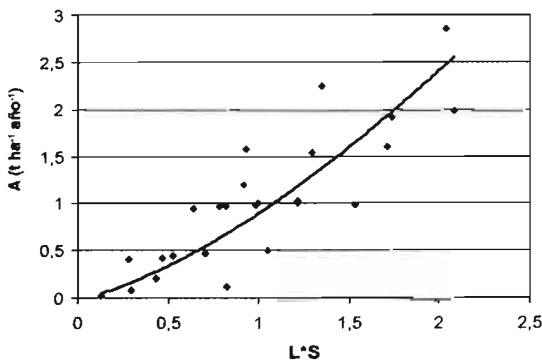
La Figura 3 muestra cómo una parte importante de la variabilidad en la pérdida de suelo calculada para las dife-

**Figura 3**

Correlación entre la variación de la pendiente de suelo de cada zona dentro de cada finca. En el eje de abscisas se representa el valor del producto de los factores de pendiente (L\*S) de cada zona normalizado dividido por el valor promedio de la finca, frente a la pérdida de suelo de cada zona normalizado dividido por el valor promedio de cada finca

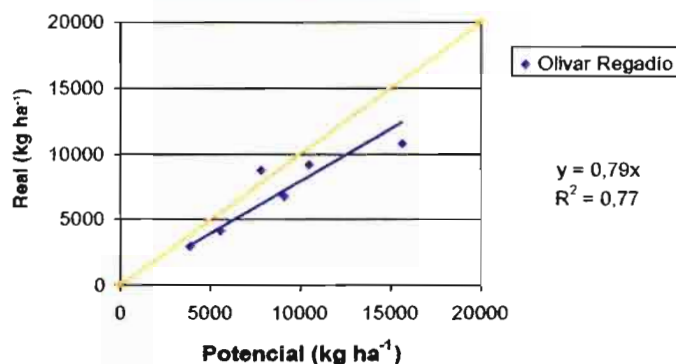
**Figura 4**

Correlación entre la variación de la pérdida de suelo dentro de cada finca con la variación del factor C\*P dentro de cada finca. En el eje de abscisas se representa el valor del factor C\*P normalizado dividido por el valor promedio de la finca y en el de ordenadas se representa el valor de la pérdida de suelo normalizado dividido por el valor promedio de la explotación



**Figura 5**

Comparación entre la producción real y potencial para cada finca estudiada. La regresión se realizó con los datos de las fincas de regadío únicamente



rentes zonas de cada finca se asocia a diferencias topográficas, factores de longitud, L, e inclinación de pendiente, S, de cada zona ( $r^2=0.74$ ). La **Figura 4** indica cómo esta variabilidad en erosión se asocia en menor medida a las diferencias en cobertura vegetal y por piedras reflejadas en el factor de manejo de suelo, C, ( $r^2=0.56$ ). Las diferencias en pérdida de suelo mostraron una baja correlación con las diferencias en erodibilidad ( $r^2= 0.11$ , datos no presentados) explicable por la similitud en características de suelo dentro de las mismas fincas.

En este trabajo se evaluó la correlación entre la estabilidad estructural mediante tamizado en húmedo de los agregados entre 0,25 y 2 mm (Barthès, B y Roose, E, 2002) de los primeros 10 cm de suelo con la erodibilidad de ese mismo perfil del suelo, factor K. La correlación obtenida,  $r^2=0,62$ , sugiere la posibilidad de seguir investigando en el empleo de la estabilidad de agregados como variable subrogada de la erodibilidad K en trabajos de variabilidad espacial de la pérdida de suelo.

## Productividad

La **Figura 5** muestra la comparación entre la producción potencial obtenida mediante el modelo de Villalobos y otros, (2006) y la producción promedio de las explotaciones con riego facilitada por los agricultores. Se excluyeron de esta comparación aquellas explotaciones que tenían una parte de su superficie en secano o en las que el riego era de apoyo, con cantidades menores de  $1.500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y aplicado sólo en momentos determinados del desarrollo del cultivo. La **Figura 5** muestra cómo la producción de las fincas estudiadas se acerca a la producción potencial, lo que sugiere que se realiza un manejo agronómico adecuado en las explotaciones en regadío estudiadas bajo producción integrada.

