

Determinación de la fecha de siega de la cubierta protectora en olivar

Se realiza mediante un modelo programado en Excel, Olivcrop, que hace un balance de agua diario

En este artículo se presenta un modelo funcional de balance de agua en olivar, Olivcrop, orientado a evaluar la fecha de siega de las cubiertas en función del clima de la localidad y de las características de la plantación manteniendo un número mínimo de variables de entrada que además son relativamente fáciles de obtener. En su versión actual permite estimar fechas de siega óptimas y evaluar la magnitud de los flujos hidrológicos. También posibilita evaluar el efecto sobre dichos flujos hidrológicos, especialmente sobre la transpiración del olivo, en el caso de utilizar una fecha de siega fija todos los años, ayudando a determinar cuál es la más adecuada.

G. Castro¹, J.A. Gómez² y E. Fereres^{2,3}.

¹ Consejería de Agricultura y Pesca. Delegación Provincial de Sevilla.

² Instituto de Agricultura Sostenible. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

³ Departamento de Agronomía. Universidad de Córdoba.

El olivar es un cultivo predominantemente mediterráneo, siendo la Unión Europea (UE) el primer productor mundial de aceite de oliva y aceituna de mesa con el 76 y 42% de la producción mundial respectivamente, media del período 1990-2005 (Consejo Oleícola Internacional, 2006). Existen aproximadamente 4,3 Mha de olivos en la UE, de los que el 50% están localizados en España. Esto la convierte en el primer productor mundial, con el 38% de la producción de aceite y el 32% de la de aceituna de mesa, promedio 1999-2005 (Consejo Oleícola Internacional, 2006). El 75% de la producción española proviene de Andalucía, donde se concentra el 51% de la superficie de olivar española (Consejería de Agricultura y Pesca, 2003), que está localizado mayoritariamente en las provincias de Jaén, Córdoba, Granada y Sevilla. Por su extensión, el olivar supone el 17% de la superficie total de Andalucía, en donde tiene una importancia extraordinaria, no sólo económica, sino también, entre otros aspectos, ambiental.

La erosión, una de las mayores amenazas del olivar

Una característica determinante del olivar andaluz es que gran parte del mismo está situado en zonas de pendiente, con el 24,5% de su superficie en pendientes superiores al 20% y tan sólo el 16,5% en pendientes inferiores al 5% (Consejería de Agri-

cultura y Pesca, 2003). El cultivo en pendiente, junto al régimen de lluvia, la limitada cobertura del suelo por el olivo y un sistema de manejo del suelo históricamente basado en mantenerlo desnudo mediante laboreo, ha conducido a una situación en la que la erosión hídrica constituye una de las mayores amenazas a la sustentabilidad a largo plazo del olivar andaluz. Esta situación de fragilidad ambiental es extensible al cultivo del olivo en otras zonas productoras de la UE (Bauffoy, 2001). Aunque existe cierta discrepancia acerca de la magnitud exacta de la pérdida de suelo (Gómez *et al.*, 2005), diferentes estimaciones en zonas de olivar en Andalucía, utilizando modelos de simulación, la sitúan alrededor de 80 t ha⁻¹ año⁻¹ (López-Cuervo, 1990), o entre 20-85 t ha⁻¹ año⁻¹ (Gómez, 2005a). Medidas experimentales en parcelas de escorrentía, de tamaño de varias decenas de m², confirman la existencia de pérdidas de suelo elevadas. Así, Francia *et al.* (2000) midieron pérdidas de suelo de 42,5 t ha⁻¹ año⁻¹ en una pendiente del 30% en no laboreo con suelo desnudo y Lane *et al.* (2005) pérdidas de 26 t ha⁻¹ año⁻¹ en una pendiente del 12% en laboreo convencional. Una visita a zonas de olivar en la temporada de lluvias muestra cómo estas medidas y estimaciones corresponden a una realidad visible a través de claros síntomas de erosión como los mostrados en la **foto 1**.

Diversos ensayos, entre ellos los de las parcelas de escorrentía antes citados, han comparado diferentes sistemas de manejo de suelo en olivar, demostrando que el uso de una cubierta vegetal en las calles del olivar reduce las pérdidas de suelo hasta valores muy pequeños. Así, en los mismos experimentos antes citados Francia *et al.* (2000) midieron pérdidas de suelo 3,4 t ha⁻¹ año⁻¹ en el tratamiento con cubierta vegetal, mientras que Lane *et al.* (2005) midieron pérdidas de 0,5 t ha⁻¹ año⁻¹ también en el manejo con cubierta vegetal.

Aspectos clave en el manejo de la cubierta

La cubierta vegetal presenta una serie de beneficios en términos de conservación del suelo y agua que explican los resultados antes mencionados. Entre estas ventajas destacan la protección del suelo frente al impacto de la lluvia y al arrastre del agua de escorrentía superficial y el aumento de la infiltración debido a la porosidad que generan las raíces (Gómez y Fereres, 2004). Estos beneficios explican que exista una trayectoria de ensayos, fundamentalmente agronómicos, de cubiertas vegetales en olivar, que en el caso de Andalucía se remontan al menos hasta la década de los sesenta (Ruiz, 1969). En estos ensayos se han utilizado diferentes tipos de cubiertas que van desde gramíneas o leguminosas sembradas con el único propósito de servir de cubierta protectora hasta la vegetación espontánea naturalmente presente en la explotación. A partir de estos ensayos agronómicos se ha puesto a punto una metodología de manejo



FOTO 1

de la cubierta consistente en su siembra antes de las primeras lluvias de otoño, y su siega, mecánica o química, a la salida del invierno para evitar la competencia por agua con el olivo. La siembra, cuando no se trata de vegetación natural, se pretende efectuar únicamente en el año inicial para implantar la cubierta, facilitando las condiciones para su autosiembra en años posteriores mediante su manejo. Por ejemplo, cuando se trata con herbicida, se deja una banda central sin aplicar para que culmine su ciclo y produzca semilla para la campaña siguiente (foto 2).



FOTO 2

 **viveros**
Provedo s.a.

Plantas de Olivo Garantizadas

“Con el prestigio y calidad reconocida de Viveros Provedo, les ofrecemos planta de olivo de las variedades arbequina, picual, hojiblanca, cornicabra, etc.

Consúltenos tamaños, precios y los servicios que le podemos ofrecer (asesoramiento, plantación, etc.)

Delegaciones en La Mancha, Extremadura y Andalucía.”

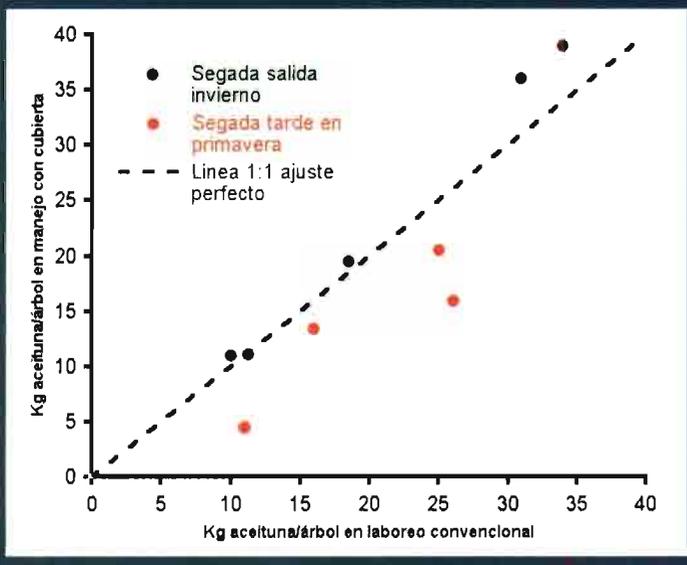
VIVEROS PROVEDO S.A.

