



# Programación del riego de OLIVAR EN ANDALUCIA

Por:  
Miguel Pastor\*,  
Juan Castro\* y  
Victorino Vega\*



El olivar, un cultivo "muy agradecido" a los riegos.

## • Adaptación del cultivo a las disponibilidades de agua

## • Cálculo de las necesidades de agua

en regadío agravaron aún más el problema legal del reparto del agua en la Cuenca del Guadalquivir, planteándose la necesidad urgente de generar nuevos recursos hídricos, dándose la circunstancia de que a lo largo del año y especialmente en épocas lluviosas, muchos hectómetros cúbicos de agua van a parar al Atlántico, sin que sean aprovechados, siendo probablemente el océano uno de los grandes consumidores de agua en la cuenca.

La productividad del agua de riego en el cultivo del olivo es superior en términos socioeconómicos a la de la mayoría de los cultivos tradicionales de regadío, permitiendo este cultivo obtener un máximo beneficio económico y un máximo empleo de mano de obra por unidad de volumen de agua aplicado.

Ante la situación de déficit estructural en la cuenca, se hacen imprescindibles las medidas destinadas a incrementar la productividad del agua aplicada en los regadíos, y en nuestro caso la del olivar. La mayoría de los estudios coinciden en afirmar que la máxima productividad del agua se alcanza cuando las dotaciones de riego se aproximan a las necesidades máximas de los cultivos.

Una vez aceptada la realidad de las 120.000 hectáreas de olivar cultivado bajo riego en Andalucía, debemos plantearnos cual debe ser la mejor forma de manejar los escasos recursos disponibles, en armonía con todos los usuarios del agua y de acuerdo con el Organismo Regulador de la Cuenca.

Aunque en los últimos 5 años se está realizando por parte de los Organismos Públicos de Investigación (Departamento de Olivicultura de la Consejería de Agricultura y Pesca, C.S.I.C. y Universidad de Cór-

en especial cuando estas se hacen en momentos críticos o en años de muy baja pluviometría.

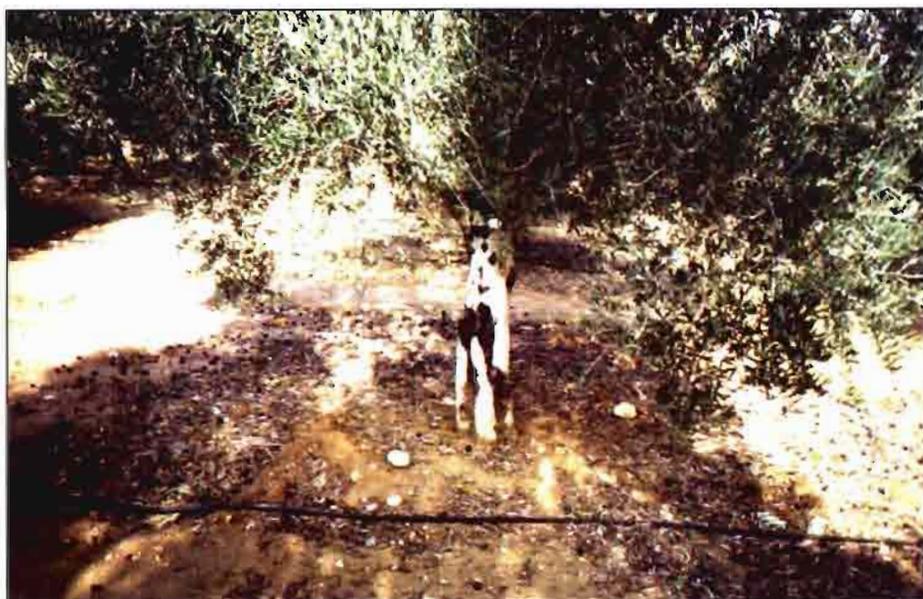
En Andalucía existía tradicionalmente una cierta superficie de olivar regado, pero es en los años noventa y en pleno período de sequía cuando muchos olivieros, tratando de salvar la rentabilidad de sus explotaciones, deciden la transformación en regadío de una importante superficie de olivar, especialmente en algunas comarcas de la provincia de Jaén, muy afectadas por la falta de lluvias. La iniciativa privada invirtió en esta mejora muchos de sus ahorros y de los ingresos generados por la ayudas a la producción de aceite de oliva, tras la adhesión a la UE.

Sin embargo, estas transformaciones

## INTRODUCCIÓN

Aunque el olivo se ha cultivado tradicionalmente en secano en la mayoría de las regiones de la cuenca mediterránea, obteniéndose en estas condiciones producciones aceptables, responde muy favorablemente a las aportaciones de agua de riego,

(\*) Departamento de Olivicultura. Córdoba. Dirección General de Investigación y Formación Agraria. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.



Es importante la eficacia del riego cuando se dispone de poca agua.

doba) un esfuerzo coordinado muy importante para optimizar y racionalizar el manejo del agua en el olivar, la peculiaridad del cultivo hace que no estén definidos aún todos los aspectos. Sin embargo, existe ya una serie de conocimientos que deben ser transferidos al Sector Olivarero, lo que podría mejorar la eficiencia del agua y el manejo de las explotaciones olivícolas de regadío.

Esta corriente de información no debe conducir únicamente hasta los olivicultores, sino que la aplicación de los conocimientos debe hacerse a lo largo de la cadena agricultores-técnicos diseñadores del riego - organismos gestores del agua, lo que a corto plazo acabará posibilitando un adecuado uso y gestión de los escasos recursos disponibles.

A la hora de proyectar la transformación en regadío y las pautas de aplicación de los riegos en los olivares ya transformados, se nos pueden plantear diversos interrogantes:

1.- Cuales son las necesidades de agua para máxima producción y como debe aportarse el agua a lo largo de la campaña.

2.- Qué hacer en situaciones de baja disponibilidad de agua, tanto a nivel de Cuenca como a nivel de explotación.

3.- Sistemas de riego a utilizar en cada situación de disponibilidad de agua y su diseño.

4.- Necesidad de modificación de las prácticas tradicionales de cultivo en secano cuando se hace la transformación en regadío, y qué prácticas pueden ayudar a maximizar la eficiencia en el uso del agua.

En cualquier caso diremos una vez más que siempre hay que tener en cuenta las peculiares características del olivo, especie

que ha evolucionado durante siglos para adaptarse a las condiciones de clima mediterráneo, zona de la que es originario. A las características de la planta debemos adaptar las aportaciones de agua, en especial cuando estas no cubran las necesidades óptimas del cultivo, lo que ocurre en la mayoría de las situaciones. Igualmente es fundamental tener en cuenta las características de los suelos y de la climatología de cada zona, ya que de ellas dependerán igualmente las dotaciones y estrategias a utilizar en nuestros regadíos. En ningún caso deberían dictarse normas genéricas globales para la totalidad del olivar de la cuenca.

### NECESIDADES DE RIEGO PARA MÁXIMA PRODUCCIÓN

El olivo, como todas las plantas superiores funciona como una fábrica de asimilados, en cuyos laboratorios (las hojas) se utiliza la energía solar, el CO<sub>2</sub> atmosférico y el agua del suelo para producir biomasa (madera, ramas, raíces, tallos, nuevas hojas y frutos) mediante fotosíntesis. Para permitir la entrada del CO<sub>2</sub> en su interior, la planta abre los estomas; mientras, el vapor de agua que está saturando los espacios intercelulares de las hojas se pierde a la atmósfera. Esta pérdida de agua es conocida como **transpiración**, y es el coste o impuesto que el cultivo debe pagar para producir la biomasa. Este agua debe ser repuesta a los tejidos mediante extracción del suelo por las raíces. Como consecuencia inmediata, si el contenido de agua en el suelo no es suficiente para reponer todas las pérdidas por transpiración, el cultivo sufre un **déficit hídrico** que altera una serie

## • Uso eficaz del riego en condiciones de baja disponibilidad de agua

## • Consideraciones prácticas de las instalaciones de riego por goteo

de procesos, con cierre de los estomas y descenso en la síntesis de asimilados, con una repercusión final negativa sobre la producción.