La **Tabla 3** resume el valor de las variables agronómicas empleadas en el cálculo de la productividad potencial y la producción declarada por los agricultores en cada finca. En ella se puede apreciar cómo en las fincas de secano su productividad queda muy alejada de la potencial.

**Tabla 3**

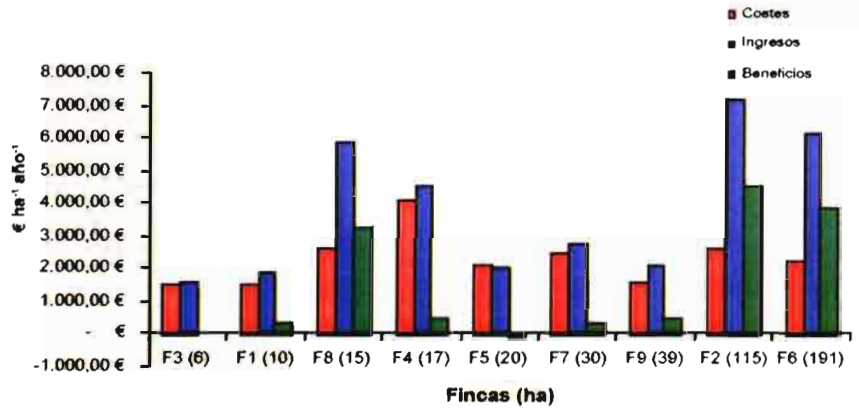
Valor de las variables que intervienen en el cálculo de la productividad. Productividad potencial y declarada para cada zona estudiada. DAF; Densidad de área foliar. K; coeficiente de extinción de radiación. Q; Fracción de radiación anual interceptada. PAR int; Radiación fotosintéticamente activa interceptada

Zonas	Vol.Copa (m <sup>3</sup> )	got/árbol	Caudal (l ha <sup>-1</sup> )	Dotación anual riego (mm ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Densidad Área Foliar (m <sup>2</sup> m <sup>-3</sup> )	k	Q	PAR int (MJ m <sup>-2</sup> )	P potencia (Kg ha <sup>-1</sup> )	P declarada (Kg ha <sup>-1</sup> )
F1Z1	63,838	0	0	0	0,9	0,361	0,226	541,14	4430	1600
F1Z2	29,409	2	4	26,64	1,2	0,613	0,452	1082,54	8860	4800
F1Z3	60,455	0	0	0	1,1	0,489	0,453	1085,04	8880	3000
F2Z1	41,735	4	4	100	1,22	0,601	0,543	1302,18	10655	9375
F2Z2	73,163	4	4	100	1,22	0,601	0,747	1790,21	14650	9375
F2Z3	48,131	4	4	100	1,22	0,601	0,595	1426,09	11670	9375
F3Z1	47,451	0	0	0	1,1	0,399	0,158	379,30	3105	1240
F3Z2	33,831	2	8	63,936	1,15	0,602	0,493	1181,05	9665	4550
F3Z3	31,781	2	8	49,152	1,5	0,605	0,389	933,21	7640	3500
F4Z1	43,236	4	8	255,28	1	0,521	0,465	1114,59	9120	5787
F4Z2	30,265	4	8	438,68	0,8	0,616	0,588	1409,26	11530	9920
F5Z1	20,725	2	8	102,3	1	0,477	0,197	472,84	3870	3000
F6Z1	34,047	4	2,5	38,08	1,22	0,542	0,356	852,64	7000	6670
F6Z2	37,584	4	2,5	38,08	1,3	0,558	0,393	942,22	7710	6670
F6Z3	39,060	4	2,5	38,08	1,3	0,558	0,405	970,48	7950	6670
F6Z4	34,885	4	2,5	44,64	1,2	0,571	0,427	1023,83	8400	7835
F6Z5	36,135	4	2,5	38,08	1,2	0,538	0,371	888,30	7270	6670
F7Z1	28,454	2	4	60,864	1,4	0,638	0,438	1050,17	8600	5450
F7Z2	28,137	2	4	46,464	1,15	0,530	0,304	727,87	6000	4160
F7Z3	20,580	2	4	39,936	1,35	0,544	0,208	498,37	4100	3580
F7Z4	19,714	2	4	84,288	1,35	0,726	0,467	1119,09	9160	7540
F8Z1	27,996	4	4	93,44	1,25	0,591	0,383	918,61	7520	8765
F8Z2	30,125	4	4	95,04	1,25	0,595	0,414	991,25	8110	8930
F9Z1	66,885	0	0	0	1,25	0,507	0,466	1116,94	9140	3800
F9Z2	140,478	0	0	0	1,2	0,438	0,495	1186,78	9710	2280



