

# Riego deficitario del olivar

## LOS PROGRAMAS DE RECORTE DE RIEGO EN OLIVAR

por: Miguel Pastor\*



Olivar de Santisteban del Puerto (Jaén) en el que se realizó el ensayo de riego. Olivos con marco de plantación 12x12 m. cv. Picual y más de 80 años de edad, con excelente estado vegetativo y productivo

### INTRODUCCION

El cultivo del olivar tiene una gran importancia en nuestro país, en donde se cultivan más de 2 millones de hectáreas, siendo el segundo cultivo en importancia tras los cereales. En España se cultiva más de 30% de la superficie mundial de olivar y se produce más del 30% del aceite de oliva. El olivar es un cultivo tradicional de secano, regándose solamente unas 150.000 ha, tratándose en la mayoría de los casos de riegos de apoyo, en los que raramente se cubren las necesidades óptimas del cultivo. Aunque el olivo es considerado como un árbol resistente a la sequía, sus producciones aumentan considerablemente cuando reci-

be aportaciones de agua complementarias a la lluvia (Figura 1), rentabilizando cualquier aportación de agua por pequeña que parezca, en especial en zonas y años de baja pluviometría (Solé Riera, 1990).

Las necesidades de agua del olivar son relativamente bajas, obteniéndose unos buenos resultados en Andalucía con aportaciones comprendidas entre 1.500 y 2.500 m<sup>3</sup>/ha, mientras que otros cultivos necesitan cantidades muy superiores para alcanzar sus rendimientos máximos: trigo (3.500 m<sup>3</sup>/ha), algodón (7.000 m<sup>3</sup>/ha), maíz (7.000 m<sup>3</sup>/h), girasol (6.000 m<sup>3</sup>/ha), alfalfa (10.000 m<sup>3</sup>/ha), frutales (7.000 m<sup>3</sup>/ha), cítricos (6.000 m<sup>3</sup>/ha). El empleo del agua en olivar tiene un efecto multiplicador por caudal unitario empleado. Mientras que un caudal de 1L/s es capaz de generar en olivar más de 270 jornales por año, idéntico caudal aplicado a una alternativa trigo/girasol/maíz apenas em-

//  
**La gran respuesta del olivar a pequeños aportes de agua... aunque sea en invierno**

//  
 plearía 18 jornales, multiplicando por 10 el beneficio neto económico generado.

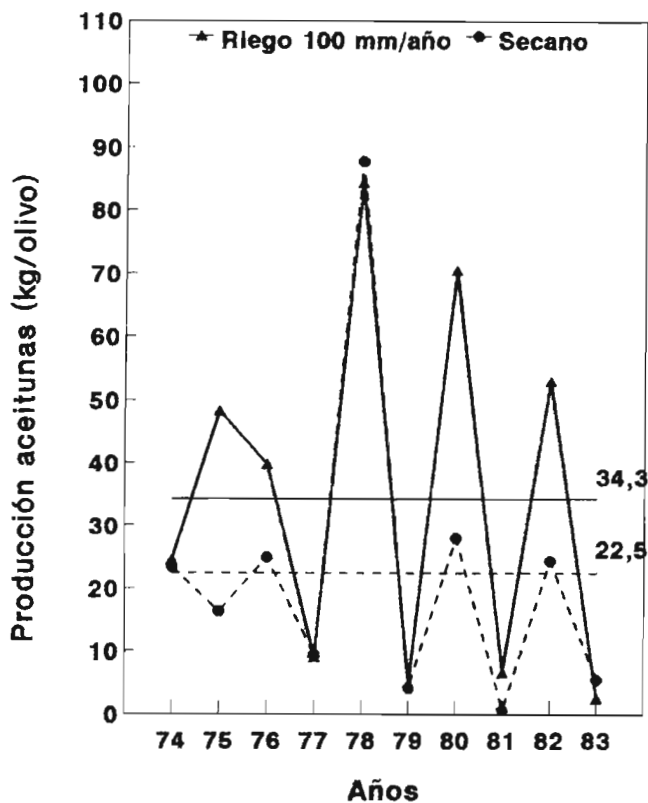
En los últimos años se han conseguido importantes aumentos de producción debido a la modernización de técnicas de cultivo tales como la fertilización, poda, reducción del laboreo, tratamiento de plagas y enfermedades, etc., lo que ha aumentado el nivel medio de producción del olivar tradicional. Estos avances contrastan con la limitada información técnica en cuanto a la respuesta al riego en el olivar y respecto a los parámetros elementales que permiten realizar una programación de riegos en las diferentes comarcas. En este artículo se revisa el estado actual del conocimiento respecto al riego del olivar, incluyendo los resultados de los trabajos de investigación realizados en Córdoba durante los últimos años.

### CALCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO

Para el cálculo de las necesidades de agua del cultivo es necesario hacer un

(\*) Departamento de Olivicultura. C.I.D.A. Córdoba. Junta de Andalucía.

(\*\*) Instituto de Agricultura Sostenible. C.S.I.C. Córdoba.



