



MANUAL PRÁCTICO DE RIEGO OLIVAR DE ALMAZARA



GOBIERNO DE EXTREMADURA

Autores: Juan Manuel Pérez Rodríguez, Juan Parras Cintero,
Encarnación Lara Carrasco, M^a del Henar Prieto Losada

Edita: Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura. CICYTEX.
Instituto de Investigación Agraria Finca "La Orden-Valdesequera"
Departamento de Hortofruticultura. Grupo de riego y nutrición.
Autovía A-5, km 372
06187 Guadajira (Badajoz)
Tel.: 924 014 000
<http://cicytex.gobex.es>
email: cicytex@gobex.es

Dep. Legal: BA-239/2014



Unión Europea
FEDER
Invertimos en su futuro

 **INIA**
Instituto Nacional de Investigación
y Tecnología Agraria y Alimentaria



GOBIERNO DE EXTREMADURA

ÍNDICE

1- INTRODUCCIÓN	1
2- TIPOS DE OLIVAR	1
2.1. Olivar tradicional	1
2.2. Olivar intensivo	1
2.4. Olivar en seto	1
3- CICLO DEL CULTIVO DEL OLIVO EN EXTREMADURA.....	2
4- CÁLCULO DE NECESIDADES HÍDRICAS	2
5- PROGRAMACIÓN DE RIEGO EN OLIVAR.....	3
5.1. Programación de riego según necesidades totales del cultivo.....	4
* Caso práctico de riego total	4
5.2. Programación de riego deficitario en olivar	6
* Caso práctico de riego deficitario continuado o sostenido (RDS).....	7
* Caso práctico de riego deficitario controlado (RDC).....	8
6- INDICADORES DE ESTADO HÍDRICO/ VALORES UMBRAL	9
7- RESUMEN	10

1.- INTRODUCCIÓN

El olivo es una especie característica de la Cuenca Mediterránea con una amplia superficie de cultivo (8,2 millones de ha), en expansión hacia otras zonas de la misma latitud. Es un cultivo tradicional de secano y adaptado a zonas áridas o semiáridas, con períodos a lo largo del año en los que la lluvia no cubre las necesidades de agua del olivo. Sin embargo, en las últimas décadas en el olivar han aparecido nuevos sistemas de cultivo más intensivos con mayor densidad de plantación y mecanizados que conviven con los olivares tradicionales, tanto en secano, como transformados en riego. Esto ha supuesto la evolución hacia una olivicultura altamente productiva y aunque esta tendencia es creciente actualmente solo el 10% del olivar mundial está en riego. España, destaca por ser el país con más superficie olivarera y Extremadura la tercera región en importancia

nacional con 263.000 ha de las cuales el 13 % son de riego.

Esta olivicultura de regadío, aunque altamente productiva, podría ser mucho más rentable con una gestión eficiente del agua de riego que maximice los ingresos por m³ de agua utilizada. Para ello, es necesario conocer las necesidades hídricas del olivar a lo largo del todo el año, así como distinguir que períodos son más y menos sensibles al déficit hídrico de forma que se diseñen estrategias de riego deficitario que permitan controlar el vigor de los árboles manteniendo la productividad.

El Grupo de Riego y Nutrición del CICYTEX, tiene una amplia experiencia en trabajos de riego en olivares extremeños y con este manual pone a disposición de técnicos y agricultores una guía sencilla y práctica de riego en olivar.

2- TIPOS DE OLIVAR

Podemos diferenciar 3 tipos de olivar en función del marco de plantación y grado de mecanización, todos ellos susceptibles de ser regados.