Desde la superficie del suelo se produce igualmente una importante pérdida de agua por **evaporación**, proceso que tiene una gran importancia cuantitativa en climas áridos como el nuestro. La suma del agua consumida por la planta en transpiración más el agua evaporada se llama **evapotranspiración del cultivo (ETc)**, y debe ser satisfecha estacionalmente en su totalidad mediante la lluvia y/o el riego, para que no se vea afectada la producción potencial del cultivo.

En el estado actual de conocimientos, el método más recomendado para el cálculo de la **ETc** es el propuesto por FAO (**Doo- renbos y Pruitt, 1977**), mediante la expresión:

$$ETc = ET_o \cdot Kc$$

en donde **ET<sub>o</sub>**, es la denominada evapotranspiración de referencia, que es la evapotranspiración de una pradera de gramíneas con una altura entre 8 y 10 cm que crece sin limitaciones de agua y fertilizantes en el suelo, y sin la incidencia de plagas o enfermedades. La **ET<sub>o</sub>** puede estimarse en base a datos climáticos, utilizando fórmulas empíricas, o bien localmente empleando un tanque evaporimétrico (Tanque Clase A), cuya instalación tiene un coste asequible.

En el Valle del Guadalquivir la expresión de **Penman-FAO** es la que permite estimar **ET<sub>o</sub>** con mayor precisión, pero necesita datos meteorológicos diarios fiables de temperaturas, humedad relativa del aire, velocidad del viento y radiación solar, infor-



mación pocas veces disponible. Sin embargo, la expresión de **Hargreaves**, que utiliza solamente datos termométricos, empleada promediando valores semanales o mejor aún quincenales, permite estimar **ET<sub>o</sub>** con una suficiente precisión como para realizar programas de riego de olivar implantado en suelos con adecuada capacidad de retención y en comarcas en las que no existe influencia marina o vientos dominantes. En estas condiciones, la estimación de **ET<sub>o</sub>** con la expresión de **Hargreaves** puede ser mejor que la obtenida empleando el Tanque Clase A. De cualquier manera la variación estacional **ET<sub>o</sub>** tiene una escasa variación interanual, por lo que incluso sería admisible la utilización de valores medios de la zona, ya que otros parámetros, como la lluvia, nos va a dificultar en mayor medida la programación del riego.

El coeficiente **K<sub>c</sub>** de la ecuación anterior cuantifica el efecto del propio cultivo, y expresa la relación existente entre la evapotranspiración del cultivo cuando este cubre totalmente el suelo y la **ET<sub>o</sub>**. Este coeficiente debe ser determinado experimentalmente en condiciones locales. Para el caso particular del olivo cultivado en el Valle del Guadalquivir **K<sub>c</sub>** no es constante a lo largo del año, variando entre valores máximos en primavera y otoño (**K<sub>c</sub> = 0,60 - 0,65**) y valores mínimos en invierno y verano (**K<sub>c</sub> = 0,55**). Esta sensibilidad del olivo a las condiciones ambientales puede estar relacionada con la sensibilidad de sus estomas a variaciones en la humedad relativa del aire (déficit de presión de vapor), cerrando parcialmente cuando el DPV supera un determinado valor, a pesar de disponer la planta de suficiente cantidad de agua en el suelo.

Las estimaciones de **ET<sub>c</sub>** mediante la expresión anterior pueden ser válidas para olivares de gran desarrollo y con cobertura del suelo por la copa del árbol superiores al 50%, situación que no se presenta en la mayoría de las plantaciones, en especial en los casos de olivares jóvenes en crecimiento o con densidades tradicionales. Para coberturas inferiores, la estimación de **ET<sub>c</sub>** habría que hacerla en base a la expresión:

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \cdot K_r \quad (1)$$

El coeficiente **K<sub>r</sub>** cuantifica el desarrollo del cultivo. Al no disponerse aún de información para el caso del olivar, este coeficiente reductor **K<sub>r</sub>** podría estimarse de forma aproximada utilizando la relación que **Ferres y col. (1981)** encontraron para el almendro:

$$K_r = 2 \times Sc / 100 \quad (2)$$

El porcentaje de **suelo cubierto (Sc)** se calcula en función del diámetro medio de la copa de los olivos de la plantación a regar, **D** metros, y de la densidad de plantación **N** (olivos/ha), aplicando la expresión:

$$Sc = \frac{(\pi \cdot D^2 \cdot N)}{4 \cdot 100}$$

Para olivares con **Sc** mayor del 50% se utilizará un **K<sub>r</sub>** igual a 1.

La dosis calculada mediante la expresión (1) habría que incrementarla en una fracción proporcional a la falta de uniformidad de la aplicación y de la eficiencia del sistema. En el caso en que se empleen aguas salinas, habría que aumentar igualmente las necesidades para lograr el lavado de las sales.

Para las condiciones del Valle del Guadalquivir se obtienen valores muy variables de **ET<sub>c</sub>** en función de las condiciones locales de clima (demanda evaporativa de la atmósfera) y del tipo de plantación (tradicional; intensiva; sistema de poda; volumen de copa, etc.).

Así, en olivares con marcos tradicionales de las zonas frías de Jaén y Granada, en las que la **ET<sub>o</sub>** anual alcanza valores entre

• **Dosis de 2.000 a 3.000 m<sup>3</sup>/ha, según densidades de plantación, parecen recomendables**

1.100-1.200 mm, la **ET<sub>c</sub>** puede estimarse en 400-450 mm/año, mientras que en olivares intensivos de las zonas más cálidas, con **ET<sub>o</sub>** anual de 1.400 - 1.500 mm, la **ET<sub>c</sub>** puede superar los 800 mm. Igualmente existe una marcada variación estacional, pudiendo oscilar la **ET<sub>c</sub>** en una determinada localidad entre valores aproximados de 0,5 mm/día en enero y 2,8 mm/día en julio.

Una vez que hemos calculado las necesidades, el suministro del agua al cultivo se realizará mediante la lluvia y las aportaciones de riego. Empleando una instalación muy bien diseñada, las necesidades de riego vendrían dadas por la expresión:

$$R = ET_c - Pe$$

siendo **R** la cantidad de riego a aportar (mm) y **Pe** la lluvia efectiva (mm), que es la cantidad de agua de lluvia que se infiltra en el suelo y que queda a disposición de la planta, siendo necesario regar en los periodos

secos o en los que a pesar de producirse lluvias **ET<sub>c</sub>** es mayor que **Pe**.

Para la estimación de la fracción de la precipitación que realmente ha sido efectiva después de producirse una lluvia, lo correcto sería medir la variación del contenido de agua en el suelo antes y después de dicha lluvia, lo que solo es posible en parcelas experimentales, y no siempre. Existen multitud de métodos para la estimación de **Pe**, todos ellos son poco exactos, por lo que podría estimarse, a efectos de planificación, con casi igual precisión, como el 70% de la lluvia total producida, despreciando las lluvias de escasa intensidad o incluso las ocurridas en verano.

En la mayoría de los cultivos no se tiene en cuenta a efectos de la programación de los riegos, la cantidad de agua almacenada en el suelo (**reserva**) durante el periodo lluvioso, agua que se considera como un *colchón de seguridad*. Sin embargo, en nuestras condiciones es muy recomendable emplear la reserva en la programación de los riegos de olivar, ya que la reserva puede cubrir una fracción muy importante de las necesidades del cultivo (50 - 65%).