**Figura 1:** Evolución de las producciones de aceitunas en un ensayo de riego realizado en Venta del Llano (Mengibar-Jaén) en el decenio 1974-83; en una zona cuya pluviometría media en dicho decenio fué de 424 mm. por año, los olivos regados recibieron un único riego anual en invierno, inmediatamente después de la recolección de aceituna. La dotación de riego fue de 100 mm. por aspersión. El suelo es franco-arcilloso y profundo, con buena capacidad de retención de agua. Obsérvese la extraordinaria respuesta al riego de invierno en el olivar



El riego influyó claramente en el tamaño de los frutos. En secano se redujo el número de frutos cuajados por olivo, así como el tamaño de los mismos.

Los métodos de cálculo de la  $ET_o$  se basan en que la evapotranspiración implica un cambio de estado, que requiere un aporte de energía y el transporte del agua evaporada desde el cultivo hasta la atmósfera. Los métodos de cálculo relacionan la  $ET_o$  con alguna de las variables climáticas que intervienen en el proceso: temperatura, radiación, humedad relativa y viento. Existen multitud de expresiones empíricas que relacionan la  $ET_o$  con todas o algunas de estas variables. Sin embargo, su naturaleza empírica requiere su calibración bajo condiciones específicas para ser utilizadas con garantía. Mantovani y cols. (1991) encontraron que las expresiones de Penman-FAO, Radiación-FAO y Hargreaves estiman con suficiente precisión la  $ET_o$  en el valle del Guadalquivir. Entre ellas destaca por su sencillez la expresión de Hargreaves, que solamente requieren datos de temperatura máxima y mínima:

$$ET_o = 0.0023 \times Ra \times (T_m + 17.8) \times (T_{mx} - T_{min})^{1/2}$$

Donde  $T_{mx}$  y  $T_{min}$  son las temperaturas máxima y mínima diarias expresadas en  $^{\circ}C$ ,  $T_m$  es la temperatura media diaria calculada como  $(T_{mx} + T_{min})/2$ , y  $Ra$  es la radiación extraterrestre expresada en mm/día, que es función exclusivamente del día del año y de la latitud y que puede encontrarse tabulada en cualquier fuente (p.e. Doorenbos y Pruitt, 1976).

Cuando no se dispone de estaciones meteorológicas cercanas, otra posibilidad es emplear el tanque evaporimétrico Clase A, método sencillo de estimación de la  $ET_o$ , cuyo fundamento está basado en el hecho de que la evaporación desde una superficie libre de agua ( $E_o$ ) y la  $ET_o$  están afectadas por las mismas variables climáticas, por lo que podemos escribir:

balance hídrico de la parcela, en el que las entradas son la lluvia, el riego y la eventual aportación de la capa freática (despreciable normalmente en nuestras condiciones), mientras que las salidas son la evapotranspiración (ET), la escorrentía y la percolación por bajo de la capa de suelo explorada por las raíces. El cálculo de la ET del olivar es imprescindible para la programación de los riegos.

La ET depende de la climatología de la zona (demanda evaporativa), de la disponibilidad de agua en el suelo y del propio cultivo (tamaño de la cubierta vegetal). El método de cálculo propuesto por la F.A.O. que exponemos a continuación, supone que el suministro de agua es ilimitado. En estas condiciones la expresión que permite calcular la ET máxima del cultivo ( $ET_c$ ) es la siguiente (Doorenbos y Pruitt, 1976):

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

donde  $ET_o$  es la evapotranspiración de

referencia, que es una estimación de la demanda evaporativa de la atmósfera, y corresponde a la ET de una superficie extensa de gramíneas verdes de 8 a 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que sombrea totalmente el suelo y que crece sin limitación de agua, nutrientes, plagas y enfermedades. El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) es función del propio cultivo y de su estado de desarrollo.

#### CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA ( $ET_o$ )

La  $ET_o$  puede medirse directamente mediante el empleo de lisímetros. Sin embargo, esta determinación es imposible de realizar en cada explotación, por lo que se han puesto a punto diversos métodos que permiten su estimación en base al empleo de fórmulas empíricas que relacionan la  $ET_o$  con variables climáticas o con la evaporación de una superficie libre de agua (tanque evaporimétrico).

$ETo = kp \cdot Eo$

donde *kp* es un coeficiente denominado *coeficiente de tanque* que depende de la humedad relativa, de la velocidad del viento y de la cubierta del lugar en que se ha instalado el evaporímetro (Doorembos y Pruitt, 1976) y cuyo valor en nuestras condiciones puede oscilar entre 0,7 y 0,8. Este método puede emplearse para la estimación de *ETo* en periodos mínimos de una semana.