2.1. Olivar tradicional

Caracterizado por una densidad de plantación baja (inferior a 120 olivos/ha), árboles que pueden ser de gran tamaño (> 50 m³ de copa), que en algunas zonas españolas pueden estar formados por más de un pie, y en ocasiones situados en terrenos de pendiente elevada. Son olivares tradicionalmente de secano pero en muchos de ellos se ha introducido el riego y otros avances tecnológicos como la recolección con vibradores de tronco. Aunque son muchas las hectáreas implantadas en este sistema raramente se hacen plantaciones nuevas de este tipo. La productividad es muy variable y los costes de cultivo por kg de aceituna pueden ser altos.

2.2. Olivar intensivo

Caracterizado por densidades de plantación que van de 200 a 600 olivos/ha y árboles de tamaño medio que varían entre 20 y 50 m³ de copa, de un solo pie y formados en vaso. Este olivar es susceptible de una mecanización de la recolección más completa con vibradores de paraguas invertidos. En los olivares intensivos más densos (300-600 olivos/ha) se pueden utilizar cosechadoras cabalgantes.

En general están implantados en riego siendo muy productivo con producciones entorno a los 8.000-12.000 kg/ha de aceituna.

2.3. Olivar en seto

También conocido como superintensivo y caracterizado por densidades entre 1.000-2.000 olivos/ha con árboles de pequeño tamaño, alrededor de 7 m³ y formados en eje central. Se utilizan variedades de vigor reducido y porte compacto. Este olivar exige terrenos llanos o de poca pendiente y es susceptible a una mecanización total de la recolección con cosechadora cabalgante y total o parcial de la poda. Las producciones son altas y similares a los olivares intensivos adultos pero alcanzan antes plena producción y con mayores cosechas en los primeros años. Sin embargo, controlar el tamaño de los árboles es más difícil en estos marcos de plantaciones tan densos y puede reducir la vida útil de la plantación al decaer las producciones con el paso de los años. Las plantaciones de olivar en seto se implantan en riego aconsejándose especialmente el uso de estrategias de riego deficitario para controlar el vigor y mantener un equilibrio entre crecimiento y productividad.

3- CICLO DEL CULTIVO DEL OLIVO EN EXTREMADURA

El ciclo productivo del olivo se puede dividir en 3 fases bien definidas y con diferente sensibilidad a la falta de agua. En la **figura 1** se presenta esquemáticamente ajustadas a la región extremeña.

- **Fase I:** se inicia con la brotación del árbol (primeros de marzo), continuando con la floración-cuajado de frutos para finalizar con el endurecimiento de hueso de las aceitunas (primeros de julio).
- **Fase II:** comprende el período desde endurecimiento de hueso y finaliza al inicio de septiembre (10-15 días antes del inicio del invierno o cambio de coloración de verde a amarillo del fruto).
- **Fase III:** abarca desde inicio de septiembre hasta la cosecha (noviembre).

En fase I se produce el mayor crecimiento vegetativo del olivo y por tanto es una época importante para evitar un crecimiento excesivo reduciendo la dosis de riego por debajo de las necesidades de los árboles. Este procedimiento de control del vigor solo será efectivo en años de baja pluviometría primaveral. Sin embargo, hay que tener presente no aplicar estrés severo para no perjudicar los procesos de floración y cuajado para obtener una buena cosecha.