Barrio Varea s/n
26006 - LOGROÑO
Tel: +34 941 272 777
Fax: +34 941 272 780
comercial@provedo.com

www.provedo.com



FIGURA 1.



Un aspecto clave del manejo de la cubierta es la decisión del momento preciso de su siega, química o mecánica, a la salida del invierno. El manejo del suelo con una cubierta vegetal en olivar de secano parte de la idea de que el consumo adicional de agua que supone la cubierta en comparación con el suelo desnudo puede ser compensado por el aumento en infiltración y la reducción en la evaporación desde el suelo en el sistema con cubierta vegetal (Pastor *et al.*, 1999). Si la cubierta se siega demasiado pronto, en invierno no se producirá suficiente biomasa para permitir que el suelo quede cubierto y protegido por sus residuos hasta el rebrote de la campaña siguiente, y si se siega demasiado tarde, la cubierta transpirará más agua de la que haya podido ahorrarse aumentando la infiltración y reduciendo la evaporación. Si esto ocurre, se acabará reduciendo la transpiración del olivo en el sistema con cubierta en comparación con el sistema de manejo con suelo desnudo. Una revisión reciente (Gómez, 2005b) indica cómo la cosecha en olivares manejados con cubiertas vegetales es similar a la obtenida en olivares manejados con suelo desnudo cuan-

do la fecha de siega es la adecuada (puntos verdes cercanos a la línea 1:1 en la **figura 1** adaptada de Gómez, 2005b). Cuando la fecha de siega es tardía, la producción es sensiblemente inferior en comparación a los olivares con suelo desnudo (puntos rojos por debajo de la línea 1:1 en la **figura 1**).

La fecha de siega recomendada con carácter general en Andalucía, teniendo en cuenta los ensayos agronómicos antes citados, es mediados de marzo. Sin embargo, dada la gran variabilidad de condiciones entre los diferentes olivares, esa fecha óptima, entendida como aquella que permite mantener una cubierta sin reducir la transpiración del olivo con respecto al sistema con suelo desnudo, puede variar sensiblemente de unas localidades a otras y de unas plantaciones a otras. Es más, dada la acusada variabilidad interanual de la lluvia en la región, esas fechas de siega óptimas pueden variar significativamente para la misma plantación de un año a otro. Castro *et al.* (2005) demostraron en un olivar con cubierta de cebada en Córdoba cómo esa fecha óptima de siega varía de manera significativa en función de las condiciones de lluvia anual. En el mismo trabajo, Castro *et al.* (2005) mostraron cómo el uso de la misma fecha de siega (mediados de marzo) todos los años presentaba una probabilidad del 20% de incurrir en pérdidas de agua de 20 mm en el manejo con cubierta en comparación con el manejo con laboreo en el olivar de su estudio.

Las dificultades antes mencionadas para establecer criterios de fecha de siega de la cubierta adaptados a las características específicas de un olivar y un año pluviométrico concreto impulsó el desarrollo de un modelo funcional de balance de agua en olivar que con un mínimo de variables de entrada y la mayor simplicidad posible permitiera evaluar cuál sería esa fecha para un año y unas condiciones determinadas. Dicho modelo, denominado Olivcrop, que presentamos en este trabajo, se desarrolló por los autores dentro del marco del proyecto Olivero financiado por la UE en el trienio 2002-2005. Este artículo intenta presentar la primera versión de este modelo y utilizarlo en un ejercicio de análisis para explicar la dinámica de los procesos que determinan la fecha óptima de siega de las cubiertas vegetales en olivar con un ejemplo dentro de la provincia de Córdoba.

► El modelo Olivcrop

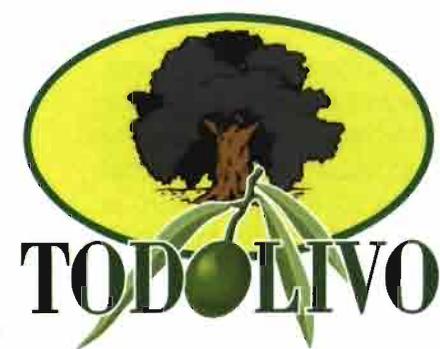
Olivcrop, por Cover Crop in Olive, que quiere decir “cubierta vegetal en olivo”, es un modelo programado en Excel que realiza un balance de agua diario en un olivar para dos condiciones. Una es ese olivar manejado con una cubierta vegetal de las características que nosotros especifiquemos y la otra, ese mismo olivar pero manejado con suelo desnudo (pudiendo escogerse entre laboreo o herbicida sin laboreo). Como variables de entrada, el modelo necesita la descripción del olivar y datos diarios de lluvia y evapotranspiración, que en el caso de Andalucía pueden descargarse gratis de la red de estaciones agrometeorológicas de la Consejería de Agricultura y Pesca en <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/agraria/infoagraria.html>.

Las características fundamentales del modelo son:

1. Se trata de un modelo unidimensional que sólo considera flujos verticales de agua.
2. Distingue dos horizontes de suelo en sus cálculos. En el primero de ellos se desarrollan las raíces de la cubierta y el olivar y en el segundo, sólo las del olivar.
3. La transpiración del olivar se determina a partir del tamaño del árbol.

FIGURA 2.

Components of the soil water balance until the date of killing of cover crop			
	Olive orchard with cover crop management	Olive orchard with alternative soil management	
7	Volumetric water content (V, cm3cm-3)	0.229	0.229
8	Rainfall (mm)	296.6	296.6
9	Runoff (mm)	7.65	28.04
10	Drainage (mm)	0.00	0.00
11	Evapotranspiration (mm)	278.91	238.22
12	Olive tree transpiration (mm)	28.98	38.32
13	Evaporation from bare soil (mm)	198.28	198.80
14	Evapotranspiration from cover crop (mm)	81.00	0.00
Components of the soil water balance until August 31st			
	Olive orchard with cover crop management	Olive orchard with alternative soil management	
17	Volumetric water content (V, cm3cm-3)	0.178	0.178
18	Rainfall (mm)	543.32	543.32
19	Runoff (mm)	0.00	35.40
20	Drainage (mm)	0.00	0.00
21	Evapotranspiration (mm)	527.95	571.14
22	Olive tree transpiration (mm)	193.12	182.28
23	Evaporation from bare soil (mm)	273.07	388.84
24	Evapotranspiration from cover crop (mm)	161.76	0.00



El modelo Todolivo-Superintensivo



La empresa Todolivo, con más de veinte años de experiencia en ejecución y gestión de plantaciones de olivos, es pionera en la implantación de este novedoso sistema de olivar superintensivo y es, sin lugar a dudas, la empresa con mayor experiencia en este revolucionario cultivo. Su modelo de plantación ha batido numerosos récords de producción y se está implantando no sólo a lo largo y ancho de la geografía española, sino también, en otros países como Portugal y Marruecos. A continuación, Jose María Gómez, director de Todolivo, nos explica cuáles son las claves de su éxito, ejemplificándolo a través de la experiencia en cuatro fincas distintas.

Consolidación de un moderno sistema de plantación y gestión que está abanderando toda una revolución en el cultivo del olivar

¿Cómo nace este sistema?