**EL COEFICIENTE DE CULTIVO (kc)**

Para la mayoría de los cultivos del *Kc* es independiente de las condiciones ambientales y sólo depende del índice de área foliar del cultivo (*IAF* = m<sup>2</sup> hojas/m<sup>2</sup> suelo). En el caso del olivo, sin embargo, el *Kc* también depende del ambiente, debido a que sus estomas se cierran cuando la humedad relativa es excesivamente baja. Por lo tanto el valor de ese coeficiente es variable a lo largo de los distintos meses del año. En la literatura especializada no existe información concluyente sobre los *Kc* aplicables en olivar. Durante los dos últimos años se han determinado en Córdoba los valores mensuales del *kc* en un olivar de 15 años de cv. Picual, valores que presentamos en la *Tabla 1*, en la que se observa como el valor de este coeficiente varía entre 0,45 y 0,65 para los distintos meses. Estos valores, similares a los publicados por García-Fernández y Berengena (1993), son muy inferiores a los de la mayoría de los cultivos de nuestros regadíos, que oscilan entre 1.0 y 1.2 en la fase de cobertura completa del suelo (Doorembos y Pruitt, 1977).

**EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ETc)**

Una vez conocido el *kc*, se puede cal-



Cabezal de filtrado de una instalación de riego por goteo en la que se muestra una batería de 4 hidrociclones, que separa las partículas sólidas en suspensión en el agua de riego, y una batería de 2 filtros de malla. La limpieza del agua es garantía de un correcto funcionamiento de la instalación de riego por goteo.

cular el valor de la *Etc*, aplicando la fórmula (1), tal como se explicó anteriormente. Sin embargo, los valores de *kc* propuestos se refieren a un olivar adulto con porcentaje de cobertura del suelo (cobertura de suelo (%)) = proyección horizontal de la superficie de copa/marco x 100) superiores al 55-60%. En casos de menor cobertura habría que reducir el valor de *kc*, para lo cual se propone multiplicar por un coeficiente de minoración *kr*, cuyo valor (Ferreres y Castell, 1981) puede obtenerse en la *Figura 2*, en donde para un valor del porcentaje de cobertura se obtiene directamente el valor de *kr*, por lo que la estimación de *ETc* se hará aplicando la ecuación:

$ETc = kc \cdot kr \cdot ETo$  (2)

**EJEMPLO DE CALCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO DE UN OLIVAR ADULTO**

Vamos a realizar un ejemplo real del cálculo de las necesidades máximas de agua de riego a aportar en un olivar adulto cv. Picual de más de 80 años de edad, a un marco de 125 m<sup>2</sup>/olivo (80 olivos/ha), en la localidad de Santisteban del Puerto (Jaén), cultivado a una altura de 500 m sobre el nivel del mar, en un suelo franco arcilloso. La proyección de la copa de un olivo medio sobre el plano horizontal es de 40 m<sup>2</sup>, con lo que el porcentaje de cobertura es de (40/125) x 100 = 32%.

La evapotranspiración del cultivo podemos calcularla empleando la expresión (2), mientras que las necesidades de riego vienen dadas por la expresión:

$R = ETc - Pef$

siendo *R* = agua de riego aportada en mm/día y *Pef* = precipitación efectiva media diaria (mm/día).

En la *Tabla 1* presentamos el cálculo de las necesidades de riego (*ETc-Pef*) en función de la estimación mensual de *ETo* realizada aplicando la fórmula de Hargreaves, empleando valores medios mensuales de temperaturas del aire, y de los coeficientes mensuales de cultivo (*kc*). Empleando la *Figura 2* hemos determinado un *kr* = 0,65, correspondiente a una cobertura del suelo del 32%.

En los meses en que *Etc-Pef* > 0, es necesario regar con las dotaciones dia-

MES	ETo (1) mm/día	Pef mm/día	kc	kr (2)	ETc mm/día	ETc-Pef mm/día	RESERVA ACUMULADA mm	RIEGO /olivo	R DIARIO mm
E	0,86	1,56	0,5	0,65	0,28	-1,28	121,53		
F	1,42	1,64	0,5	0,65	0,46	-1,18	154,57		
M	2,37	1,57	0,65	0,65	1	-0,57	172,24		
A	3,5	1,02	0,6	0,65	1,37	0,35		44	0,35
M y	4,9	0,58	0,65	0,65	1,75	1,17		146	1,17
J n	5,73	0	0,5	0,65	1,86	1,86		233	1,86
J l	6,59	0	0,45	0,65	1,93	1,93		241	1,93
Ag	5,62	0	0,45	0,65	1,64	1,64		205	1,64
S	3,7	0	0,55	0,65	1,32	1,32		166	1,32
O	2,13	0,79	0,6	0,65	0,83	0,04		5	0,04
N	1,12	1,39	0,65	0,65	0,47	-0,82	27,6		
D	0,62	2,02	0,5	0,65	0,27	-1,75	81,85		
ANO		320 mm							254 mm
Riego + Pef		574 mm							

(1) *ETo* se ha estimado aplicando la fórmula de Hargreaves:  
 $ETo = 0,0023 \times Ra \times (Tm + 17,8) \times (Tmax - Tmin) \wedge 0,5$   
 siendo: *Ra* = radiación extraterrestre (tabulada en función de latitud)  
*Tmax*, *Tmin* y *Tm* = temperaturas medias de máximas, mínimas y medias durante el período

(2) Cobertura del terreno 32% *kr* = 0,65 (Fig.2)



# Los principios de la nueva Cyanamid

Entre nosotros, así nos llamamos:

La nueva Cyanamid.