Para ello, para la programación del riego a lo largo de la campaña es de suma importancia la cuantificación de la **reserva** a final del invierno, para la capa de suelo explorada por las raíces del olivo. En este momento ya se habrá producido aproximadamente el 70% de la pluviometría total anual. A partir de este dato, podemos establecer con cierta precisión un programa anual de riego en el que a partir de los datos de **ET<sub>o</sub>**, y pluviometría eficaz (**Pe**), nos planteemos agotar la reserva hasta un nivel denominado de **agotamiento permisible (NAP)**, que podría definirse como el contenido de agua del suelo por debajo del cual es previsible que el cultivo empiece a reducir su tasa de transpiración, y por tanto su crecimiento y producción. El **NAP** no tiene un valor único, sino que en función de la sensibilidad del cultivo al déficit hídrico puede tomar distintos valores, dependiendo del método de riego, de la demanda evaporativa de la atmósfera y del tipo de suelo. Para el caso del olivo el **NAP** podría estimarse como el 70-75% del agua útil, aplicando la expresión:

$$NAP = 0,75 \text{ (Capacidad campo-Punto de marchitamiento permanente)}$$

Este agua podrá consumirse como complemento al riego a lo largo de la estación, siendo más recomendable programar su consumo en la época de máxima demanda (verano), de modo que los volúmenes de agua manejados por hectárea sean mínimos, lo que permitirá que con un determinado caudal podamos regar una máxima superficie, así como abaratar las instalaciones de riego.

Como se ha dicho, el suelo tiene una influencia muy importante en la programa-

# Las soluciones de ARAGONESAS para el OLIVAR



## TOPANEX®

El triple herbicida de contacto y efecto remanente. Con una sólo aplicación controla las MALAS HIERBAS anuales ya nacidas (incluso las más difíciles), y además se impiden nascencias posteriores. Se puede tratar en bandas, a todo el terreno, o solamente los ruedos:

**GRAN EFICACIA**  
**EFFECTO REMANENTE**  
**FACILIDAD DE TRATAMIENTO**



## TRICUPROXI

El triple fungicida contra REPILO. Su formulación, con una GRAN FINURA DE PARTÍCULAS, contiene un aditivo de intenso color azul que contribuye a potenciar la acción de sus materias activas, confiriéndole:

**GRAN EFICACIA**  
**GRAN PERSISTENCIA**  
**COLOR AZUL INTENSO**



## GOEMAR OLIVOS

El bioestimulante con "ELICITORES", activador y regulador del crecimiento vegetal para el olivo:

**MAYOR BROTACIÓN**  
**MÁS PRODUCCIÓN DE ACEITUNAS**  
**MAYOR CANTIDAD DE ACEITE**



**ARAGONESAS AGRO, S.A.**  
Paseo de Recoletos, 27  
28004 MADRID



ción del riego cuando pensamos utilizar la **reserva**, dependiendo ésta de su **profundidad** y de su **textura**, fundamentalmente. Así, en los suelos arcillosos la **reserva** utilizable es muy superior a la de los suelos ligeros, por lo que previsiblemente las necesidades de agua de riego en estos suelos deben ser sensiblemente mayores.

## EJEMPLO DE CALCULO DE LAS NECESIDADES DE AGUA PARA MAXIMA PRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, vamos a calcular las necesidades de agua de riego de un olivar en la zona de La Loma (Jaén). Suponemos un suelo tipo medio de la comarca, con una capacidad de almacenamiento de agua (**agua útil**) igual a 210 mm, por lo que la máxima cantidad de agua que podríamos extraer del perfil hasta el **NAP** sería de unos 157 mm. Suponemos que el cálculo (**Tabla 1**) lo hacemos para un año medio de 505 mm de pluviometría, con unos valores medios mensuales de **ET<sub>o</sub>** y **Pe** que presentamos en dicha Tabla.

El olivar que vamos a regar está plantado a marco 10x10 m (100 olivos/ha) y el tamaño de los árboles expresado como volumen de copa es 12.000 m<sup>3</sup>/ha. Unos simples cálculos geométricos considerando el árbol como un casquete esférico con relación diámetro/altura igual a 1,33 nos permiten determinar la superficie de suelo cubierto por la copa del olivo, que en nuestro caso sería de 35,57 m<sup>2</sup>/árbol, por lo que la cobertura sería 3.557 m<sup>2</sup>/ha (=35,57%). Como vimos anteriormente a este valor según la expresión (2) corresponde un **K<sub>r</sub>** = **0,71**. En la **Tabla 1** mostramos igualmente los valores de **K<sub>c</sub>** recomendados mensualmente para el Valle del Guadalquivir. En una programación para un año concreto, habría que utilizar los valores reales de reserva, determinación a realizar a final de marzo en base a las lluvias realmente acontecidas y a su eficacia. En dicha Tabla calculamos mensualmente las necesidades del cultivo (**ET<sub>c</sub>**) utilizando la expresión (1). Una vez deducidos de **ET<sub>c</sub>** los valores de **Pe** conoceremos igualmente las necesidades mensuales de riego, así como el agua teóricamente acumulada en el terreno que constituirá la reserva (cuando **Pe > ET<sub>c</sub>**). Tal como se dijo anteriormente, esta **reserva** puede ser consumida por el olivo solo hasta el **NAP** en los meses de máximas necesidades. En nuestro caso la **reserva** útil en el año medio sería de 142 mm, que es algo inferior al **NAP** (157 mm).

En la **Tabla 2** se hace una programación mensual del riego, contemplándose en ella la posibilidad o no de utilizar la **reserva** de agua del suelo. Como vemos en dicha Tabla, si no utilizáramos la **reserva** para regar el olivar del ejemplo sería necesario aportar anualmente 2.954 m<sup>3</sup>/ha, con riegos

diarios en el mes de máximas necesidades de 246 L/olivo.día, lo cual obligaría a disponer de un caudal de **0,44 L/s.ha** en una instalación en la que se dispusiera de 4 emisores de 4 L/hora por olivo. Normalmente no

se dispone de estos caudales, por lo que si aplicamos esta metodología de programación se podría regar una pequeña superficie, y no aprovecharíamos eficientemente el agua de lluvia.

**TABLA 1. Cálculo de las necesidades de agua para un olivar plantado a marco 10 x 10 m. (100 olivos/ha) con un volumen de copa de 12.000 m<sup>3</sup>/ha en la localidad de Villacarrillo.**

	<i>ET<sub>o</sub></i>	<i>P<sub>efect</sub></i>	<i>K<sub>r</sub></i> (1)	<i>K<sub>c</sub></i>	<i>ET<sub>c</sub></i> (2)	<i>ET<sub>c</sub> - P<sub>efect</sub></i>	<i>Reserva agua suelo</i>
		mm / día			mm / día	mm / día	mm / mes (3)
ENERO	0.86	1.45	0.71	0.50	0.30	-1.14	35
FEBRERO	1.40	1.68	0.71	0.50	0.50	-1.18	33
MARZO	2.30	1.49	0.71	0.65	1.06	-0.43	13
ABRIL	3.50	1.17	0.71	0.60	1.49	0.33	
MAYO	4.90	0.84	0.71	0.55	1.92	1.08	
JUNIO	5.73		0.71	0.55	2.24	2.24	
JULIO	6.29		0.71	0.55	2.46	2.46	
AGOSTO	5.23		0.71	0.55	2.05	2.05	
SEPTIEMBRE	3.83		0.71	0.55	1.50	1.50	
OCTUBRE	2.28	1.02	0.71	0.60	0.97	-0.04	1
NOVIEMBRE	1.18	1.21	0.71	0.65	0.55	-0.67	20
DICIEMBRE	0.79	1.56	0.71	0.50	0.28	-1.28	40
ANUAL					468	295	142