Nace, como la mayoría de las revoluciones, de una necesidad o conjunto de necesidades no satisfechas. En este último siglo ha habido enormes avances en la mayoría de los cultivos, excepto en el campo del olivar, que si bien es verdad, se habían producido algunas evoluciones, éstas no habían estado a la altura y exigencias que demandaba el mercado. La reducción de subvenciones, la falta de mano de obra para recoger la aceituna, los elevados costes de producción y la búsqueda de una mejora en la calidad de los aceites que nos hicieran competir mejor, eran motivos más que suficientes para iniciar esta revolución.

El modelo Todolivo-Superintensivo consiste, básicamente, en aprovechar al máxi-

mo el espacio, la luz y el agua disponible para producir el mayor número de kilos de aceite por hectárea con la máxima calidad y al menor coste posible. Esto lo conseguimos creando hileras de olivos distanciados entre sí a 1,35 m y formados con una estructura piramidal. Dicha estructura permite a su vez que una máquina cosechadora pueda recolectar la aceituna de forma rápida, limpia y económica. La distancia entre calles y, por tanto, el número de olivos por hectárea va a depender del agua disponible, del tipo del terreno y clima.

¿Cuáles son las claves de su éxito?

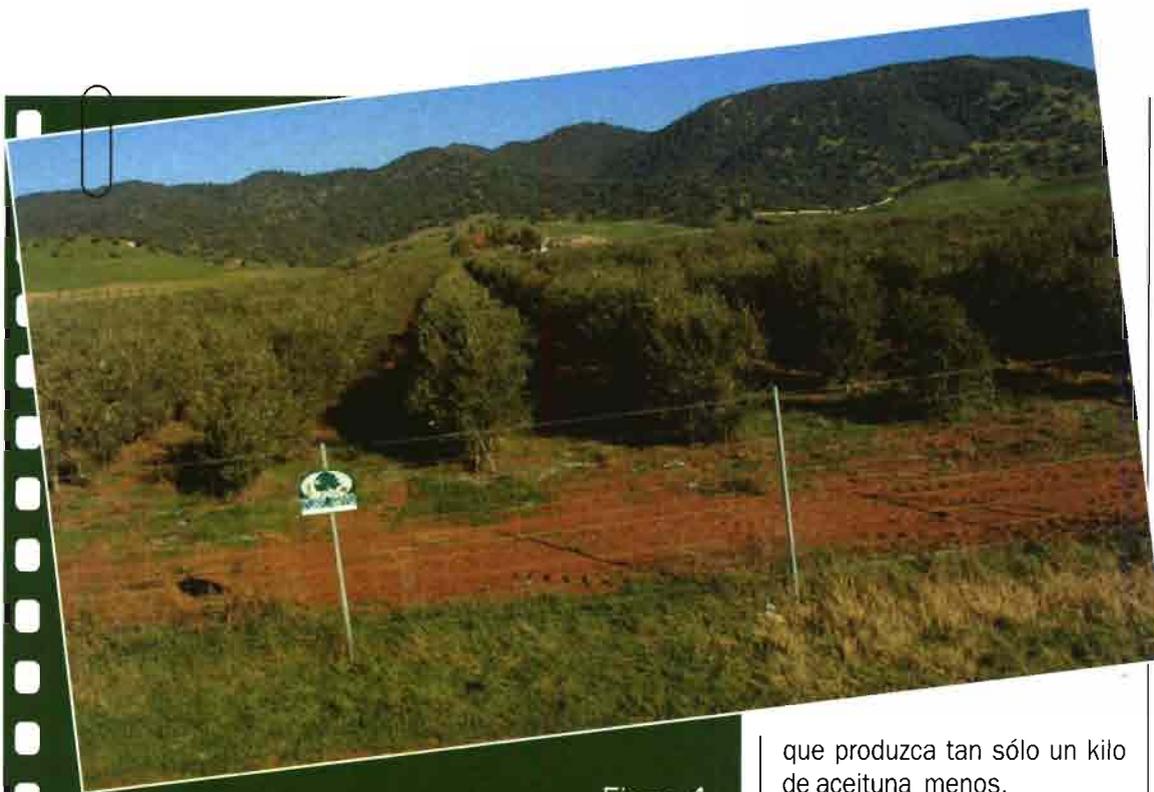
El modelo Todolivo-Superintensivo es consistente y viable. Ha sido testado durante años en diferentes sue-

los y climas, cosechando grandes resultados. No hay que olvidar que este modelo es fruto de un trabajo de investigación técnica por parte de nuestra empresa de más de diez años. Durante todo este tiempo hemos logrado dar respuesta a todas y cada una de las incógnitas que en los comienzos se nos planteaban.

Antes de decidir plantar, realizamos un estudio exhaustivo del clima, terreno y disponibilidad de agua para, por una parte, conocer las limitaciones o posibles riesgos y, por otra calcular, los metros cúbicos de masa foliar que el terreno es capaz de soportar.

Nuestro sistema de plantación es rápido y económico. Una sola máquina plantadora es capaz de plantar entre 5.000 y 9.000 plantas/día. A día de hoy disponemos de diez equipos de plantación.

Utilizamos el mejor mate-



Finca 1: "El cercao de San Luis" (Riego por goteo)

LOCALIDAD: Villarubia (Córdoba).

SUPERFICIE: 21 ha.

AÑO DE PLANTACIÓN: julio de 1999.

MARCO DE PLANTACIÓN: 1,35 X 3,75 m.

Nº DE OLIVOS/HA: 1.975.

VARIEDAD: Arbequina Selección-Agromillora.

PRINCIPAL LIMITACIÓN: suelo compuesto por limas muy pobres con zonas de exceso de óxidos de manganeso que limitan el crecimiento normal del cultivo.

Datos	2001	2002	2003	2004	2005	Media/ha
Kg de aceituna/ha	5.818	7.206	8.475	10.801	9.170	8.520
Rendimiento grado extra	18,54%	18,02%	18,82%	18,55%	18,06%	18,21%
Consumo (de lit) de agua de riego/ha	1.003	1.002	1.853	2.246	2.500	2.038
Total kg de aceitunas acumuladas/ha = 42.800						

que produzca tan sólo un kilo de aceituna menos.

Otro aspecto clave y diferenciador del éxito de nuestro modelo es el "saber hacer técnico" que nos permite gestionar de forma eficiente la plantación una vez plantada, como por ejemplo, lograr que una plantación en poco menos de dos años y medio de vida sea capaz de producir por encima de los 10.000 ó 12.000 kg de aceituna o practicar una poda de renovación a los olivos que nos permita mantenerlos jóvenes y productivos a lo largo del tiempo, o la utilización de variedades que

produzcan aceites suaves, dulces y frutados y que tengan una gran proyección en la comercialización internacional. Estos aceites cotizan a un precio superior al resto de las variedades.

¿Existen limitaciones en la implantación del sistema?