**Figura 6**

Comparación entre los costes, ingresos y beneficios obtenidos por ha en cada una de las explotaciones en estudio ordenadas por tamaños



### Estudio Económico

Con el objetivo de estimar la viabilidad de las explotaciones de olivar estudiadas bajo producción integrada se realizó un análisis económico, en el cual se consideraron los costes de cultivo y los ingresos, tanto de cosecha como por las subvenciones, resumidos en la **Figura 6**. Los costes de producción promedio para los secanos fueron de unos 1.500 euros/ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> y para los regadíos de unos 2.600 euros ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. Para calcular los ingresos se aplicó a las producciones medias declaradas por los agricultores un precio de referencia, obtenido como media ponderada de los precios alcanzados por el aceite en los últimos años en la zona estudiada.

La **Figura 6** muestra cómo las fincas de mayor tamaño, F2 y F6, tienen una mayor rentabilidad ya que cuentan con mayores medios de producción e incluso con asesoramiento técnico propio. La ausencia de riego en fincas de menor tamaño como F1 y F3 limita seriamente la rentabilidad de la finca, pero también existe un caso de finca con riego cuya rentabilidad es más baja debido a un manejo inadecuado, realizando un número de tratamientos superior a los recomendados en producción integrada.

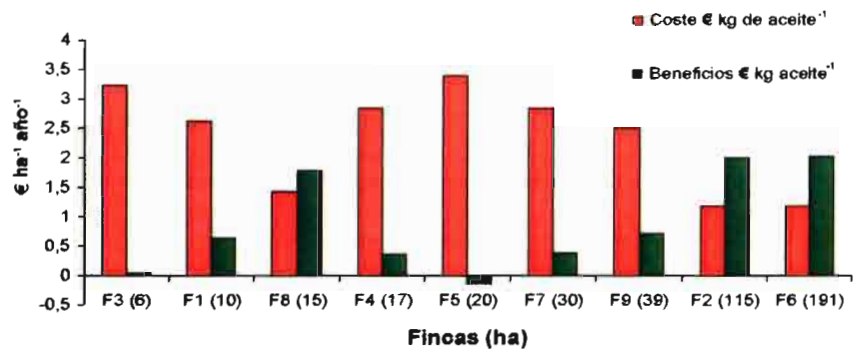
La **Figura 7**, que presenta las principales variables económicas por litro de aceite producido, muestra cómo las diferencias en rentabilidad son debidas en buena parte a variaciones en los costes de producción, siendo aquellas fincas de menor rentabilidad las de mayores costes, F1, F3, F4, F5.

### Conclusiones

El estudio de una serie de fincas representativas de olivar en producción integrada en una comarca de sierra de la provincia de Córdoba (Hornachuelos) muestra cómo es posible compaginar una producción eficiente (cercana a la productividad potencial) y económicamente viable (en relación a los niveles de subvención existentes) con un manejo integrado que produce una ero-

**Figura 7**

Costes de producción de un kg de aceite y beneficio obtenido por kg de aceite producido en cada una de las explotaciones del estudio ordenadas por tamaños



sión hídrica limitada. Ello ha sido posible al combinar el riego y un manejo agronómico adecuado con una protección del suelo mediante cubiertas vegetales. No obstante es necesario aumentar los esfuerzos encaminados a una mejor protección del suelo en estas fincas, considerando la posibilidad de medidas de conservación de suelo adicionales a la cubierta vegetal, como por ejemplo, control de cárcavas o encauzamiento de zonas de drenaje, especialmente en las zonas más accidentadas de las fincas.