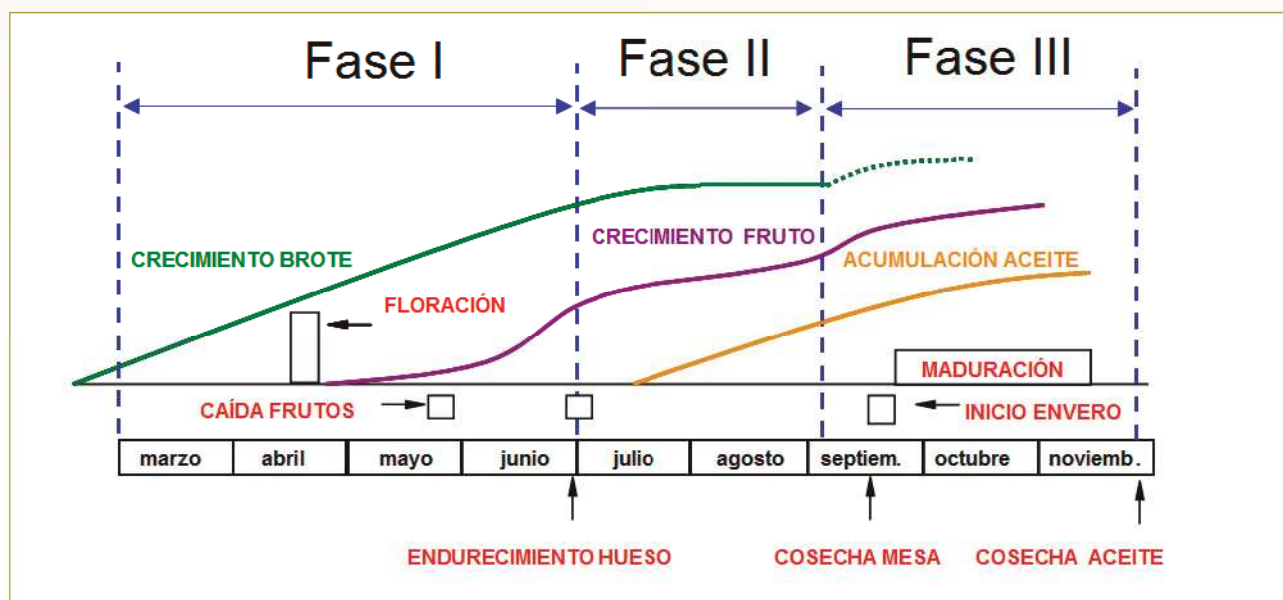


Figura 1: Descripción del estado fenológico del olivo reagrupado en tres fases de cultivo de cara a la aplicación de estrategias de riego según la diferente sensibilidad a la falta de agua.

En fase II, tiene lugar una parada vegetativa del árbol, salvo en plantaciones jóvenes u olivares con baja carga de aceituna que continuaría creciendo aunque con menos intensidad. Esta es una buena época para realizar recortes de agua de riego ya que es un período poco sensible al déficit hídrico ya que el crecimiento y llenado de aceite de la aceituna se podría recuperar en el siguiente período no afectando a la producción final.

Por último, en la fase III vuelve a reactivarse el crecimiento vegetativo del olivo coincidiendo con el período final de maduración de la aceituna. En esta fase debe garantizarse que el árbol esté en condiciones óptimas de disponibilidad de agua o con un estrés ligero, ya que este último da lugar a mayores contenidos grasos al reducir la cantidad de agua del fruto. Es importante no cortar el riego demasiado pronto en años secos.

4- CÁLCULO DE NECESIDADES HÍDRICAS

El consumo hídrico de un olivar se produce por evaporación directa del agua desde la superficie del suelo y por la transpiración a través de las plantas tanto de olivos como de cualquier otra cubierta vegetal o mala hierba presente en el olivar. La suma de estos dos términos es lo que se conoce como evapotranspiración de cultivo (ETc) o necesidades hídricas del olivar.

Para la determinación de las necesidades hídricas nos basaremos en el método propuesto por el manual 56 de la FAO (FAO 56) que se calcula con la ecuación:

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

La ET_o es la evapotranspiración del cultivo de referencia, que contempla la demanda evaporativa de cada zona debida a la climatología de

la misma. Este dato se obtiene para cada día en la Red de Estaciones de Asesoramiento al Regante del Gobierno de Extremadura (REDAREX) disponible en su pagina web.

K_c es el coeficiente específico de cada cultivo. En la **figura 2** se presentan los valores de este coeficiente a lo largo de todo el año, ajustado para las condiciones de cultivo de Extremadura.