El olivo, como todo el mundo sabe, es un frutal tremendamente rústico que se adapta muy bien a diferentes suelos y climas, pero a pesar de ello existen limitaciones. Por este motivo, antes de realizar una plantación lo primero que hacemos es un test de aptitud exhaustivo del terreno y del clima para analizar y valorar las diferentes carencias y riesgos, así como las posibles soluciones en el caso de que las hubiera, y exponérselas al cliente para que las conozca y actúe en consecuencia. En ocasiones hemos desaconsejado realizar la plantación porque el terreno no reunía unas condiciones mínimas que permitieran un correcto desarrollo del cultivo superintensivo. Las principales limitaciones que nos sole-

rial vegetal del mercado. ¿La razón? Porque es más rentable y económico para el agricultor. Nuestro material vegetal procede del vivero Agromillora que, como sabes, es el primer productor de olivos del mundo. Todas nuestras plantas disponen de una extraordinaria selección genética y de una total garantía sanitaria. Si la razón de ser de la plantación es que produzca el día de mañana la máxima rentabilidad posible, no me cabe la menor duda de que utilizar un material vegetal

de calidad va a ser un factor decisivo para conseguirlo. Además, tenemos más que comprobado que la diferencia en precio que pueda existir entre utilizar un material vegetal de esta calidad, y otro que no la tenga, es pequeña y además es revertida con creces por la planta al agricultor en su primera cosecha. Muchas veces los agricultores se sorprenden cuando calculan el dinero que puede dejar de ingresar durante el resto de la vida de la plantación por utilizar una planta



mos encontrar son, por ejemplo, la presencia de *verticillium* en el suelo, pendientes superiores a las que la cosechadora puede recolectar, roca a escasa profundidad, falta de agua, pH no apto para el cultivo del olivo, texturas de terrenos no adecuadas, zonas encharcables, climatologías desfavorables, etc.

¿Cuál es la duración de las plantaciones?

Ésta es, sin duda, la principal preocupación de la mayoría de los agricultores. Es de sobra conocido que el olivo es

de los pocos frutales que existe en el mundo que admiten una poda ilimitada. Gracias a este hecho podemos realizar todos los años una poda que nosotros denominamos de "producción", que comienza normalmente a partir del cuarto año de vida y que consiste básicamente en eliminar las bajas, controlar el seto en altura y eliminar las ramas más envejecidas, las que impidan una correcta recolección o las que obstaculicen la entrada de luz en el seto.

Gracias a esta poda, mantenemos al seto joven, flexible y productivo a lo largo del tiempo, exactamente igual que

ocurre con los olivos en copa. La diferencia está en que la técnica empleada es diferente, pero los objetivos y la filosofía básica es la misma. El coste de este tipo de poda viene a ser de unos 150 euros/ha. Éste podrá variar en función del tamaño del seto y de la maquinaria empleada.

¿Qué ventajas presenta la recolección con máquina cosechadora?

Las ventajas que ofrece la recolección con máquina cosechadora son muchas y muy

importantes, pero las vamos a resumir en tres:

- Soluciona un gran problema actual, que se va agravando conforme pasan los años, que es la falta de mano de obra para recoger la aceituna.

- Reduce enormemente el coste de recolección, situándose de media 0,03 y 0,04 euros/kg de aceituna. Aunque Gregoire ha sacado este año un nuevo modelo de cosechadora más rápida que puede hacer bajar este coste por debajo de los 3 céntimos de euro.

- Permite que se obtengan aceites de mayor calidad gracias a:

- Su gran velocidad (2,5 h/ha) permite cosechar todas las aceitunas de una explotación en el momento de mayor frutado y mínima acidez.

- Se recolecta el 100% de la aceituna directamente del árbol sin tocar el suelo.

La filosofía de nuestra empresa está cimentada en la búsqueda de una mejora continua del "saber hacer" de la olivicultura. Para ello, dedicamos gran parte de nuestro tiempo y recursos a la investigación y desarrollo.

¿Qué líneas de investigación se siguen actualmente?

A nivel particular, estamos ensayando distintas actuaciones de poda con diferentes variedades de olivos en olivar superintensivo y estudios de nutrición adaptados a terrenos y circunstancias diversas.

Con el Departamento de Agronomía de la Universidad de Córdoba, IFAPA (Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria y Pesquera) y con el vivero Agromillora esta-



LOCALIDAD: Écija (Sevilla).

SUPERFICIE: 14,9 ha.

AÑO DE PLANTACIÓN: abril de 2000.

MARCO DE PLANTACIÓN: 1,35 x 3,75 m.

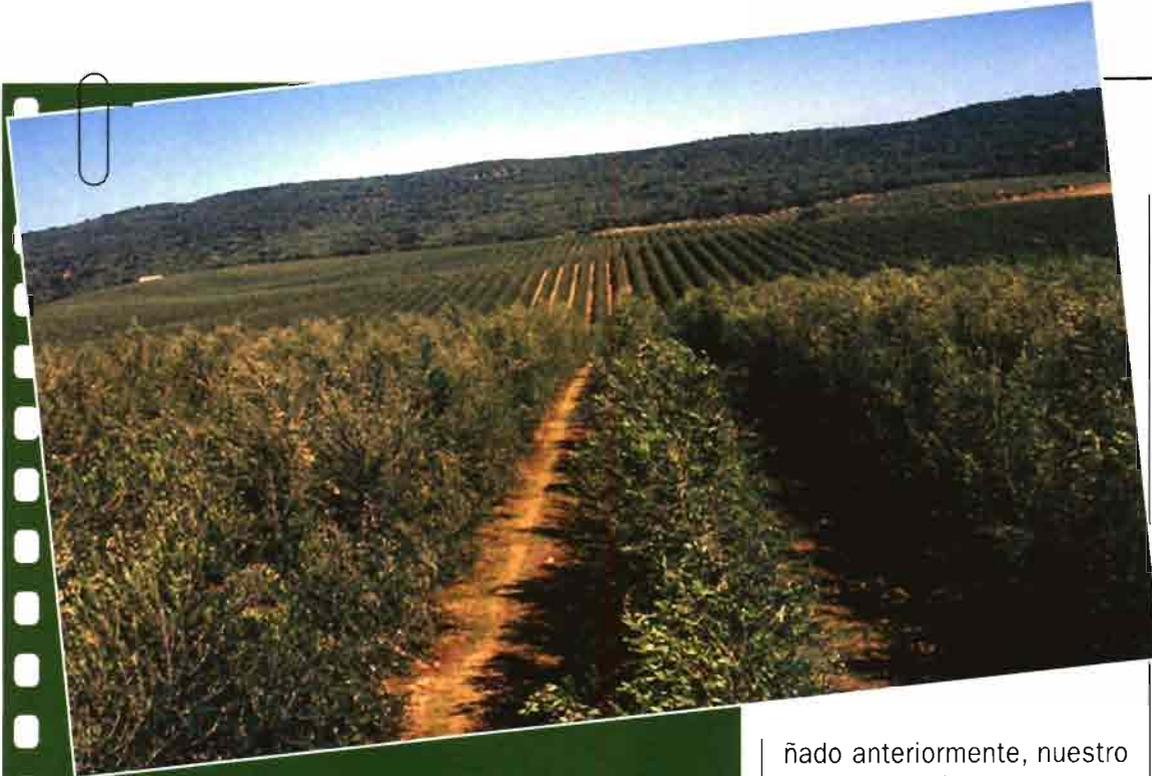
Nº DE OLIVOS/HA : 1.975.

VARIEDAD: Arbequina Selección-Agromillora.

PRINCIPAL LIMITACIÓN: ninguna.