(1) Volumen de copa = 12.000 m<sup>3</sup>/ha. Diámetro medio = 6,73 m.  
Superficie cubierta = 35,57 m<sup>2</sup>/olivo = 3.557 m<sup>2</sup>/ha 35,5%  
 $K_r = 2 \times S_c / 100 = 2 \times 35,5 / 100 = 0,71$

(2)  $E_{tc} = K_r \times K_c \times E_{to}$

(3) Reserva = (Etc-Perfect) x n° de días

**TABLA 2. Programación del riego en un olivar con 100 olivos/ha y un volumen de copa de 12.000 m<sup>3</sup>/ha en la localidad de Villacarrillo en función de la utilización o no de la reserva de agua acumulada en el suelo durante la estación lluviosa.**

	SIN UTILIZAR RESERVA DEL SUELO		UTILIZANDO RESERVA DEL SUELO	
	RIEGO (1) l / oliv.día	RESERVA mm.	RIEGO (2) l / oliv.día	RESERV.DISP mm.
ENERO		96		96
FEBRERO		129		129
MARZO		143	105	143
ABRIL	33	143	105	129
MAYO	108	143	105	128
JUNIO	224	143	105	92
JULIO	246	143	105	49
AGOSTO	205	143	105	18
SEPTIEMBRE	150	143	105	0
OCTUBRE		1		1
NOVIEMBRE		21		21
DICIEMBRE		61		61
l / olivo. / año	29538		22470	
m <sup>3</sup> / ha . año	2954		2247	

1) Riego sin agotar reserva = ( Etc - Pefect ) x S (m<sup>2</sup> / olivo )

2) La reserva se agota solamente hasta el NAP

Otra posibilidad sería utilizar la **reserva**, pero programar el riego de modo que empecemos a regar a partir del momento en que hayamos agotado los 142 mm de reserva, hecho que en el año medio se produciría aproximadamente a partir de la última semana del mes junio. Esta forma de regar no permitiría reducir los caudales punta demandados en julio. Pensamos que sería mucho más racional programar una estrategia de riego diario con una moderada dotación durante un largo período de riegos, de modo que el olivo podría satisfacer sus necesidades de agua consumiendo simultáneamente parte del agua de la reserva del suelo y las aportaciones de riego. En la **Tabla 2** mostramos también esta posibilidad, planteando la aportación de **105 L/olivo.día** en el período marzo-octubre, de modo que a 30 de septiembre hayamos agotado el suelo hasta el NAP. Esta estrategia nos permitiría plantear una dotación anual de agua de **2.247 m<sup>3</sup>/ha**, con un caudal continuo de **0,15 L/s.ha**, lo que igualmente permite abaratar la instalación al ser necesaria una red de tuberías de diámetro sensiblemente menor.

Hemos planteado este ejemplo para un olivar con **volumen de copa** de 12.000 m<sup>3</sup>/ha. De acuerdo con la expresión (2), podríamos reducir las necesidades de agua del olivar realizando una poda severa que reduzca el volumen de copa de los árboles, o incluso altere su frondosidad, es decir el índice de área foliar. Así, para dicho olivar y para el supuesto de emplear la reserva disponible a final de invierno, las necesidades anuales de riego en función del volumen de copa serían las siguientes:

Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Riego (m <sup>3</sup> /ha)
8.000	1.155
10.000	1.725
12.000	2.247
15.000	3.015

Por otro lado, la **densidad de plantación** del olivar puede influir igualmente sobre las necesidades de agua. Para un mismo volumen de copa por hectárea densidades mayores pueden proporcionar una mayor cobertura del terreno, por lo que en la expresión (1) habría que aplicar un valor de **Kr** sensiblemente mayor, tal como se calcula a partir de (2), resultando de este modo unas mayores necesidades de agua de riego. Así, para las citadas condiciones, y en función del volumen de copa y de densidades de plantación (100 y 200 olivos/ha), las necesidades de riego para un olivar adulto podrían ser las que a continuación se detallan en la tabla 3.

### RIEGO EN CONDICIONES DE BAJA DISPONIBILIDAD DE AGUA

Hasta ahora hemos aprendido a calcu-

lar las necesidades de agua con la finalidad de obtener la máxima producción, sin embargo, la situación de disponibilidad limitada de agua raramente se da en las zonas olivereras, por lo que normalmente se plantean serias dudas a varios niveles. Por un lado para los Gestores del Agua en la Cuenca, por otro para el Olivarero. Para los primeros, en el aprovechamiento de un determinado volumen de recurso una solución puede ser limitar la superficie regada, otorgando concesiones con dotaciones que cubran las máximas necesidades; otra, reducir la dotación por hectárea, permitiendo el riego a una mayor superficie.

También podría plantearse el riego

superficie **S** con una dosis **D** de agua o regar una superficie **2S** con una dotación **D/2**.

### CICLO DEL OLIVO CON RELACION AL CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO

Para establecer estrategias de riego deficitario es imprescindible conocer antes el ciclo vegetativo del olivo con relación a las disponibilidades de agua en el suelo. La **Figura 1** muestra esta evolución en un suelo profundo arcilloso, en un año de pluviometría normal, gráfico en el que se muestran además los valores de agua del suelo correspondientes al **PMP**, **CC** y **NAP**.

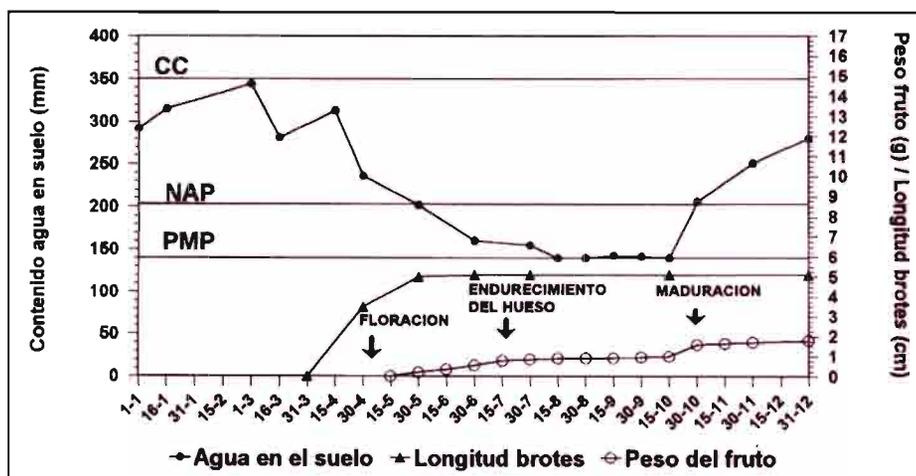
TABLA 3

Volumen de copa (m <sup>3</sup> /ha)	Riego (m <sup>3</sup> /ha)	
	100 ol/ha	200 ol/ha
8.000	1.155	1.575
10.000	1.725	2.215
12.000	2.247	2.795
15.000	3.015	3.575

cuando el agua no se utiliza para otros usos, aprovechando las aguas de escorrentía no reguladas. Como se dijo al principio, lo deseable sería aumentar las disponibilidades, pero ello no es fácil de resolver a corto plazo ya que se requerirían tiempo e importantes inversiones estatales. Para el olivarero la situación sería parecida, ya que si dispone anualmente de una cantidad de agua para su explotación, su duda es regar una

Vemos que excepto en inviernos muy secos, normalmente no sería necesario aportar agua hasta bien entrada la primavera, produciéndose la brotación y floración sin déficit hídrico para el olivo. Sin embargo, a principio de verano, el contenido de agua en el suelo puede descender por debajo del **NAP** si no se produjesen nuevas lluvias, lo que ocasionaría un **déficit hídrico** que podría limitar el crecimiento de los brotes y

**FIGURA 1:** Evolución anual del contenido de agua en el suelo, del crecimiento de los brotes y del peso del fruto, en un olivar intensivo del término de La Rambla (Córdoba), que vegeta sobre un suelo arcilloso típico. Se indican asimismo los valores de capacidad de campo (CC), punto de marchitamiento permanente (PMP) y nivel de agotamiento permanente correspondiente a este suelo.