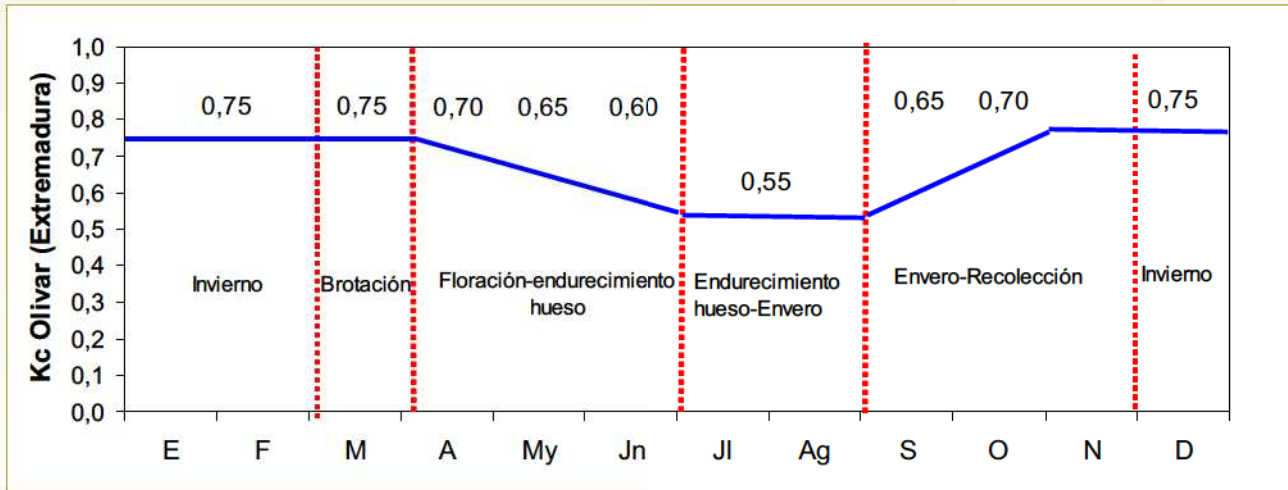


Figura 2: Valores de K_c según estado fenológico del olivar adaptados para Extremadura. Los números que aparecen en la parte superior son los valores medios mensuales.

En el caso de olivares jóvenes o plantaciones tradicionales con marcos amplios hay que utilizar un coeficiente llamado de reducción (K_r) para adaptarlo a condiciones de poco desarrollo de las copas de los árboles. Este coeficiente se aplica a la ET_c cuando la copa sombree menos del 60% de la superficie del suelo a la hora en que el sol ocupa el punto más alto. Para el cálculo de la superficie cubierta (Sc) o suelo sombreado por la copa al mediodía se utiliza la formula:

$$Sc = (3,14 \times D^2 \times N)/400$$

donde D es el diámetro medio de las copas y N la densidad de plantación del olivar en árboles/ha que se obtiene de dividir 10.000 entre el marco de plantación. En la **tabla 1** se presentan los valores de equivalencia para este coeficiente según el Sc obtenido hasta el máximo valor de $K_r = 1$ donde no haría falta usarlo.

Tabla 1: Valores de K_r calculados en función del suelo sombreado del olivar

	Suelo sombreado por el árbol											
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
K_r	0,15	0,27	0,38	0,48	0,57	0,65	0,73	0,80	0,86	0,91	0,95	0,99

5- PROGRAMACIONES DE RIEGO EN OLIVAR

Extremadura es una región que se caracteriza por concentrar el período de lluvias en los meses de otoño a primavera, de forma que en verano, las temperaturas más altas coinciden con la ausencia de lluvia. Por tanto, solo una parte de la pluviometría anual puede ser aprovechada por el olivo, bien por que se produce en el período productivo del olivar o aquella que queda almacenada en el suelo en la zona ocupada por las raíces.

5.1. Programación de riego según necesidades totales del cultivo.

El objetivo es aportar mediante el riego el agua necesaria para mantener al cultivo en un estado hídrico óptimo en todo su ciclo teniendo en cuenta el agua de lluvia que realmente podrá ser aprovechada por los olivos.