Finca 2:
"El Llano"
(Riego por goteo)

Producción	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Media
Kg de aceituna/ha	-	-	17.461	14.620	20.217	12.145	16.111
Rendimiento (grasa) total	-	-	10,40%	15,48%	17,48%	24,8%	18,00%
Consumo de m ³ de agua de riego/ha	1.775	1.795	1.850	1.850	2.100	1.850	1.853
Total kg de aceitunas almacenadas/ha = 84.443							



Finca 3: "La Almarja" (Riego por goteo)

- LOCALIDAD: Hornachuelos (Córdoba).
- SUPERFICIE: 28,32 ha.
- AÑO DE PLANTACIÓN: noviembre de 1999.
- MARCO DE PLANTACIÓN: 1,35 x 3,75 m.
- Nº DE OLIVOS/HA: 1.975.
- VARIEDAD: Arbequina Selección-Agromillora.
- PRINCIPAL LIMITACIÓN: zonas con roca superficial y elevadas pendientes.

Producción	2000	2001	2002	2003	2004	2005	Media
Kg de aceituna/ha			14.533	12.083	12.150	13.580	13.089
Rendimiento graso bruto			16,66%	16,85%	16,5%	18%	17%
Consumo de ml de agua de riego/ha	1.700	1.900	2.100	1.800	1.800	1.900	1.883
Total kg de aceitunas acumuladas/ha = 38.775							

mos trabajando en dos líneas de investigación. En la primera evaluamos nuevas variedades del programa de mejora genética del olivo, que se está desarrollando en la Universidad de Córdoba, junto a variedades ya conocidas, y en la segunda estudiamos el comportamiento de este tipo de plantaciones con diferentes marcos de densidades del cultivo superintensivo del olivar.

Además, con la Universidad de Córdoba, Universidad Politécnica de Madrid y con el vivero Agromillora estamos ensayando diferentes actuaciones de poda en el olivar superintensivo.

¿Qué comportamiento en producción de aceituna y rendimiento graso están teniendo las explotaciones agrarias que adoptan el modelo Todolivo-Superintensivo?

Tanto la producción como el rendimiento graso varían en función de múltiples factores como son: tipo de suelo, clima, cantidad de agua aportada y manejo que se haga de la plantación. Como hemos rese-

dad que en zonas con climatologías y terrenos favorables lo normal es estar por encima de los 10.000 kg. En algunas fincas hemos logrado superar este intervalo con creces como, por ejemplo, en la finca "El Llano" (Écija) donde hemos alcanzado los 20.217 kg/ha.

En cuanto al rendimiento graso bruto ocurre algo parecido, la variabilidad es grande. Hemos podido tener casos cercanos al 15%, pero también casos del 24% y hasta 28%. Si tuviéramos que hablar de una cifra media diría que ésta puede estar en torno al 18-19%. Como botón de muestra hemos seleccionado cuatro fincas con perfiles y comportamientos diferentes; tres de regadío y una de secano. ■

ñado anteriormente, nuestro ámbito geográfico es muy amplio y, por tanto, es difícil precisar una cifra concreta. Pero lo más habitual en regadío es que la producción oscile entre 7.000 y 15.000 kg/ha. Es ver-



Finca 4: "La Matanza" (Secano)

- LOCALIDAD: Carro Perea (Sevilla)
- SUPERFICIE: 5,95 ha.
- AÑO DE PLANTACIÓN: junio de 1999
- MARCO DE PLANTACIÓN: 1,35 x 7 m
- Nº DE OLIVOS / HA : 1.058
- VARIEDAD: Arbequina Selección-Agromillora
- PRINCIPAL LIMITACIÓN: falta de agua.

Datos	2001	2002	2003	2004	2005	Media/ha
Kg de aceituna/ha	3.453	7.120	8.230	8.327	4.216	6.331
Rendimiento graso bruto	22,8%	21%	19,5%	21,3%	25,0%	21,72%
Total kg de aceitunas acumuladas/ha = 31.580						

Pluviometría (año agrícola)	2001	2002	2003	2004	2005	Media/ha
Agua de lluvia (litros/m ²)	510	391	563	682	240	479



mañez lozano

SISTROMATIC



4. Se calcula por separado la evaporación desde suelo desnudo, tanto en el sistema de manejo con cubierta como en el de suelo desnudo.
5. La evapotranspiración de la cubierta se calcula mediante el método de los coeficientes de cultivo propuestos por FAO (Allen *et al.*, 1998).
6. La escorrentía se calcula utilizando el método del número de curva, usando valores de CN determinados para olivar en cada uno de los manejos de suelo.
7. Da la opción entre fijar una fecha de siega de la cubierta o dejar que el modelo la determine como la fecha en que el olivar con cubierta presente un contenido de agua disponible en el suelo inferior, en una cantidad que fije el usuario, usualmente 10 mm, a la que presente el olivar con manejo alternativo basado en suelo desnudo.

Los datos de entrada al modelo se dividen en cuatro bloques. Los que definen las características del olivar son: distancia entre las filas de olivos, distancia entre los olivos dentro de las filas, diámetro medio de la copa, manejo de suelo en el sistema alternativo con suelo desnudo, a escoger entre laboreo o herbicida, y máxima diferencia en agua disponible frente al sistema con suelo desnudo tolerable antes de proceder a la siega de la cubierta. La cubierta vegetal se describe indicando el tipo de cubierta vegetal (en la versión actual permite distinguir entre gramíneas y malas hierbas), anchura de la banda de cubiertas, fecha de senescencia en la zona. El suelo se describe según la pendiente media de la parcela, profundidad del mismo explorado por las raíces, la clase hidrológica de acuerdo al Soil Conservation Service y los contenidos de humedad volumétrica para marchitez permanente, saturación, capacidad de campo y residual, así como su humedad inicial el día 1 de septiembre. El modelo ofrece valores orientativos de muchos de estos contenidos de humedad para suelos de diferentes texturas. También es necesario indicar la fecha de siembra de la cubierta, que sólo germinará cuando exista un mínimo de 20 mm de lluvia en cinco días consecutivos, y la opción de fecha de siega: fijada por el usuario o determinada por el modelo.

Una vez que dispone de los valores de las variables necesarias, Olivcrop efectúa un balance de agua diario a partir de la **ecuación 1**, donde P es la precipitación, R es la escorrentía, D es el drenaje, T es la transpiración del olivar, C es la evaporación de la cubierta, E es la evaporación del suelo y ΔS es la variación del agua almacenada en el suelo, todo en mm.

ECUACIÓN 1

$$P = R + D + T + C + E + \Delta S$$

Todos estos cálculos se efectúan en una segunda hoja del fichero Excel donde pueden ser revisados y consultados. La transpiración del olivar (T) la determina a partir de la transpiración potencial de un olivar bien regado de acuerdo a Testi y col. (2006) multiplicada por un coeficiente reductor, (K_a), dependiente del contenido de agua del suelo (**ecuación 2**, donde θ_i es la humedad volumétrica del suelo, θ_{FC} es la humedad volumétrica del suelo a capacidad de campo y θ_{PWP} es la humedad volumétrica del suelo en el punto de marchitez permanente).

ECUACIÓN 2

$$K_a = 1 \quad \theta_i \geq 0,5 * (\theta_{FC} + \theta_{PWP})$$

$$K_a = \frac{(\theta_i - \theta_{PWP})}{((0,5 * (\theta_{FC} + \theta_{PWP})) - \theta_{PWP})} \quad \text{si}$$

$$\theta_i < 0,5 * (\theta_{FC} + \theta_{PWP})$$

La evaporación desde el suelo desnudo (E) se calcula usando el modelo de Ritchie (Ritchie, 1972). La evapotranspiración de la cubierta (C) se calcula usando la **ecuación 3**, donde ET_o es la evapotranspiración de referencia y K_{cc} el coeficiente de cultivo de la cubierta calculado según la **ecuación 4**, en la que K_{fao} es el coeficiente de cultivo FAO de la cebada (Allen *et al.*, 1998), K_a es la fracción de suelo cubierto por la cubierta vegetal, K_{rad} es la radiación interceptada por la cubierta y K_t es un coeficiente que reduce la transpiración de la cubierta un 20% en el caso de que ésta sea una cubierta natural de malas hierbas.