## OLIVAR • ANDALUCIA Y CATALUÑA

del fruto, por lo que a partir de este momento habría que recurrir al riego, o mejor aún, comenzar a regar antes de que se produjera esta deficiencia. Otro momento en el que el olivo es tremendamente sensible al **déficit hídrico** es final verano-otoño, época en la que el crecimiento de la aceituna es máximo y en la que la formación de aceite es mayor, afectando la sequía muy negativamente al rendimiento graso de los frutos.

### RIEGO EN OTOÑO-INVIERNO

Afrontaremos en primer lugar la posibilidad de regar en épocas en las que el agua no se emplea para otros usos o cultivos, es decir en el período otoño/invierno. Indudablemente es una posibilidad con un interés mucho más político que agronómico en la situación actual, pero esta posibilidad hay que matizarla.

Para que esta práctica sea eficaz se necesita en primer lugar contar con un **suelo con gran capacidad de retención de agua** y con **profundidad** suficiente como para almacenar una adecuada cantidad de agua, que más tarde pueda ser empleada por el olivo durante la estación seca; y en segundo lugar, un sistema de aplicación del agua que garantice una distribución homogénea en toda la superficie. Realmente en estas condiciones se han obtenido unos resultados muy interesantes (**Figura 2**) en un ensayo planteado a largo plazo (10 años) por la Estación de Olivicultura de Jaén utilizando un sistema de riego con **cobertura total** (aspersión), habiéndose logrado con riegos de invierno con una dotación de 100 mm aumentos medios de producción algo superiores al 50%. En un segundo tratamiento en el que además del riego de invierno se dió un segundo riego de 100 mm a principio de otoño, las producciones aumentaron en un 72% con respecto al secano. Sin embargo, no deberíamos ser demasiado optimistas con estos resultados, ya que el ensayo se realizó en una zona muy seca (pluviometría media 350 mm), obteniéndose respuestas positivas fundamentalmente en los años más secos. En estos años las disponibilidades de agua de lluvia son también escasas, existiendo problemas de suministro incluso en invierno. A continuación discutimos la problemática de este tipo de riegos, así como sus limitaciones.

La capacidad de un suelo para almacenar agua no es ilimitada, y una vez superada su capacidad de campo comienzan las pérdidas por drenaje hacia capas no exploradas por las raíces, o escorrentías superficiales que agravarían el problema de la erosión. Por tanto, en años lluviosos la cantidad de agua que es posible aportar al olivar en invierno es realmente limitada. Además, el mantenimiento del suelo a saturación durante largos periodos de tiempo puede

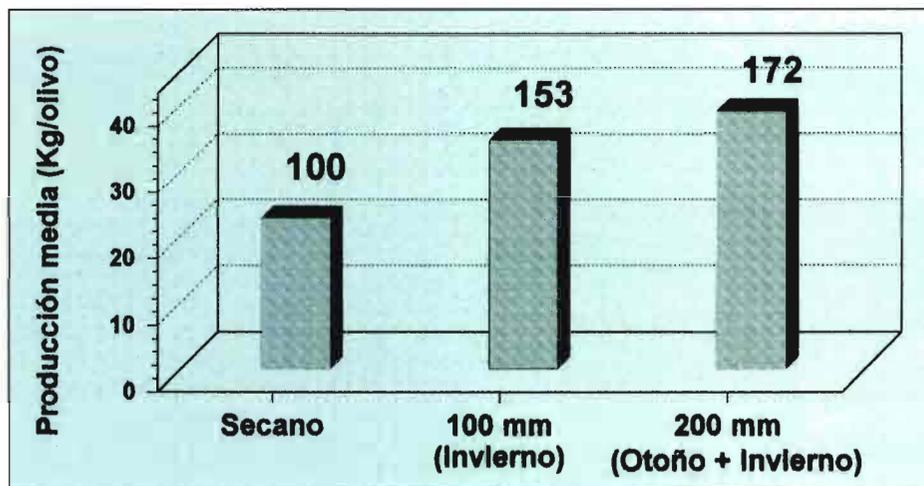
acabar causando daños irreversibles al olivar, como ha ocurrido en muchos olivares regados en exceso en los inviernos de 1.996 y 1.997, ante la incertidumbre de poder regar durante el verano.

La capacidad del suelo para almacenar agua es algunos años relativamente grande, pero siempre que utilicemos para ello la totalidad del suelo, para lo cual son necesarias las instalaciones de cobertura total (riego aspersión o superficie), pero sería utópico con las instalaciones existentes de riego por goteo, en las que en la mayoría de los casos se cuenta nada más que con dos emisores por olivo.

Finalmente con aplicación del agua de riego por goteo en otoño/invierno y con un

largo período de secano (mayo-septiembre), como se propone en la actualidad en las concesiones de agua, podrían provocarse en la mayoría de los suelos graves problemas de estrés hídrico a final del verano, momento extremadamente crítico, una vez agotado el perfil, que podría incidir negativamente sobre el crecimiento de los frutos, si no se produjeran unas tempranas lluvias otoñales. La aplicación de algún **riego de socorro** en julio/agosto que permita a los árboles mantener suficiente actividad sin caer en un marcado **estrés hídrico** es una recomendación obligada. Además, la posibilidad de adelantar la fecha de comienzo de los riegos de otoño sería fundamental. Por otro lado, el aumento del número de

**Figura 2:** Producciones medias e índices de producción obtenidas durante 10 años en un ensayo realizado por la Estación de Olivicultura en Mengibar (Jaén). El agua fue aplicada mediante un sistema de aspersión con cobertura total, con las dotaciones de riego y en las épocas que se señalan.



Hay que aceptar el riego deficitario ante las limitadas disponibilidades de agua en la Cuenca del Guadalquivir.

# Challenger



## MAXIMA FUERZA DE TRACCION CON EL MAXIMO CUIDADO DEL SUELO

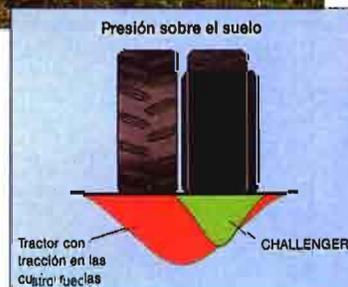
**D**esde el comienzo de la mecanización en la agricultura la tarea de convertir la fuerza del motor de un tractor en fuerza de tracción asume un papel importante. Muchos

ejemplos, tales como las ruedas de rejilla, los neumáticos gemelos, los neumáticos anchos, la tracción en las cuatro ruedas, etc. demuestran estos esfuerzos.

También en otros campos se han buscado soluciones para este problema. En la industria de la construcción, por ejemplo, se utilizan orugas de acero para potentes máquinas para el movimiento de tierras.

El sistema Mobil-Trac –con orugas de goma resistentes al desgaste– combina de manera ideal las ventajas de la rueda con neumático con las de la oruga. El CHALLENGER de CLAAS es la solución óptima para la agricultura cuando se trata de conseguir la máxima fuerza de tracción con una presión sobre el suelo y un deslizamiento mínimos.

Si a ello le unimos una cabina única por espacio y confort, una técnica puntera que consigue la máxima fuerza de tracción en el campo, las más avanzadas medidas de seguridad y un equipamiento excelente, descubriremos por qué el CHALLENGER es la máquina que sienta nuevas normas para los trabajos de tracción agrícolas pesados.



