

Riego en olivar de aceituna de almazara en Andalucía

Del agua dependerá la cantidad de aceite producido, el rendimiento graso de la aceituna y la cosecha

Cuando los olivos disponen de una cantidad adecuada de agua puede obtenerse un mayor crecimiento vegetativo, mayor intensidad de floración, mayor porcentaje de cuajado, mayor tamaño del fruto y mayor producción de aceite por olivo.

1. Efectos del déficit hídrico en el olivo

Los efectos que el déficit hídrico puede tener cuando se produce en diferentes momentos y estados fenológicos del olivo se presentan en el **cuadro I**.

En el hemisferio norte, en el período **marzo-junio**, acontecen la diferenciación de yemas de flor, el desarrollo de las yemas (flor y madera), la floración, el cuajado de los frutos y el crecimiento de los brotes. Durante este período, es importante que no exista déficit hídrico, ya que este afectaría negativamente a:

- El número de flores por inflorescencia y a la fertilidad de las flores (alta proporción de flores con aborto del ovario y con el ovario poco desarrollado) y, por consiguiente, se reduciría el número de frutos cuajados por árbol,
- El crecimiento de los brotes, que portarán la producción del año siguiente
- La masa foliar que se reduciría, con lo

Aunque los olivos pueden sobrevivir y crecer bajo condiciones de cultivo de secano, disponer de adecuadas cantidades de agua es fundamental para obtener producciones satisfactorias.

Miguel Pastor Muñoz-Cobo. Dr. ingeniero agrónomo.

que disminuiría la producción de asimilados.

En el mes de **julio** tiene lugar el endurecimiento del hueso, produciéndose a lo largo del anterior período la caída fisiológica de frutos. Para prevenir esta caída, especialmente la relacionada con el nivel de reservas del olivo, es necesario que el árbol llegue a este período en el mejor estado hídrico y nutricional posible.

Durante el **verano** (meses de julio, agosto y septiembre) debe mantenerse el olivo en un estado vegetativo aceptable, y si la disponibilidad de agua en la explotación sólo permitiese el riego deficitario, debe programarse éste de modo que podamos mantener un mínimo de funcionalidad en las hojas, para que pueda haber un mínimo de fotosíntesis, de modo que no se vea disminuido drásticamente el potencial

de llenado del fruto, lo que puede ocasionar una reducción permanente del crecimiento hasta que se produzcan las lluvias otoñales, sin que dichas precipitaciones, en muchos casos, puedan llegar a compensar la parada vegetativa impuesta por un estrés hídrico muy severo durante el verano (**figura 1**). Los riegos, aunque sean deficitarios, pueden permitir, dentro de ciertos límites, pautas de crecimiento de los frutos similares a los de olivares regados con dosis adecuadas, permitiendo obtener una buena producción y frutos con un buen rendimiento graso, e incluso controlar adecuadamente el crecimiento y el volumen de copa de los árboles.

En el período **fin de verano-mediados de noviembre** se produce un gran crecimiento de los frutos, así como la mayor formación y acumulación de aceite en las aceitunas. Es también un momento muy crítico, en especial si durante los meses de verano el olivo ha sufrido déficit hídrico, por lo que de la disponibilidad de agua durante este período va a depender la cantidad de aceite producido, el rendimiento graso de la aceituna y la cuantía de la cosecha. Por otra parte, en esta época el árbol acumula reservas para el año siguiente, dependiendo de las disponibilidades de agua en el suelo la calidad de las flores que se producirán en la campaña siguiente. En un ensayo



Panorámica de olivar regado por goteo en Huelma (Jaén). Al fondo cumbres nevadas de Sierra Mágina.



En la programación del riego es fundamental la estimación de la superficie de suelo cubierta por los árboles. Medidas realizadas en un olivar de Torreperogil (Jaén).



Estación meteorológica automática utilizada para la programación de riegos de olivar. Suministra datos de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, pluviometría y radiación solar. Se dispone igualmente de un tanque evaporimétrico clase A.

realizado durante 10 años por la Estación de Olivicultura de Venta del Llano (Mengíbar-Jaén) se demostró una gran rentabilidad del agua de riego aplicada en otoño (Pastor y Orgaz, 1994).