ECUACIÓN 3

$$C = K_{cc} * ET_o$$

ECUACIÓN 4

$$K_{cc} = K_{fao} * k_a * k_{rad} * k_t$$

La escorrentía diaria (R) se calcula usando el método del número de curva, CN, del Servicio de Conservación de Suelos del USDA con valores de números de curva determinados específicamente para olivar (Romero *et al.*, 2006). El drenaje (D) lo calcula como el agua infiltrada que queda por encima de capacidad de campo en el perfil de suelo explorado por las raíces del olivo.

El modelo presenta sus resultados en una tercera hoja del fichero Excel, tal como la que se ilustra en la **figura 2**, en la que

FIGURA 3.

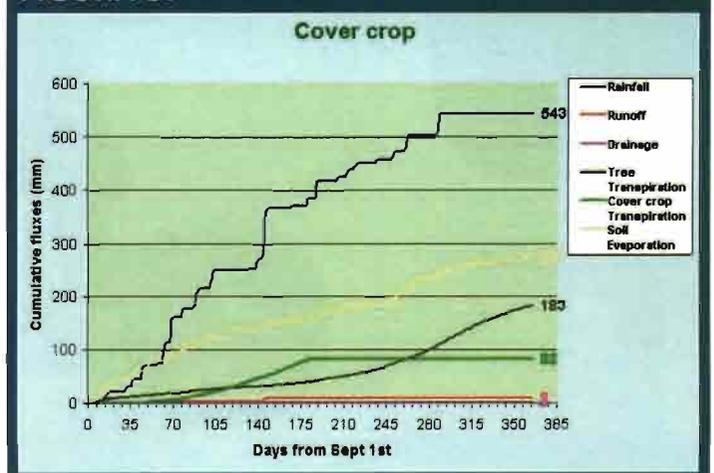
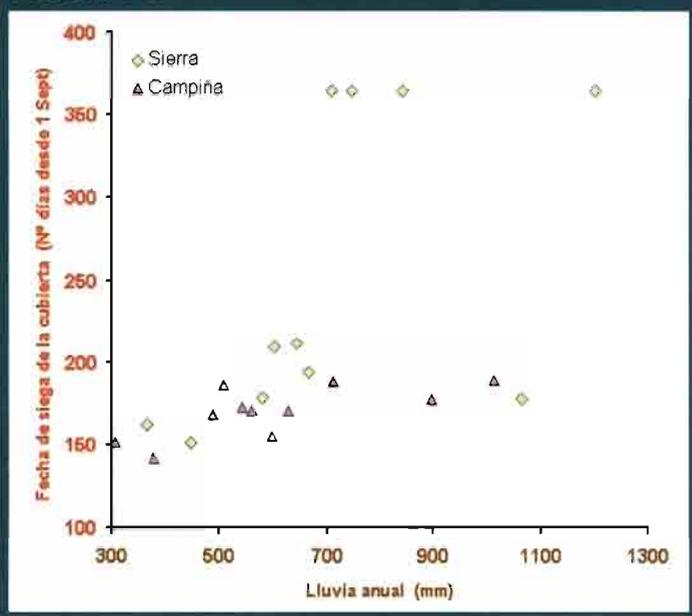


FIGURA 4.



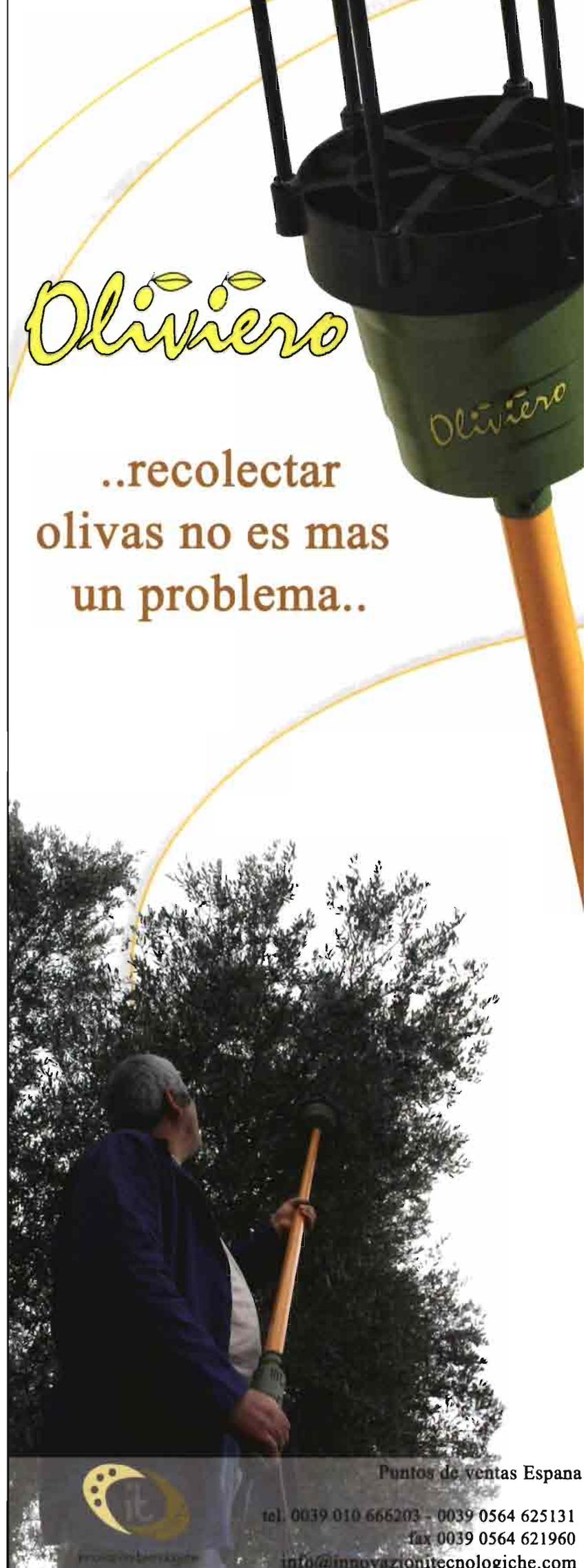
muestra la fecha de siembra y de siega de la cubierta vegetal, los componentes del balance de agua en el suelo el 31 de agosto, y en el momento de la siega de la cubierta para cada uno de los dos sistemas de manejo de suelo (con y sin cubierta vegetal). En la misma hoja representan los valores diarios de los componentes del balance de agua, acumulados desde el 1 de septiembre hasta el 31 de agosto (**figura 3**).