Porque en nuestro crecimiento nos hemos convertido en una de las Primeras Organizaciones en el Sector de Protección de Cultivos de nuestro país, con el propósito de serlo también en el resto del mundo.

Porque nos hemos definido como una empresa orientada hacia las Ciencias de la Vida, que investiga, desarrolla, produce y comercializa productos y servicios que satisfagan las necesidades de nuestros clientes.

Porque nuestro sistema de gestión se ha comprometido con la idea de Calidad Total, lo que supone una mejora continua en cada una de sus acciones.

Porque las personas, una vez más, han demostrado ser piezas claves para el éxito de nuestra organización, ya sean Empleados, Clientes o Proveedores. Cyanamid está creciendo. Y lo estamos haciendo juntos, entre todos y bien.



CRECIENDO BIEN



Por una alimentación mejor.

rias que se especifican (Tabla 1), mientras que si  $ETc - Pef < 0$ , se acumula agua en el suelo, constituyendo la reserva, o drena si el agua excede la capacidad de almacenamiento del suelo.

El volumen de agua de riego a aportar por olivo y día viene dado por la expresión:

$$R(L/olivo/día) = R(mm/día) \times S (m^2/olivo).$$

siendo S el marco, que en nuestro caso es de 125 m<sup>2</sup>/olivo).

Una vez obtenidas mensualmente las necesidades diarias de riego, podemos determinar (Tabla 1) la dotación media anual de agua de riego necesaria para máxima producción de este olivar, que sería de 254 mm (2.540 m<sup>3</sup>/ha).

En el método de programación de riegos descrito, que es el usualmente utilizado en el caso del riego por goteo, las aportaciones medias diarias son equivalentes al gasto durante todos los meses

deficitarios, por lo que las reservas de agua del suelo se mantienen constantes y a un nivel elevado durante toda la estación. Esta circunstancia, que constituye un margen de seguridad en años secos en los que  $ETc - Pe$  es superior a la media considerada, presenta el inconveniente de que se desaprovechan las lluvias de la estación húmeda. Esto es, si la reserva de agua del suelo no es agotada por el cultivo durante la estación seca, el agua de lluvia durante la estación húmeda excede la capacidad de almacenamiento del suelo y se pierde por percolación profunda o por escorrentía subsuperficial. Este hecho carece de importancia en el caso de cultivos cuyas necesidades de riego son muy elevadas. Sin embargo, en el caso del olivo, en el que la reserva del suelo puede suponer una fracción importante de la ET estacional, su aprovechamiento es fundamental para optimizar el uso del agua en situaciones de escasez de agua y abaratar los costes asociados al riego, incluida la amortización del sistema.

## RECORTE DEL RIEGO EN EL OLIVAR

El déficit hídrico en los cultivos se produce cuando la demanda evaporativa excede a la cantidad de agua que las raíces del cultivo son capaces de extraer del suelo. A efectos prácticos se considera que esto ocurre cuando el contenido de agua del suelo es inferior a un nivel umbral (*déficit permisible*), que se cuantifica como un porcentaje del agua útil:

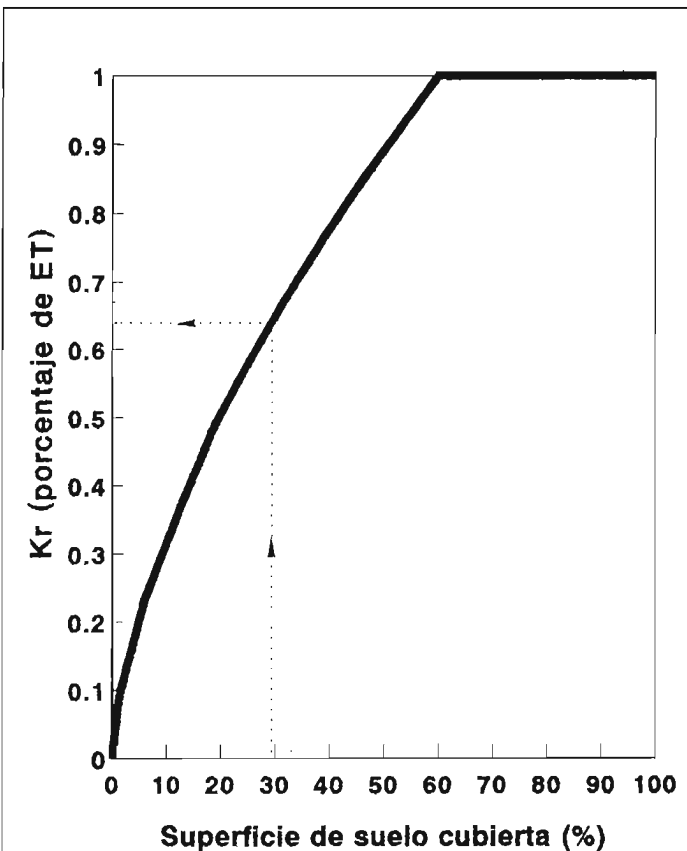
$$\text{Déficit permisible (mm)} = (CC - PMP) \times Z \times NAP$$

Donde: CC = Capacidad de campo (cm<sup>3</sup> x cm<sup>-3</sup>)

PMP = Punto de marchitez permanente (cm<sup>3</sup> x cm<sup>-3</sup>)

Z = Nivel de agotamiento permisible, expresado en tanto por uno, y que en el caso del olivo puede valer 0.75.