Aunque en cada explotación las cantidades y los momentos en que se dispone de agua son diferentes, cuando existen restricciones importantes habría que tratar de aportar el agua en los momentos más críticos para el olivo, teniendo en cuenta siempre la lluvia anual y su distribución en el tiempo, complementando con el riego en los momentos más críticos.

2.- Desarrollo del fruto

La aceituna en su desarrollo presenta tres diferentes etapas (figura 1):

- Etapa I: período de unos 20 días que sigue a la plena floración, cuando los frutos crecen rápidamente.
- Etapa II: período de desarrollo del embrión, la velocidad de desarrollo de los frutos se ve reducida.
- Etapa III: desde el desarrollo hasta la maduración; período en el que el fruto vuelve a crecer rápidamente.

La mejor respuesta a la aportación de agua de riego se obtiene durante las **etapas I y III**, mientras que la respuesta durante la **etapa II** no es tan clara. Sin embargo, tal como se dijo anteriormente, debe mantenerse una mínima cantidad de agua en el suelo para man-

tener una cierta funcionalidad de los olivos durante este periodo.

Generalmente, los frutos de árboles sometidos a estrés hídrico en verano son más pequeños y presentan un más bajo contenido en humedad y una menor relación pulpa/hueso que los de los árboles bien regados. Una limitación en la disponibilidad de agua determina una menor acumulación de aceite en los frutos (Figura 1).

3.- Producción de aceite por los frutos

El contenido de aceite en el fruto parece estar estrechamente correlacionado con la producción total de los olivos, siendo generalmente más alto en los árboles con baja producción que en los olivos con mediana o alta producción.

Es frecuente afirmar que el riego reduce el rendimiento graso de la aceituna. Con excepción de los olivares cultivados en zonas secas o en años de escasa pluviometría, el porcentaje de aceite referido a peso fresco puede ser algo más bajo en los frutos de los olivos bien regados que en los de secano. Pero debe tenerse en cuenta que la cantidad de aceite producido por un determinado número de frutos o por el propio árbol depende del aceite contenido en cada fruto, y no del porcentaje de aceite sobre peso fresco.

Aunque pueda existir un menor porcentaje de aceite con relación al peso fresco en los frutos en el olivar de riego, el porcentaje sobre materia seca y la cantidad de aceite en cada fruto no se ha visto nunca reducido por el riego, sino todo lo contrario (figura 1). Así, teniendo en cuenta que en regadío es mayor el número de frutos cuajados por árbol, resulta evidente que los olivos regados producen finalmente una mayor cantidad total de aceite por árbol y, en definitiva, por hectárea cultivada. Para un número similar de frutos cuajados por olivo, un árbol de riego produce una mayor cantidad de aceite.

4.- Dosis de agua de riego.

Los requerimientos totales de agua de riego dependen del clima (pluviometría y demanda evaporativa, fundamentalmente), del tipo de suelo, de la densidad de plantación y del desarrollo de los árboles (porcentaje de suelo cubierto). Así, en la zona regada de la provincia de Jaén, en la que normalmente se cultiva el olivo en suelos profundos con una gran capacidad de retención de agua, con un demanda caracterizada por una **ET_o** anual de 1.200 mm, y para una plantación con marco tradicional (<100 olivos/ha.) y buen desarrollo vegetativo, las necesidades de agua de riego (Pas-

tor *et al.*, 1998) en años secos pueden estar comprendidas entre 250-300 mm/año en riego localizado o, incluso, dosis más bajas (150-200 mm/año) en años en los que la pluviometría es más abundante (500-600 mm/año). Sin embargo, si se tratase de una plantación intensiva (>200 olivos/ha.), que proporciona normalmente una mayor cobertura del terreno, dichas necesidades de riego oscilarían entre 350-400 mm para los años secos y 250-300 mm para los más lluviosos.