**CLAAS IBERICA**

Ctra. Nacional II, Km. 24 • 28850 Torrejón de Ardoz (Madrid) • Telf.: 655 91 52



puntos de aplicación de agua, que en las actuales instalaciones podría hacerse con bajo coste, mejoraría la eficacia de este tipo de riego impuesto por las circunstancias.

### RIEGO CONTINUADO CON BAJAS DOTACIONES DE AGUA

Otra posibilidad, más aconsejable desde el punto de vista técnico para optimizar la aplicación de las escasas disponibilidades de agua de la Cuenca y especialmente cuando se utilizan recursos subterráneos, podría ser la aportación, durante un largo periodo de tiempo y con gran frecuencia, de pequeñas cantidades de agua, tratando de cubrir las necesidades del cultivo a partir de la **reserva** y de estas limitadas aportaciones de agua de riego. Cabría preguntarnos, a la hora de planificar los riegos, hasta qué nivel podríamos limitar la **ETc**, y qué pérdidas de producción ello nos ocasionaría. No disponemos todavía de esa información, y con financiación de la Consejería de Agricultura y del MAPA se trabaja en la actualidad para tratar de determinar la respuesta del olivo a distintos niveles de **ETc** con relación a olivar regado para cubrir la **ETc máxima**. Mientras tanto tendremos que seguir haciendo especulaciones, en las que deberíamos ser muy prudentes.

Tratando de hacer una primera aproximación, durante cinco años (periodo 1992-1996) y en base a los datos climatológicos medios de la zona (**ETo = 1.200 mm**), hemos realizado en Santisteban del Puerto (Jaén) un experimento (**Figura 3**) en un olivar tradicional con 80 olivos/ha en el que frente a un olivar de secano no regado y frente a un olivar regado empleando las dosis óptimas calculadas aplicando el método FAO sin utilizar la reserva (3000 m<sup>3</sup>/ha), hemos aplicado anualmente durante 8 meses (marzo-octubre) dotaciones de

agua de 80 L/día (1.500 m<sup>3</sup>/ha) y durante 7 meses (abril-octubre) 120 litros/día (2.000 m<sup>3</sup>/ha), dotación que en éste último caso y en el año medio debe cubrir las necesidades de agua del cultivo sin agotar el suelo por debajo del NAP y, por lo tanto sin que se prevea afectar negativamente a la producción (**Figura 4**).

En una comunicación de nuestro equipo se presenta información exhaustiva de los resultados obtenidos en este ensayo, sin embargo, junto con las producciones medias de aceite obtenidas (**Figura 5**), creemos de interés reflejar en este artículo las conclusiones más importantes.

Se confirma una vez más que el riego es una práctica de cultivo que permite aumentar la producción del olivar, incluso a dosis relativamente modestas con respecto a las empleadas en otros cultivos. El riego ha aumentado en todos los tratamientos el volumen de copa de los árboles, así como el índice de área foliar, lo que ha permitido, con respecto a la situación de secano, aumentar el número de frutos producidos así como el tamaño de las aceitunas, lo que se ha traducido en un espectacular aumento de producción de aceite (98% en el tratamiento con menor cantidad de riego con respecto al control) y del rendimiento graso de las aceitunas. Si consideramos la lluvia, el tratamiento de 120 L/día (2.000 m<sup>3</sup>/ha) es el que ha proporcionado una mayor eficiencia en el uso del agua, resultando rentable regar con esta cantidad con respecto al olivar al que se ha aportado 1.500 m<sup>3</sup>/ha.año. Como ya anticipamos, la máxima productividad del agua se alcanza cuando las dotaciones de riego se aproximan a las necesidades máximas de estos, por lo que en situaciones de baja disponibilidad de agua, y en las condiciones en las que se ha realizado el ensayo, parece recomendable regar con

la dosis propuesta (2.000 m<sup>3</sup>/ha) utilizando la reserva de agua en el suelo, cubriendo de esta forma las necesidades máximas del cultivo, sin necesidad de aplicar un volumen de agua superior, tal como se ha realizado en el programa denominado FAO. La aplicación de 1.500 m<sup>3</sup>/ha, muy inferior a la dosis óptima, permitiría abastecer una superficie sensiblemente mayor, proporcionando una producción aceptable en olivar tradicional.

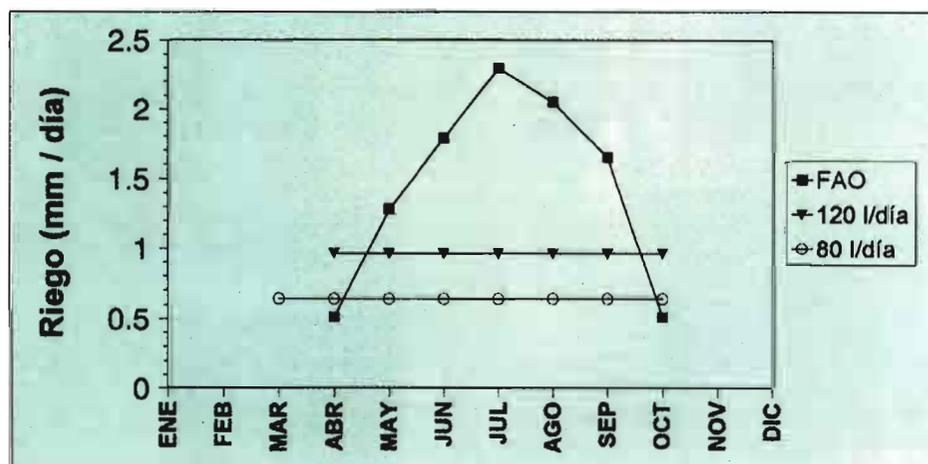
Esta recomendación queda confirmada plenamente por un ensayo realizado en la localidad de Colomera (Prov. de Granada) por **Martínez Raya y col. (1997)** también en el que en el período 1.993-95 obtuvieron una significativa respuesta al riego, siendo el olivar que recibió 2.000 m<sup>3</sup>/ha en el que se obtuvo la mayor producción y eficacia por el uso del agua, multiplicándose por 6 la cosecha con respecto al secano.

Programas de riego deficitario aplicando cantidades constantes de agua durante un largo periodo de tiempo, además de ser fáciles de aplicar por el agricultor, permiten abaratar las instalaciones de riego, así como aumentar la superficie regada cuando se dispone de pequeños caudales. En nuestro caso (olivar adulto con 80 Olivos/ha), con un litro por segundo y sectorizando podrían regarse 11 hectáreas con el programa de 80 L/día, y 8 hectáreas con el de 120 L/día utilizando una instalación que permita aplicar 16 litros/hora por olivo. En la situación del ensayo (suelo profundo y aceptable pluviometría media en el período otoño-invierno), la utilización de la reserva de agua del suelo en la programación del riego parece muy recomendable.