Por ejemplo, en el caso de un suelo



FUENTE: Ferreres y Castell (1.981)

Figura 2: Coeficiente ( $K_r$ ) de reducción del coeficiente del cultivo ( $K_c$ ) para porcentajes de suelo cubierto inferiores a los de un olivar adulto con cobertura del 55-60% ( $K_c$  máximo).

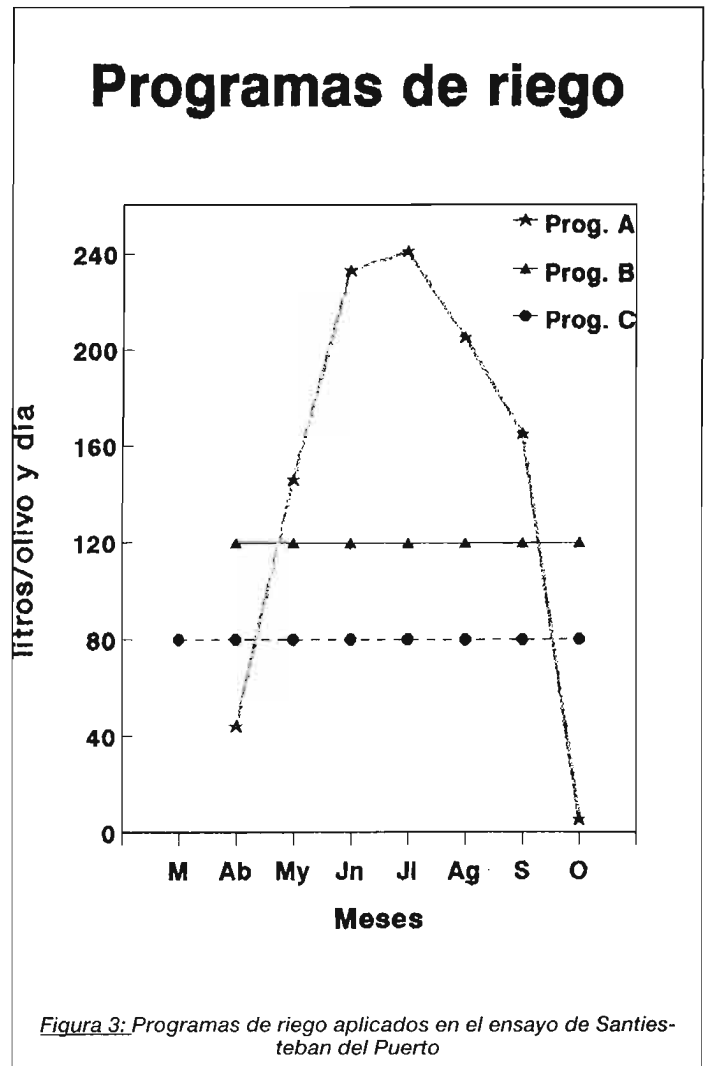


Figura 3: Programas de riego aplicados en el ensayo de Santies-teban del Puerto

franco con unos valores de retención de humedad de  $CC = 0.24 \text{ cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ ,  $PMP = 0.08 \text{ cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$  y  $z = 1.000 \times 0.75 = 120 \text{ mm}$ , sin que se produzca estrés hídrico en el olivo y, por tanto, reducción en la producción.

Un programa de recorte del riego consiste en aplicar cantidades de riego inferiores a la demanda (ETc-Pc) de modo que el cultivo utilice parte de la reserva de agua almacenada en el suelo durante la estación húmeda. Si el recorte del riego es tal que el déficit de agua en el suelo es inferior al permisible, el cultivo no sufrirá estrés hídrico. Por el contrario, si el déficit de agua en el suelo supera el valor umbral se producirá una reducción en la producción y puede hablarse de programas de riego deficitario.

El programa óptimo será el primero, pues permite un ahorro importante en el agua de riego sin que se afecte la producción. La magnitud del recorte dependerá de las características del suelo en cuanto a retención de agua (textura y profundidad) y del balance ETc-P (cultivo-clima), por lo que tendrá que ser establecido para cada explotación particular o al menos para grupos de explotaciones homogéneas en cada comarca. Aún así, el establecimiento de un programa de riegos fijo (igual todos los años) presenta el inconveniente de la variabilidad climática interanual. En nuestras condiciones, la mayor parte de la variabilidad se concentra en la precipitación durante la estación húmeda, por lo que podrían establecerse programas de riego óptimos si se conoce el contenido de agua en el suelo al comienzo de la estación seca (Abril). En cualquier caso, parece posible establecer programas que, reduciendo las dotaciones de riego, mantengan las producciones medias en niveles próximos a los potenciales.