Aunque estas cifras son una buena orientación en dicha región, en principio no son extrapolables a otras zonas (diferente ETo y/o diferente pluviometría o capacidad de almacenamiento de agua en el suelo), zonas en las que debe realizarse una programación de los riegos, aplicando la metodología para la determinación de las necesidades (método FAO) que más adelante describiremos, y que permite realizar una aproximación bastante fiable en cada tipo de olivar.

Durante el período primavera-comienzo de verano, es obvia la crucial importancia que tiene el poder asegurar una adecuada disponibilidad de agua durante los sensibles períodos de prefloración, floración y cuajado del fruto. Teniendo en cuenta que casi siempre las necesidades de agua de riego son escasas, es importante adoptar medidas para aumentar las disponibilidades de agua para el olivo:

FIGURA. 1

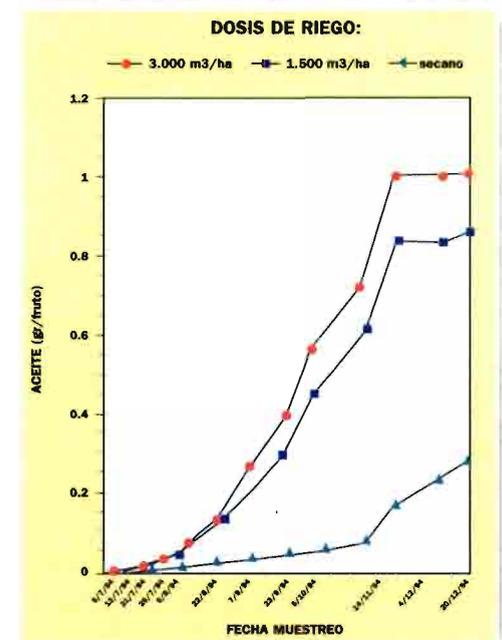


FIGURA 1: Evolución del contenido de aceite en el fruto a lo largo de la campaña 1994 (año seco) en los tres tratamientos de riego en un ensayo llevado a cabo en la localidad de Santisteban del Puerto (Jaén) en olivar tradicional adulto de 80 árboles/ha. Los tratamientos de riego se aplicaron aportando 80 l/día desde marzo a octubre en el caso del tratamiento con 1.500 m³/ha., y siguiendo la curva de ET en el caso del tratamiento con 3.000 m³/ha.

CUADRO I. FENOLOGÍA DEL OLIVO Y EFECTOS CAUSADOS POR EL DÉFICIT HÍDRICO

ÉPOCA DEL AÑO	HECHOS QUE OCURREN	EFEECTO DEL DÉFICIT DE AGUA EN EL SUELO
febrero-abril	Diferenciación de yemas de flor Desarrollo de las yemas de la flor Brotación yemas de madera Comienzo de crecimiento de brotes	Reducción del número de inflorescencias Aumento de la proporción de flores incompletas Aborto ovárico Reducción del crecimiento de los brotes
mayo-junio	Floración Cuajado de frutos Crecimiento de frutos (aumento del número de células) Crecimiento de brotes	Reducción del número de frutos cuajados Reducción del crecimiento de los frutos Reducción del crecimiento de los brotes y aumento de la alternancia de producción
julio-agosto	Crecimiento de frutos (aumento del número de células) Crecimiento de brotes Inducción floral	Reducción del crecimiento de los frutos Caída de frutos Reducción permanente del tamaño de los frutos Reducción del crecimiento
septiembre-recolección	Crecimiento de frutos Formación de aceite Crecimiento de los brotes (árboles descarga) Acumulación de reservas	Frutos de pequeño tamaño Baja relación pulpa-hueso Reducción del rendimiento graso Reducción del crecimiento de los brotes Peor calidad de flor en la campaña siguiente

1) Aumentar la infiltración del agua de lluvia en el suelo durante el periodo lluvioso otoño-invierno.