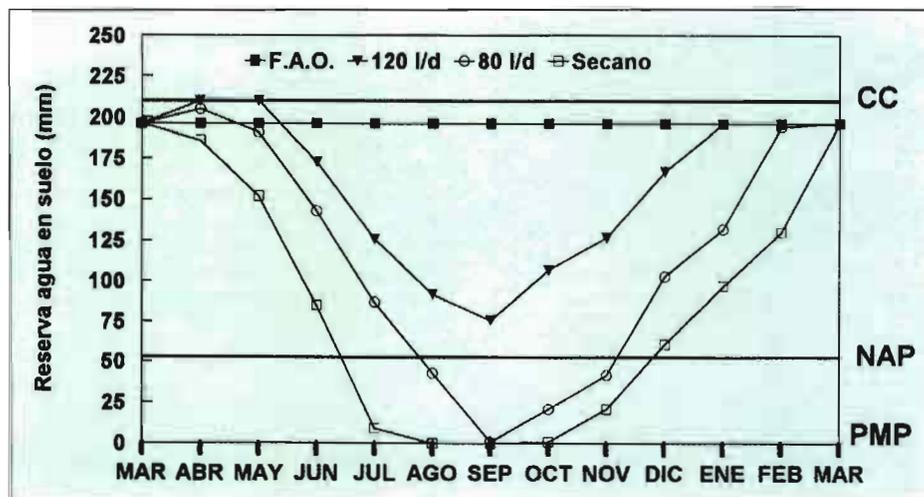
En años con pluviometría media de unos 500 mm, en el olivar tradicional de Jaén y Granada (**ETo = 1.200 mm**), una dosis de 2.000 m<sup>3</sup>/ha parece ser la recomendable en una primera aproximación. En densidades de plantación superiores, la dosis de agua debe ser incrementada sensiblemente, unos 3.000 m<sup>3</sup>/ha para 200 olivos/ha. En inviernos de pluviometría anormalmente baja sería recomendable adelantar a febrero el inicio de los riegos, manteniendo, en principio, las dosis utilizadas en el ensayo. Podas severas que reduzcan drásticamente el volumen de copa o el índice de área foliar reducen el consumo por los árboles, pero afectan también negativamente a la producción del olivo. En zonas más cálidas con valores de **ETo** superiores habría que corregir al alza las dosis recomendadas.

En ambientes en los que la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, o la pluviometría media anual sean sensiblemente inferiores a la de las zonas estudiadas, no es aplicable la estrategia de riego propuesta. Es necesario adaptar los programas de riego a las condiciones particulares de cada tipo de suelo y año.

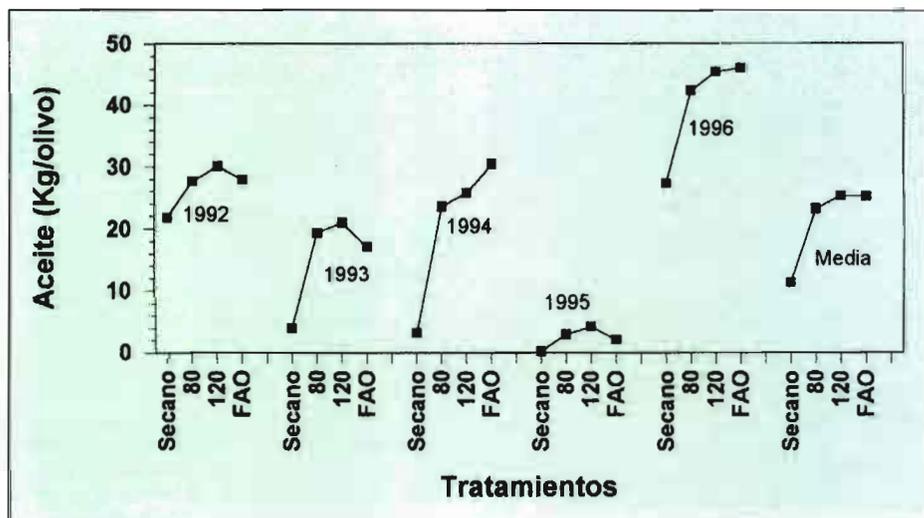
**Figura 3:** Programas de riego (mm/día) aplicados a un olivar tradicional en el ensayo de Santisteban del Puerto para cada uno de los diferentes tratamientos comparados.



**Figura 4:** Evolución mensual de la reserva teórica de agua en el suelo, para un año medio y para cada uno de los tratamientos de riego aplicados en el ensayo de Santisteban del Puerto.



**Figura 5:** Producciones de aceite por olivo obtenidas anualmente en cada tratamiento de riego (Ver Figura 3) en el ensayo de Santisteban del Puerto. Las aportaciones anuales de riego fueron FAO (3.000 m<sup>3</sup>/ha), 80 (1.500 m<sup>3</sup>/ha) y 120 (2.000 m<sup>3</sup>/ha).



### SISTEMAS DE RIEGO A UTILIZAR Y DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

En condiciones de disponibilidades de agua limitadas, no cabe duda que deberíamos inclinarnos por utilizar sistemas de riego que permitan obtener la máxima eficiencia, lección que tienen muy bien aprendida nuestros olivareros que, en la gran mayoría de las instalaciones, se han inclinado por el sistema de riego localizado (goteo o microaspersión de alta frecuencia), cuya gran ventaja es el ahorro de agua. Ilustrativo es un trabajo realizado por **Le Bourdelles y col. (1983)** en la isla de Córcega durante 8 años en el que se compararon las producciones de olivares regados por goteo y aspersión, en los que las dotaciones de rie-

go fueron 2.360 m<sup>3</sup>/ha y 3.670 m<sup>3</sup>/ha y año respectivamente. Además del ahorro de agua, las cosechas medias en goteo aumentaron en un 7%. Los citados autores recomiendan asimismo que en la programación de riegos se empleen valores del coeficiente de cultivo (**Kc**) iguales a 0,6 - 0,8 - 1,0 cuando el sistema de riego empleado sea goteo, aspersión o de superficie respectivamente, lo cual ilustra por sí mismo la importancia del sistema de aplicación del agua.

Decididos por las instalaciones de riego por goteo, un aspecto muy importante es el del número de goteros a instalar en cada olivo. En las zonas olivareras lo normal ha sido instalar dos emisores o puntos de suministro

de agua por árbol. Este hecho contrasta con la tendencia existente en fruticultura, donde se trata de mojar al menos un 20-30% de la superficie del suelo. En olivar, **Porras y col.**, citados por López García y López Perales (1995), demostraron que la proporción de superficie de suelo mojada era decisiva sobre el crecimiento del olivo. Por esta razón, y durante 3 años, hemos planteado un experimento en Santisteban del Puerto (Jaén), en el que para una idéntica cantidad de agua aportada por hectárea y año, y con una instalación que permite aplicar 16 L/hora por olivo, se compara el efecto sobre la producción de la aportación del agua en 2, 3, 4, 6 y 8 puntos. Los resultados (**Figura 6**) son concluyentes. En los años secos (1994 y 1995) la producción aumentó sensiblemente en la medida en que aumentó el número de puntos de aplicación. Sin embargo, en un año muy húmedo como lo fue 1996, las producciones fueron similares en todas las tesis ensayadas. Estos datos muestran el interés por mojar una mayor superficie del terreno, lo cual es de vital importancia en el caso en que haya que aplicar riegos en épocas en las que pretendamos aumentar la reserva de agua en el suelo, como es el caso de los riegos de invierno.