## ENSAYO DE PROGRAMAS DE RECORTE DE RIEGO EN OLIVAR

Para poder verificar la hipótesis propuesta anteriormente, en 1992 se planteó un ensayo de campo en Santisteban del Puerto (Jaén), empleando una instalación de riego por goteo en el que frente a olivos tradicionales de secano y olivos regados aplicando las cantidades óptimas de agua calculadas en la *Tabla 1* (Programa A), se aplicaron 2 programas de recorte de riego (*Figura 3*), empleándose en un caso 120 L/olivo. día, desde el día 1 de abril hasta el 31 de octubre (Programa B) y 80 L/olivo.día, desde el día 1 de marzo hasta el 31 de octubre (Programa C). En los Programas B y C se han empleado 4 emisores de 4 L/h por olivo, mientras que en el Programa A se emplearon 8 emisores,

también de 4 L/h, por olivo, para prevenir las pérdidas de agua por drenaje.

El suelo en el que se realizó el ensayo es de textura franco-arcillosa con unos valores en cuanto a retención de agua de:  $CC = 0.30 \text{ cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ , y  $PMP = 0,10 \text{ cm}^3 \times \text{cm}^{-3}$ . Se realizó el balance de agua para 1 metro de profundidad de suelo. El agua útil (reserva máxima que puede almacenar el suelo) es:  $(0.30-0.10) \times 1.000 = 200 \text{ mm}$ . Se considera que los olivos no sufren estrés hídrico hasta que no se adota el 75% de esta reserva (150 mm), es decir hasta que la reserva del suelo no baja de 50 mm), es decir hasta que la reserva del suelo no baja de 50 mm (nivel de agotamiento permisible). Del balance ETc-Pef durante la estación húmeda, la reserva de agua en el suelo al 31 de Marzo se estima en 172 mm *Tabla 1*).

Se han utilizado en el ensayo programas de recorte con cantidades fijas diarias a lo largo de todo el año intentando estudiar la posibilidad de facilitar el manejo de las instalaciones de riego al agricultor en el futuro, pensando que el olivero podría emplear un programa fijo de riego en función de la estimación del contenido de agua en el suelo a final de invierno, de modo que lleguemos al día 31 de septiembre sin haber agotado el perfil por debajo del nivel de agotamiento permisible, lo que podría ser posible si tenemos en cuenta que los valores medios mensuales de ETo durante los meses cálidos son poco variables de unos años a otros y que en estos meses la Pef suele ser despreciable.

La *Figura 4* presenta la evolución anual de la reserva de agua en el suelo para un año medio y para los diferentes programas de riego, así como para el secano. Se observa que en el programa A la evolución teórica de la reserva se mantiene constante a lo largo de la estación, mientras que en el resto la reserva disminuye a medida que avanza la estación. Solamente en el Programa C (riego con 80 L/ol.día) la reserva media desciende ligeramente por debajo del nivel de agotamiento permisible, mientras que en secano este hecho se produce a partir del mes de junio.

En la *Tabla 2* presentamos los volúmenes de agua aplicados con cada uno de los programas de riego, así como los caudales instantáneos que serían necesarios para regar cada uno de ellos, en una instalación de riego por goteo con cuatro emisores de 4 L/hora por olivo, lo que es muy usual en el cultivo del olivar.

sarios para regar cada uno de ellos, en una instalación de riego por goteo con cuatro emisores de 4 L/hora por olivo, lo que es muy usual en el cultivo del olivar.

## RESULTADOS DEL ENSAYO

### Producciones de aceitunas (Tabla 3)

En el año 1992 se observaron unas pequeñas diferencias de producción entre tratamientos, aunque en secano las producciones fueron menores que en regadío. Estas escasas diferencias pueden explicarse si tenemos en cuenta que en 1991, año anterior al comienzo del ensayo, todos los olivos fueron regados con idéntica cantidad de agua, y que en junio de 1992 se produjeron unas lluvias de 120 mm que recargaron el perfil, lluvias que en la zona no pueden ser consideradas como normales.

En el año 1993 se observó un espectacular aumento de producción en los olivos regados con respecto al secano, no observándose diferencias significativas entre las producciones obtenidas en los diversos programas de riego. El riego aumentó significativamente el rendimiento graso y el tamaño de los frutos, siendo el Programa A en el que se obtuvieron frutos con un tamaño significativamente mayor.

### Crecimiento y estado hídrico de los árboles

Para estimar el crecimiento de los árboles se midió el volumen de copa y la longitud y número de nudos (posiciones fructíferas) de los brotes. Los olivos de secano presentaron un menor volumen de copa y un crecimiento de brotes significativamente menor que los regados, no observándose grandes diferencias entre los árboles sometidos a los diferentes programas de riego. A final de 1993, los árboles regados con la dosis óptima de agua (Programa A) mostraron un número de posiciones fructíferas por brote significativamente mayor que los regados con los Programas B y C, lo que podría ser un presagio de una mayor producción en 1994.