En general las fincas con menores rentabilidades y mayores pérdidas de suelo fueron aquellas de menor tamaño en las que coincidía la ausencia de riego con un peor manejo, menor cobertura de suelo y mayores pendientes. En estas fincas la mejora de estos problemas pasa necesariamente por una mejora de su manejo agronómico, la introducción o mejora del riego y la mo-



dificación del manejo de la cubierta para alcanzar mayor cobertura de suelo mediante siembra y abonado complementario, y medidas adicionales de conservación de suelos especialmente en sus zonas más escarpadas.

## Agradecimientos

Al personal de apoyo a la investigación del Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC, de Córdoba por el apoyo e interés mostrado en la realización de este trabajo, así como a los técnicos y propietarios de las fincas encuestadas por su colaboración desinteresada.

## Referencias

- Barthès, B y Roose, E. 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena* 47: 133-149.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal* 54: 464-465
- Civantos L., 2001. La olivicultura en el mundo y en España. En: *El Cultivo del Olivo* eds. D Barranco, R Fernández Escobar, L Rallo, Mundi-Prensa. Madrid.
- Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía, 2003. *El olivar andaluz*. Servicio de Publicaciones y Divulgación, Sevilla.
- Giráldez, J.V. Laguna, A. y González, P. 1989. Soil conservation under minimum tillage techniques in Mediterranean dry farming. *Soil Technology Series* 1: 139-147.
- Gómez JA, Battany M, Renschler CS, Fereres E. 2002. Evaluating the impact of soil management on soil loss in olive orchard. *Soil Use and Management* 19,127-134.
- Herweg, K. 1996. A field manual for assessment of current erosion damage. Soil conservation Research Programme; Ethiopia, and Center for Development and Environment University of Berne, Switzerland.
- Instituto para la Conservación de la Naturaleza ICONA 1988.

Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la ecuación universal de pérdidas de suelo. MAPA, Madrid.

López-Cuervo, S. 1990. La erosión en los suelos agrícolas y forestales de Andalucía. Colección Congresos y Jornadas N°17/1990. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

Mudarra, J.L., Barahona, E., Baños, C., Iriarte, A., Santos, F. 1988. Mapa de Suelos de Andalucía (E 1:400000): CSIC-IA-RA.

National Resources Conservation Service NRCS 1999. Soil quality test kit guide. US. Dep. Agric., Agricultural research Services. National Resources Conservation Services. Soil Quality Institute.

Nelson, D.W. y Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter, En *Methods of soil analysis*. Volumen 2.. Eds. A.L. Page, R.H. Miller, y D.R. Keeney. ASA y SSSA, Madison, WI.

Pastor, M. Castro, J. Vega, V. Humanes, M.D. 2001. Sistemas de manejo de suelo. En: *El Cultivo del Olivo*. Eds. D Barranco, R Fernández Escobar, L Rallo, Mundi-Prensa. Madrid.

Pastor, M., 2005. *Cultivo del olivo con riego localizado. Diseño y Manejo del Cultivo y las Instalaciones*. Programación de riegos y fertirrigación. Ed. Consejería de Agricultura - Mundi Prensa. Madrid.

Renard, KG; Foster, GR. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Washington DC., US. Dep. Agric., Agric. Handbook 703.

Sánchez S. 2003. Aplicación del modelo contable propuesto para el cálculo de costes de los distintos sistemas de cultivo de olivar y estudio empírico realizado. *El cultivo del olivar desde una perspectiva de gestión*. Mundi-Prensa. Universidad de Jaén.

Schertz, 1983. The basis for soil loss tolerances. *J. Soil and Water Conservation* 38: 10-14

Villalobos F.J. Testi L. Hidalgo J. Pastor M. Orgaz F. 2006. Modelling potential growth and yield of olive (*Olea europaea* L.) canopies. *European Journal of Agronomy*.