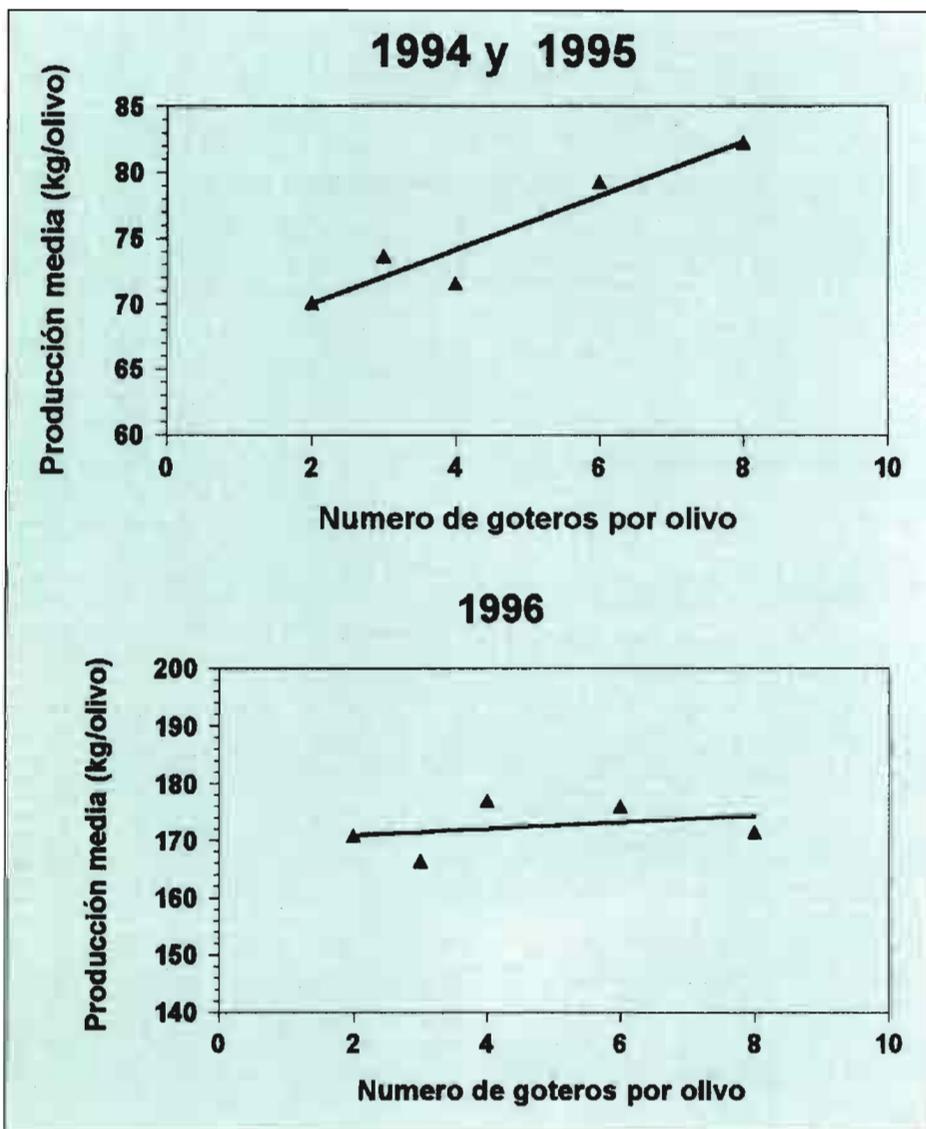
Aunque ya hemos dicho que cuando las disponibilidades de agua son limitadas somos muy partidarios del reparto en riegos con reducida dotación diaria de agua a lo largo de un gran número de meses al año, lo que permite mantener un buen estado hídrico de los árboles además de optimizar y abaratar las instalaciones, esta solución no es extrapolable a todas las situaciones, y en condiciones en las que las disponibilidades de agua sean intermitentes, hay que pensar en instalaciones de mayor cobertura que permitan aportar la dotación de agua en el escaso número de días disponible. La colaboración de un buen técnico que diseñe las instalaciones en función de cada situación particular se hace imprescindible.

### MANEJO DE LAS INSTALACIONES DE RIEGO

Nos referimos en este apartado a las de riego por goteo fundamentalmente. Se nos ha dicho repetidamente que la principal ventaja de este sistema de riego es la economía de agua (reducción de las **pérdidas por evaporación**) al mojarse una reducida superficie. Trabajos recientes, aún no publicados, muestran que las pérdidas diarias por evaporación desde un bulbo húmedo pueden ser muy importantes y no despreciables, ya que en verano la baja humedad relativa de la gran masa de aire que rodea las manchas húmedas aumenta en gran medida la evaporación (advección). En esta situación, en suelos arcillosos, como los de



Figura 6: Influencia del número de goteros instalados por olivo sobre la producción. La instalación permite aplicar en todos los casos 16 l/hora. Olivar tradicional (80 olivos/ha) en Santisteban del Puerto (Jaén)



muchos de los olivares regados del Valle del Guadalquivir, es recomendable aplicar riegos de larga duración, sobre todo cuando las dotaciones son escasas, distanciando el número de días transcurridos entre riegos, pero cuidando que la aplicación no genere pérdidas por drenaje o escorrentía superficial al superarse la capacidad de retención del suelo. En este caso la instalación de instrumentos de control podría ser recomendable.

En suelos arenosos, los bulbos humedecidos suelen tener un reducido diámetro, y si no se elige adecuadamente el número de puntos húmedos y el caudal del emisor, pueden provocarse importantes pérdidas de agua por drenaje, con lo que se reduciría la eficacia del sistema. En esta situación

sería preferible aumentar la superficie mojada y dar riegos de acuerdo con la profundidad de suelo explorada por la raíces.

### MANEJO DEL CULTIVO EN CONDICIONES DE REGADÍO

En la optimización del uso de agua de riego es fundamental emplear técnicas de cultivo que no limiten las producciones.

Estas producciones dependen de la cantidad de radiación interceptada por la copa, lo cual depende de la densidad de plantación, del volumen de copa de los olivos y de su frondosidad. Por esta razón podas tradicionales severas que reduzcan el volumen de copa o de un modo apreciable la cantidad de hojas, reducen enor-

memente la eficiencia del agua aplicada. En el mismo sentido, las tradicionales densidades de plantación impiden el óptimo aprovechamiento del medio y el del recurso agua, al no permitir obtener la máxima productividad potencial.

En situaciones de riego deficitario la elección del sistema de manejo del suelo es igualmente fundamental, ya que el agua de lluvia permite cubrir una parte importante de las necesidades del cultivo, por lo que una mejora en la eficiencia de la lluvia resulta fundamental. En olivares regados por goteo la utilización de sistemas de no-laboreo en muchas de sus versiones o laboreo reducido puede ser recomendable.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DOORENBOS, J., PRUIT, W.O. (1.977). Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio F.A.O.: Riego y Drenaje nº 24. Roma.
- FERERES, E., CASTELL, J. R. (1981). Drip irrigation management. Division of Agricultural Sciences, University of California. Leaflet 21259.
- FERERES, E., GOLDHAMER, D.A. (1990). Deciduous fruit and nut trees. Irrigation of Agricultural crops. Agronomy Monograph nº 30. Madison. USA.
- FERERES, E. RUZ, C. CASTRO, J. GOMEZ, J.A. PASTOR, M. (1996). Recuperación del olivo después de una sequía extrema. Actas XIV Congreso Nacional de Riegos. Aguadulce (Almería): 89-93
- GOLDHAMER, D.A., DUNAI, J., FERGUSON, L. (1994). Irrigation requirements of olive trees and responses to sustained deficit irrigation. Acta Horticulturae, 356: 172-175.
- LE BOURDELLES, J., FAVREAU, P., DURAND, S. (1983). Controles sous goutte goutte et aspersion a la Station de Migliacciaro (Corse). Act. Red Europea de Investigación Cooperativa en Oleicultura. FAO. Lecce (Italia).
- LOPEZ GARCÍA, L., LÓPEZ PERALES, J.A. (1995). El riego localizado en el cultivo del olivo. En: Porras, Cabrera y Soriano. Olivicultura y Elaiotecnía. Colección Estudios Universidad de Castilla-La Mancha.
- MANTOVANI, C.E., BERENGENA, J., VILLALOBOS, F., ORGAZ, F., FERERES, E. (1991). Medidas y estimaciones de la evapotranspiración real del trigo de regadío en Córdoba. Actas de la IX Jornadas Técnicas de Riegos. Granada.
- MARTINEZ RAYA, A., SANCHEZ BLAZQUEZ, J., MARTINEZ RASCON, A., MARTINEZ GALAN, S. (1997). Estudio sobre la evolución de las producciones del olivo a distintas dosis de riego por goteo. Actas XV Congreso Nacional de Riegos. Lérida 127-135.