2) Reducir las pérdidas de humedad por transpiración de las malas hierbas o la evaporación desde la superficie del terreno, mediante:

2.1) **Labores mecánicas** muy superficiales, no más temprano de final de febrero, de modo que mantengamos una cobertura herbácea durante el invierno, lo que defenderá el suelo de la erosión durante el invierno, y no más tarde de final de marzo para evitar las pérdidas de agua por transpiración de las malas hierbas, así como la evaporación desde el suelo como consecuencia de la labor.

2.2) **Herbicidas** aplicados en el momento adecuado, de modo que, aunque mantengamos una cubierta herbácea en invierno para aumentar la infiltración, dejemos el suelo limpio, sin competencia de malas hierbas, a comienzo de abril (fecha límite).

Debe ponerse un especial énfasis en la importancia del control temprano de las malas hierbas, teniendo siempre en cuenta que la principal razón para esta acción es la eliminación de la competencia de las malas hierbas por el agua y los nutrientes. En años secos no debería permitirse en ningún momento la competencia de las malas hierbas con el olivo.

Es importante, especialmente en los años secos, comenzar los riegos durante el invierno o, a más tardar, a principio de la primavera, aunque teóricamente los olivos no necesiten el agua, de modo que los árboles encuentren suficiente cantidad de agua en el suelo al comienzo de la estación de crecimiento, permitiendo, además, constituir un almacén en el terreno, agua que será consumida más tarde por

el olivo. De esta forma podremos reducir las cantidades de agua que habría que aportar durante el verano para cubrir las necesidades del cultivo. Es frecuente que muchos olivareros no inicien el riego hasta que los olivos han agotado la reserva del suelo. En este caso, las aportaciones que habría que realizar durante el verano podrían ser cuantiosas, y casi nunca se dispone de instalaciones que permitan aplicar estas cantidades de agua, o bien el Organismo Regulador de la Cuenca no permite en Andalucía tomar agua en estas fechas.

Como vemos, con estos planteamientos la **reserva de agua del suelo** puede jugar un importante papel en la mayoría de las zonas regables de olivar de Andalucía y su evaluación a final del invierno parece indispensable para una correcta programación de los riegos.

En olivar de aceituna de almazara, el primer objetivo es obtener la máxima cantidad de aceite. Así, se requiere un alto número de frutos con un alto rendimiento graso para una abundante producción de aceite.

El número de frutos por olivo se define durante el periodo floración-principio de verano, y el contenido en aceite por fruto podría no estar muy afectado por el riego si el suelo está bien provisto de agua, por lo que, durante el verano, en los olivares de aceite, puede no ser necesario aplicar riegos intensivos. Sin embargo, ello es solamente aplicable en las zonas de pluviometría suficiente y siempre que se cultiven en suelos con una alta capacidad de retención de agua, capaces de suministrar la adecuada cantidad de agua para mantener el proceso de formación de aceite durante todo el periodo de desarrollo de la aceituna. La figura 1 muestra la evolución de la formación de aceite por el fruto en un año seco en tres oli-

vares a los que se aportan diferentes cantidades de agua. Vemos como la reducción de la cantidad de agua aportada redujo de forma significativa la acumulación de aceite en la aceituna.

Los olivares cultivados en zonas áridas o sobre suelos ligeros y poco profundos, con una baja capacidad de retención de agua, durante el verano deben ser bien regados para que no se limite formación de aceite en los frutos, para que crezcan los brotes y para la formación de flores perfectas al año siguiente.

Trabajos realizados en la provincia de Jaén en los últimos 8 años (Pastor *et al.*, 1998) han permitido realizar una aproximación válida para el cálculo de las necesidades de agua de riego del olivo (**R**) mediante la expresión (método FAO):

$$R = E_{To} \times kc \times kr - P_{ef}$$

Aplicable durante todo el año, expresión en la que **E_{To}** es la evapotranspiración del cultivo de referencia, que puede estimarse aplicando fórmulas empíricas (Pen-

man, Hargreaves...); **kc** es el coeficiente de cultivo, que para el cultivo del olivo puede tomar valores iguales a 0,6-0,65 durante los meses de primavera y otoño, y 0,55-0,60 durante los restantes meses del año; y **kr** es un coeficiente corrector que permite hacer una estimación para los olivares en los que el porcentaje de cobertura del terreno por la copa de los olivos es inferior al 50% de la superficie; y, finalmente, **P_{ef}** es la precipitación efectiva, que puede estimarse como el 70% de la lluvia total, despreciando en nuestras condiciones las lluvias de verano que no sean cuantiosas.