PROGRAMA DE RIEGO	Aportación anual de agua de riego (mm)	Pluviometría eficaz anual (mm)	Pluv. + Riego (mm)	Caudal (1) (l/seg.ha)	Horas de riego al día
Programa A	250	320	570	0,36	15
Programa B	200	320	520	0,12	7,5
Programa C	150	320	470	0,09	5
Secano	0	320	320	---	---

(1) Riego por goteo empleando 4 goteros/olivo de 4 l/hora (práctica usual en la zona).

	Prog. A	Prog. B	Prog. C	Secano
<b>Año 1.992</b>				
Aceitunas (kg/ol)	126.4 a	135.4 a	125.4 a	114.3 a
Rto. graso (%)	22.1 a	22.2 a	22.0 a	19.2 b
Tamaño fruto (g)	3.24 a	2.73 b	2.83 b	2.50 c
<b>Año 1.993</b>				
Aceitunas (kg/ol)	76.9 a	94.9 a	90.4 a	19.2 b
Rto. graso (%)	22.2 a	22.2 a	21.5 a	20.1 b
Tamaño fruto (g)	4.30 a	3.90 ab	3.70 b	2.19 c

NOTA: Los valores de cada fila y año seguidos por letras diferentes, difieren significativamente al nivel  $p < 0.05$ .

Las determinaciones del estado hídrico de los árboles durante el verano de 1993 (temperatura de la hoja y contenido relativo de agua en la hoja), han mostrado un estado similar en los olivos regados, con excepción de los días más calurosos del mes de julio en los que los árboles del Programa C (80 L/día) presentaban un estado hídrico peor que los de los programas A y B, recuperándose en Agosto tras la bajada de temperaturas.

#### CONCLUSIONES DEL ENSAYO

Las escasas diferencias de producción, crecimiento vegetativo, y estado hídrico de los árboles observadas en los olivos sometidos a los diferentes programas de riego, entra dentro de la lógica si tenemos en cuenta que no ha existido casi nunca déficit hídrico en el suelo (Figura 4), observándose que solamente en el Programa C se ha bajado ligeramente y durante un breve período de tiempo del nivel tolerable de agotamiento de la reserva. Estos resultados nos permiten mantener un cierto optimismo en cuanto a las posibilidades futuras de aplicación de programación de recorte de riego en olivar.

#### RECOMENDACIONES SOBRE EL EMPLEO DE AGUA EN EL OLIVAR

Aunque deberíamos esperar al menos dos años más para poder hacer recomendaciones precisas al agricultor sobre estrategias de riego en olivar, creemos que podemos plantear las siguientes observaciones:

- 1.—El agua es fundamental en la producción del olivar, siendo el factor de producción más rentable, al que responde incluso con aportaciones muy reducidas.
- 2.—Existe una metodología puesta a punto que permite calcular las necesida-

des máximas de agua del olivo para las diferentes comarcas, conociéndose los valores de  $K_c$  con suficiente precisión. Debería hacerse un esfuerzo para conocer a nivel comarcal los valores de  $ET_0$  con la suficiente precisión.

3.—Las necesidades máximas de agua para un olivar adulto en Andalucía, en función del clima, suelo y la densidad de plantación se sitúan en el intervalo 2.500 - 3.000  $m^3/ha$ .

4.—Una mayor precisión en la determinación de la cantidad óptima de agua a aplicar requiere una información completa y profunda del olivar a regar, con conocimiento de la repercusión del ahorro de agua en la explotación, coste de la energía y nivel de producción, partiendo de