Una descripción más detallada del modelo Olivcrop aparece en Castro y Gómez (2006). En éste mismo trabajo se pueden encontrar los resultados de un análisis de sensibilidad de Olivcrop en el que el modelo muestra su sensibilidad a la variación de características climáticas, especialmente cantidad y distribución temporal de la lluvia, tipo y profundidad del suelo, tamaño de los árboles, extensión de la zona de cubierta, tipo de suelo, pendiente y densidad de plantación. Uno de los parámetros a los que el modelo es más sensible al evaluar las diferencias en fecha óptima de siega entre diferentes localidades, sin variar ninguna de las características de la plantación, es la lluvia total recibida a lo largo del año agrícola. La **figura 4**, adaptada de Castro y Gómez (2006), indica la variación en la fecha de siega para un año medio en diferentes localidades del sur de Europa.

La **figura 5** muestra cómo la fecha de siega varía en función de la lluvia disponible en la localidad. Así, en lugares con lluvia promedio relativamente alta, como Nápoles, Lisboa o Génova, no es necesario segar la cubierta antes de su senescencia de manera natural. Eso es lo que indica 365 días desde el 1 de septiembre. En localidades con menos lluvia, las fechas óptimas de siega oscilan entre finales de enero, Heraklion, y finales de marzo, Sevilla. En general, las fechas de siega que el modelo predice para el sur de España se mueven entre mediados-finales de invierno a inicio-mediados de primavera, en función de la climatología y características del año y olivar simulado. Estas fechas son similares a las recomendadas para la región a partir de los ensayos agronómicos antes mencionados, lo que sugiere que el modelo capta y analiza de manera apropiada los principales factores que determinan el balance de agua en olivar y su impacto sobre la transpiración del olivo. No obstante, sigue siendo necesario efectuar una valida-

Oliviero

..recolectar
olivas no es mas
un problema..



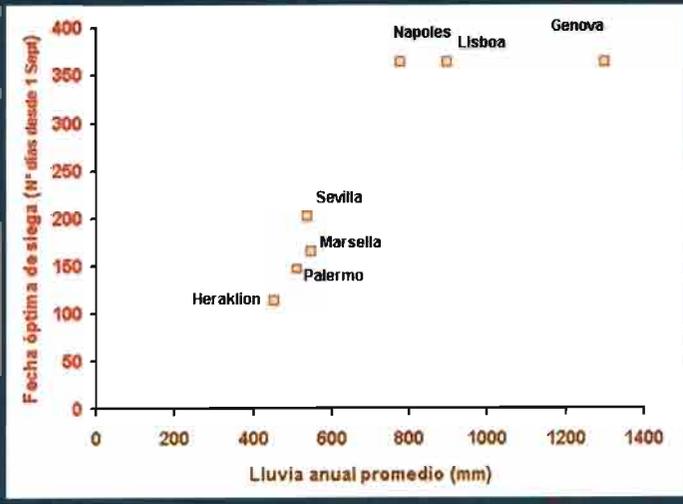
Puntos de ventas Espana

tel. 0039 010 666203 - 0039 0564 625131

fax 0039 0564 621960

info@innovazionetecnologica.com

FIGURA 5.



ción rigurosa de Olivcrop. Éste se presenta como el siguiente paso en el desarrollo del modelo y se pretende hacer a partir de datos publicados de contenido de humedad del suelo en olivares con y sin cubierta de diferentes características en varias localidades. Otra mejora a acometer en breve es su traducción al castellano. En su estado actual de desarrollo, Olivcrop puede utilizarse como una herramienta para establecer orientaciones de fecha de siega para situaciones específicas y estudiar el efecto de variaciones ambientales o de manejo sobre el balance de agua con cubierta. También para evaluar la magnitud de los flujos de las diferentes componentes del balance de agua. Para ilustrar la aplicación de Olivcrop, se muestra un ejemplo en el próximo apartado, adaptado de Castro y Gómez (2006).

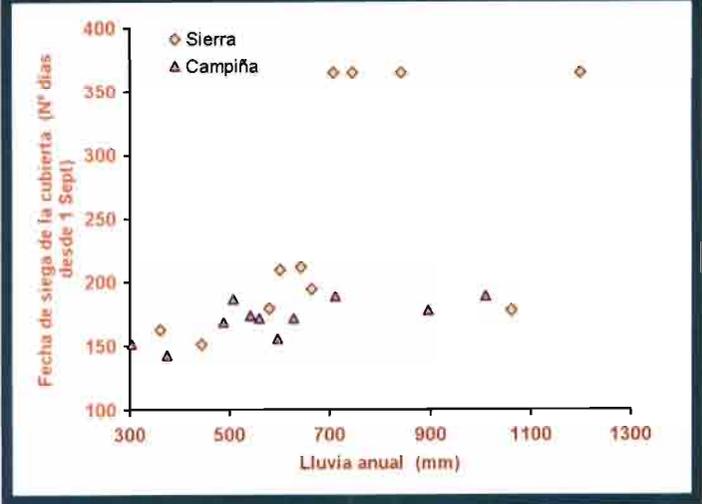
■ Fechas de siega en olivares ecológicos de dos zonas de la provincia de Córdoba

En el marco del proyecto Olivero se definieron los olivares ecológicos situados en la provincia de Córdoba. Uno de los objetivos dentro de dicho proyecto fue evaluar fechas de siega orientativas para las cubiertas, distinguiendo entre diferentes zonas. Como fruto de ese estudio, se delimitaron dos situaciones muy diferentes, resumidas en los olivares ecológicos tipo descritos en el **cuadro I**. La primera son olivares en las zonas de sierra del norte de la provincia, caracterizados por mayores pendientes, menores espesores de suelo, árboles más pequeños y cubiertas compuestas predominantemente por vegetación espontánea. La segunda, denominada campiña, se refiere a olivares situados en la comarca de Baena (o en la cercanía), en pendientes menos elevadas, con suelos más profundos, árboles de mayor tamaño y mayor extensión de cubiertas de gramíneas.

CUADRO I. CARACTERÍSTICAS DE OLIVARES ECOLÓGICOS TIPO EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Área	Marco (m)	Diámetro copa (m)	Profundidad raíces (m)	Textura	Pendiente %
Sierra	9 x 9	4	1,2	Franco-arenosa	25
Campiña	10 x 10	6	2	Franca	15

FIGURA 6.



Para cada una de éstas dos áreas el perfil de suelo representativo fue tomado de Millgroom *et al.* (2006) y Gil *et al.* (2003). En ambos casos se simuló para cada zona con Olivcrop una cubierta vegetal de 4 m de anchura compuesta por vegetación natural en la sierra y de cebada en campiña, fijando automáticamente la fecha de siega cuando las diferencias en contenido de agua del suelo entre el manejo con cubierta y la alternativa basada en laboreo eran mayores de 10 mm. Para la sierra los datos climáticos correspondían a Bélmez (lluvia anual promedio 568 mm y $ET_{Openman\ Monteith}$ anual promedio 1.237 mm). Para campiña correspondían a Albedin (lluvia anual promedio 479 mm y $ET_{Openman\ Monteith}$ anual promedio 1.376 mm). Para simular la variabilidad interanual, se generó una serie de lluvia y evapotranspiración de referencia diarias de 100 años con el simulador climático Cligen (Nicks *et al.*, 1995) calibrado para esas localidades. Para reducir el número de simulaciones, se utilizaron únicamente once años de datos de lluvia y ET_0 seleccionados de manera que abarcaran la variabilidad interanual en precipitación.