Los valores de **kr** a utilizar en el cultivo del olivo no están determinados, pero en una primera aproximación podría emplearse la expresión determinada en California por Fereres (1981) para el cultivo del almendro:

$$kr = 2 \times Sc / 100$$

En donde **Sc** es el porcentaje de suelo cubierto por la copa de los árboles, y que se calcula en función del diámetro medio (**D** en metros) de la copa de los olivos de la plantación a regar y de la densidad de plantación (**N** olivos/ha.), aplicando la expresión:

$$Sc = 3,14 \times D^2 \times N / 4 \times 100$$

Para el cálculo de la cantidad de agua aplicar, se propone programar el consumo del agua almacenada en el suelo durante el invierno, consumiendo solamente hasta un nivel de agotamiento del perfil del 70% del agua útil (capacidad de campo-punto de marchitamiento permanente), cantidad que es necesario tener muy en cuenta en el cultivo del olivo, ya que esta reserva representa un porcentaje importantísimo de las necesidades anuales de agua y que, en muchos casos, puede constituir hasta el 60-70% de la ET.

En el **cuadro II** resolvemos un ejemplo de cálculo de las necesidades de agua de un olivar con marco de plantación 10 x 10 metros, que se cultiva en un suelo profundo y con buena capacidad de retención, programando la utilización de la reserva hasta el nivel propuesto, 70% del agua útil y, en un año con pluviometría efectiva, de 316 mm. En este olivar, que no tiene un volumen de copa excepcional (10.000 m³/ha.), las necesidades totales de riego no superarían los 133 mm (1.330 m³/ha.) cubriéndose con una dotación de 75 litros por olivo y día en el período mayo-septiembre, además de 30 litros por olivo y día en abril y octubre, de este modo llegaríamos a principio del otoño con el perfil agotado. En esta situación, y para una instalación con 4 goteros de 4 litros por olivo, habría que regar diariamente aproximadamente durante 5 horas, por lo que si diseñamos una instalación en tres sectores, el caudal continuo necesario sería de 0,15 litros por segundo y hectárea.

Si se presentase un año seco, como en el que nos encontramos, con una lluvia efectiva de 170 mm, y con un período seco que abarcase desde abril a octubre, habría que modi-

ficar para dicho olivar el programa de riego a aplicar, ya que la reserva del suelo sería mucho menor, además de no contar con la pluviometría primaveral. Repitiendo los cálculos efectuados en el cuadro II, y suponiendo idénticos valores de ETo, que no lo son, ya que en estos años los valores de ETo suelen ser notablemente más altos, resultaría que para cubrir las necesidades sería necesario aportar 110 litros por olivo y día durante el período marzo-septiembre, más 65 litros por olivo y día en el mes de octubre. Este año sería ne-

cesaria una dotación de 256 mm (2.560 m³/ha.), y con la referida instalación sería necesario regar diariamente durante 7 horas.