### Evolución teórica de la reserva

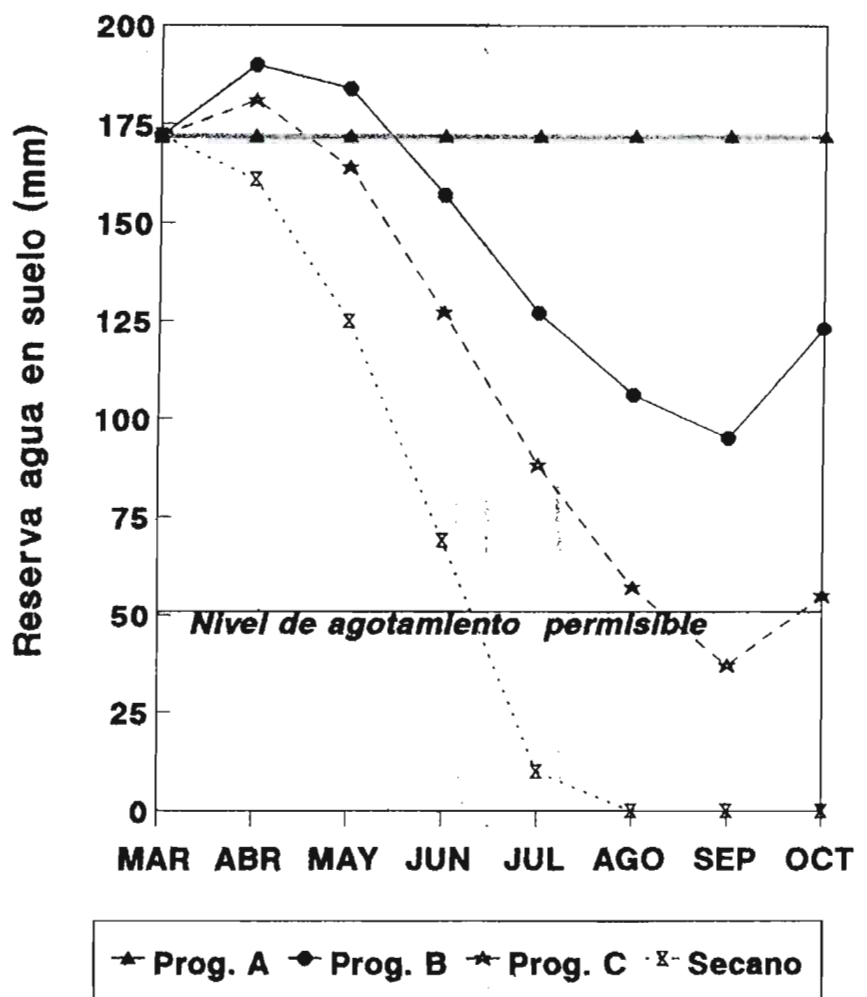


Figura 4: Variación de la reserva de agua del suelo para los diferentes programas de riego estudiados en el ensayo de Santisteban del Puerto (Jaén)





*Evaporímetro (Tanque clase A). Método sencillo que permite estimar la evapotranspiración de referencia, cuyo fundamento está basado en el hecho de que la evaporación desde una superficie libre de agua y ETo están afectadas por las mismas variables climáticas.*

las condiciones particulares de la finca: pluviometría, tipo de suelo y disponibilidades de agua.

5.—En condiciones de disponibilidades de agua no limitantes, las escasas necesidades relativas del olivo con respecto a otros cultivos no justifican el re-

corte en las aportaciones de agua en el olivar.

6.—En condiciones de agua limitada, el recorte de estas aportaciones puede permitir regar una mayor superficie y conseguir mejores resultados económicos para un caudal total disponible, a pesar

de las lógicas reducciones en las producciones por hectárea. La obtención de óptimos económicos requiere en este caso un mayor grado de información por parte del agricultor (*contenido de agua en el suelo a final del invierno, ETo, lluvia eficaz*) y por parte de la investigación, realizando trabajos que determinen la respuesta productiva del olivo a los diferentes niveles de ET (función de producción).

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

—Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio F.A.O.: Riego y Drenaje nº 24. Roma.  
 —Feres, E., Castell, J.R., 1981. Drip irrigation management. Division of Agricultural Sciences, University of California. Leaflet 21259.  
 —García-Fernández, M.D. y J. Berengena. 1993. Respuesta del olivo a diferentes dosis de agua de riego. Estimación de coeficientes de cultivo. Resúmenes de la XI Jornadas Técnicas de Riegos. pp. 107-113. Valladolid, Junio.  
 —Mantovani, C.E., J. Berengena, F. Villalobos, F. Orgaz y E. Feres. 1991. Medidas y estimaciones de la evapotranspiración real del trigo de regadío en Córdoba. Resúmenes de la IX Jornadas Técnicas de Riegos. Granada, Junio.  
 —Michelakis, N., Vouyoucalou, E., Clapaki, G., 1994. Soil moisture depletion, evapotranspiration and crop coefficients for olive trees cv. Kalamon, for different levels of soil water potential and methods of irrigation. Acta Horticulturae 356, 162-167.  
 —Solé Riera, M.A., 1990. The influence of auxiliary drip irrigation with low quantities of water in olive trees in Las Garrigas (cv. Arbequina). Acta Horticulturae 286, 307-310.



**UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE MADRID**



**ESCUELA TECNICA  
SUPERIOR DE INGENIEROS  
AGRONOMOS**

<p><b>CURSO DE ESPECIALIZACION EN TECNOLOGIA Y ESTRATEGIA POSTCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS</b></p> <p><b>Madrid, 2 de Noviembre a 12 de Diciembre 1994</b></p> <p>Entidades colaboradoras:</p> <p>AGROCONSORCIO - A.M.V. EDICIONES - COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS AGRONOMOS DE CENTRO Y CANARIAS                  CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS - EDAGRICOLE ESPAÑA, S.A.                  EDICIONES DE HORTICULTURA, S.L. - HUERCASA - MERCAMADRID, S.A.                  MUNDI-PRENSA LIBROS, S.A. - REVISTA AGRICULTURA</p>		<p><b>Organización e inscripción:</b></p> <p>Dpto. de Tecnología de Alimentos                  E.T.S. Ingenieros Agrónomos de Madrid.                  (Ciudad Universitaria)                  s/n. 28040 MADRID                  Tel.: (34-1) 336 57 45                  (34-1) 543 64 40                  Fax: (34-1) 336 57 46</p> <p>El plazo de admisión de solicitudes finaliza el 15 de Octubre de 1994</p>
---	--	--