La **figura 6** (conviene recordar para su interpretación que 150 días desde el 1 de septiembre corresponden al 31 de enero y 200 días al 20 de marzo) muestra las fechas de siega para los diferentes años simulados para los olivares tipo de la sierra y la campiña. En ella puede observarse cómo para la sierra el modelo no indica necesidad de siega de la cubierta en la mayoría de los años con una lluvia anual por encima de los 700 mm, mientras que para el resto de los años indica una fecha de siega promedio alrededor de mediados de marzo, aunque las fechas particulares para cada año oscilan entre primeros de febrero y principios de abril. Para campiña, Olivcrop indica necesidad de siega incluso en años lluviosos, con una fecha de siega promedio más temprana que en la sierra, alrededor de finales de febrero, oscilando para años particulares entre finales de enero y principios de marzo. Estas diferencias en fecha de siega entre sierra y campiña son explicables por la mayor precipitación y menor ET_0 , menor tamaño de árboles y existencia de una cubierta de vegetación adventicia en sierra, para la que el modelo estima una menor transpiración que para la cebada utilizada como representativa de una cubierta de gramíneas.



Seguramente para muchos es la base de la dieta mediterránea.

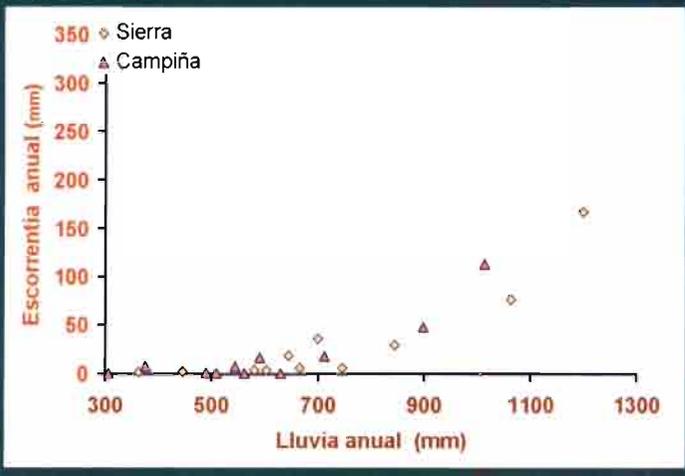
Para nosotros es toda una campaña luchando contra el repilo, la negrilla, el arañuelo...

IQV. Más de 70 años detrás de las mejores cosechas mediterráneas.

En IQV llevamos más de 70 años desarrollando soluciones innovadoras y de calidad para la protección del olivar. Y del resto de cultivos propios del mediterráneo. Por eso hoy podemos ofrecerte un catálogo de futuro con más de 200 referencias. Este empeño por encontrar respuestas cada día más eficaces, unido al dinamismo y a la experiencia de nuestro equipo es lo que nos ha permitido consolidar una gran empresa: hoy IQV está presente en más de 45 países. Y nos hemos ganado la confianza de más de 35.000 agricultores no sólo del área de influencia mediterránea, sino de todo el mundo. Y es que, aunque el mediterráneo forme parte de nuestro espíritu empresarial, nuestra principal vocación es la satisfacción de nuestros clientes. Y eso es algo que no entiende de fronteras.



FIGURA 7.



La **figura 7** muestra la escorrentía anual que Olivcrop calcula para los diferentes olivares tipo en función de la lluvia anual. En ella se observa cómo el manejo con cubierta presenta valores de escorrentía anual bajos para años de lluvia cercana o inferior al promedio anual, siendo importantes sólo para años muy lluviosos. El manejo con cubierta supone una reducción muy significativa de la escorrentía superficial en comparación con la alternativa de laboreo convencional, como indican los resultados de las simulaciones de Olivcrop presentados en la **figura 8**.

El objetivo final de la optimización de la fecha de siega de la cubierta vegetal en olivar es minimizar las pérdidas en agua transpirada por el árbol debido a la competencia de la cubierta. La **figura 9** muestra la relación entre las predicciones de agua transpirada por el olivo en el sistema con cubierta y en el sistema con laboreo efectuadas por Olivcrop para las fechas de siega óptimas presentadas en la **figura 6**. Como puede observarse, están situadas alrededor de la línea 1:1, lo que indica que no existen diferencias en transpiración con respecto al mismo olivar sin cubierta manejado mediante laboreo.

Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, las fechas de siega óptimas determinadas para campiña se sitúan en promedio sobre finales de febrero. Son un poco tempranas

FIGURA 9.

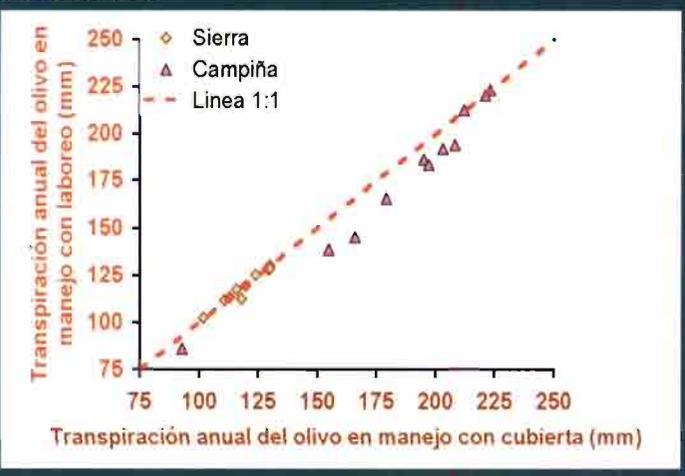
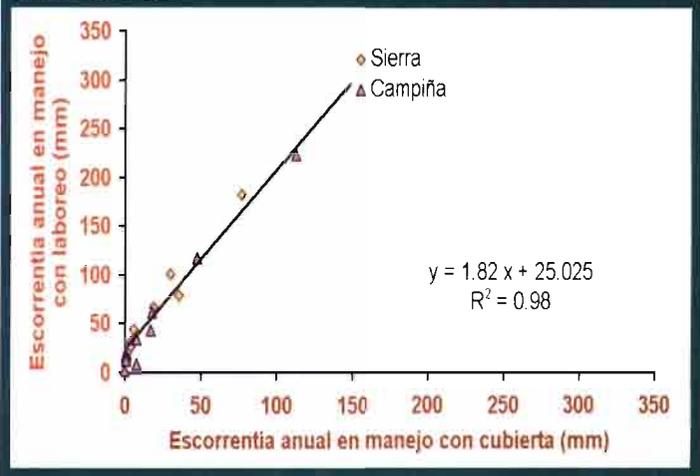


FIGURA 8.



para que la cubierta produzca suficiente biomasa como para que sus residuos mantengan el suelo protegido hasta el crecimiento de la cubierta de nuevo el invierno siguiente. Una alternativa posible es retrasar un poco la fecha de siega de la cubierta asumiendo una pequeña reducción de la transpiración del olivo. Olivcrop permite efectuar el análisis de esa situación realizando simulaciones en que la fecha de siega sea una determinada por el usuario. La **figura 10** muestra el resultado de ese análisis efectuado para campiña, comparando la transpiración entre el sistema con cubierta y el sistema con laboreo para diferentes fechas de siega. Como puede apreciarse, retrasar la fecha de siega al 1 de marzo apenas representa una pérdida significativa en transpiración, mientras que retrasarla hasta el 15 de marzo supone diferencias pequeñas pero que en años secos, aquéllos con menor transpiración, pueden ser importantes, situación que se generaliza para la mayoría de los años en el caso de retrasar la siega hasta el 1 de abril. ■

Bibliografía

Existe una amplia bibliografía a disposición de nuestros lectores, que pueden solicitar en redaccion@eumedia.es

FIGURA 10.