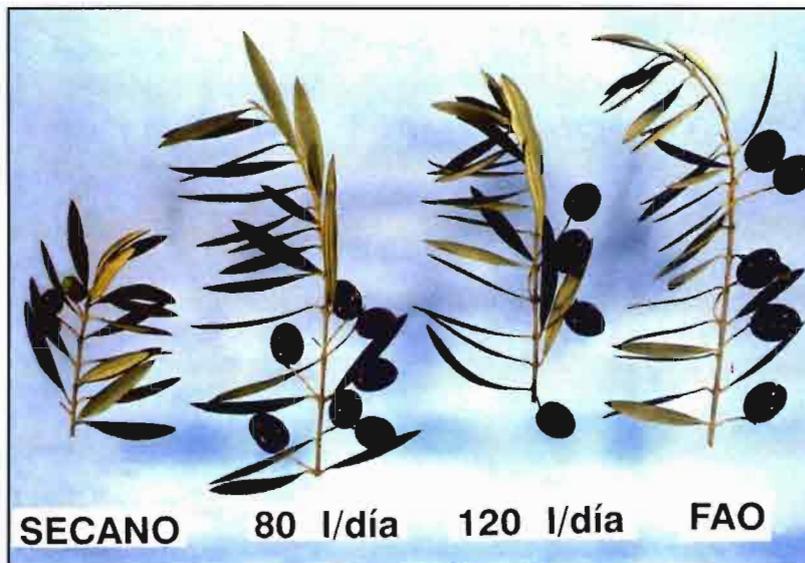
5.- Riegos deficitarios

Cuando las disponibilidades de agua en una zona son limitadas, en olivar de almazara puede ser interesante regar sin cubrir las necesidades máximas del cultivo, realizando la programación del riego como un complemento a la pluviometría anual. En olivares de la provincia de Jaén (Pastor *et al.*, 1998) hemos podido comprobar experimentalmente que, si se tienen en cuenta las producciones de un largo período de

tiempo (4-5 años), puede ser preferible diseñar una instalación para regar una mayor superficie, reduciendo el volumen total de agua aportada por hectárea, aunque en años secos pueda resentirse algo la producción en los olivares en los que se aplican programas de riego deficitario. ■

BIBLIOGRAFÍA

Existe una amplia bibliografía sobre este artículo a disposición de nuestros lectores.



Tamaño del fruto y crecimiento de los brotes correspondientes a un experimento de riego por goteo con diferentes dosis de agua de riego: secano (350 mm de lluvia), 80 l/día (1.500 m³/ha.), 120 l/día (2.000 m³/ha.) y FAO (3.000 m³/ha.).

CUADRO II. PROGRAMA MEDIO DE RIEGO PARA UN OLIVAR TRADICIONAL QUE VEGETA EN UN SUELO CON UNA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE 228 MM, EN LA ZONA DE BAEZA (JAÉN)

OLIVAR CON LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

Densidad (olivos/ha.) = 100 (10 x 10 m)
Volumen de copa (m³/ha.) = 10.000
Nivel permisible de agotamiento de perfil = 160 mm (228/0,7)
m²/olivo 100 kr = 0,621

MES	ETO mm/día	Pef mm/día	kc	kr (1)	ETc mm/día	ETc-Pef mm/día	RESERVA mm	RESERVA acumulada mm	RIEGO utilizando reserva L/ol.día	RESERVA DISPONIBLE mm
Enero	0,81	1,56	0,65	0,621	0,33	-1,23	38,13	117,84		
Febrero	1,33	1,64	0,65	0,621	0,54	-1,1	30,8	148,64		
Marzo	2,3	1,57	0,65	0,621	0,93	-0,64	19,84	160		160
Abril	3,69	1,02	0,6	0,621	1,37	0,35			30	159
Mayo	5,16	0,58	0,6	0,621	1,92	1,34			75	141
Junio	6,03	0	0,55	0,621	2,06	2,06			75	102
Julio	6,62	0	0,55	0,621	2,26	2,26			75	55
Agosto	5,51	0	0,55	0,621	1,88	1,88			75	20
Septiembre	4,03	0	0,55	0,621	1,38	1,38			75	1
Octubre	2,4	0,65	0,65	0,621	0,97	0,32	0	0	30	0
Noviembre	1,24	1,39	0,65	0,621	0,5	-0,89	26,7	26,7		
Diciembre	0,76	2,02	0,65	0,621	0,31	-1,71	53,01	79,71		
AÑO	1.217	316							133	
Riego + Pef		449								

(1) Superficie cubierta = 3.105 m²/ha. = 31,05%; kr = 2 x Sc = 0,621