Este tipo de programación se utiliza para alcanzar la máxima producción en plantaciones adultas y se recomienda utilizar en plantaciones jóvenes para favorecer una pronta entrada en producción y reducir el período de formación.

En la **tabla 2** se presenta una estimación del agua útil que se puede almacenar para diferentes suelos del olivar. Este dato es importante para determinar el inicio de la campaña de riego así como los volúmenes de agua a aportar en cada mes y frecuencia de riego.

Tabla 2: Capacidad máxima de almacenamiento de agua disponible almacenada para distintos tipos de suelo para una profundidad de 1 m y considerando un aprovechamiento del 75%.

Textura	Capacidad agua disponible almacenada mm (l/m ²)
Arenoso	36
Franco-arenoso	90
Franco	128
Franco-arcilloso	142
Arcillo-limoso	150
Arcilloso	173

En el caso del riego por goteo podría ignorarse el papel del suelo como almacén de agua, lo cual simplificaría mucho la programación de riego además de servirnos como un colchón o margen de maniobra, aunque comenzaríamos antes la campaña de riego y aumentaríamos innecesariamente los costes de cultivo. Para saber la dosis de riego neto (RN) utilizaríamos la expresión: $RN = ET_c - P_e$ (precipitación efectiva que podría usar el olivo), la cual se puede obtener mensualmente a través de calendarios climáticos medios o ajustándola semanalmente a tiempo real. Por tanto, se regaría cuando esta expresión sale positiva y con esa misma cantidad resultante.

* Caso práctico de riego según necesidades totales

A continuación se expone un caso práctico a modo de ejemplo a seguir en donde se desarrolla una programación de riego para un "olivar intensivo" con una densidad de plantación (N) de 333 árboles/ha (6 x 5 m), en suelo franco arenoso, diámetro medio de copa (D) de 4 m y número de goteros por árbol de 4 con caudal de 4 l/h. Esta misma estrategia se usaría de forma similar para los otros tipos de olivar cambiando simplemente los datos de entrada.

El primer paso es calcular el porcentaje de suelo cubierto (Sc) y comprobar si estamos ante una cubierta incompleta en cuyo caso habría que aplicar el Kr.

$$Sc = (\pi \times D^2 \times N)/400$$

$$Sc = (3,14 \times 4^2 \times 333)/400 = 41,8\%$$

Como sale inferior al 50% utilizaríamos la tabla 2 con un valor de Kr de 0,80.

En la **tabla 3** se presentan los cálculos de necesidades hídricas anuales y riego a aplicar para este olivar tomando como datos climáticos la media de 10 años de la estación agroclimática de la Finca la Orden, Guadajra (Badajoz). Se inicia el calendario de riego en octubre (comienzos de la estación lluviosa a efectos de almacenamiento de agua en el suelo) y finaliza en septiembre. Se propone además una programación teniendo en cuenta el suelo como almacén y otra sin considerarlo, donde la campaña de riego comenzará antes por lo que sería la estrategia anterior pero aplicando una dosis extra que se presenta enmarcada en rojo en la **tabla 3** (columnas 8,9 y 10). Al ser un terreno franco arenoso el máximo almacén del suelo sería de 90 mm, lo que significa que aunque llueva más no se podrá almacenar mas agua de esa cantidad en el suelo, que se perderá por percolación profunda o escorrentía superficial.

Tabla 3: Necesidades hídricas y riego aplicado en un "olivar intensivo" utilizando una estrategia de riego completo.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MES	ET _o (mm/mes)	K _c	K _r	ET _c (mm/mes)	P _e (mm/mes)	ET _c -P _e (mm/mes)	Reserva suelo (mm)	Dosis de riego		Tiempo (horas/día)
								(mm/mes)	l/olivo día	
O	71	0,70	0,80	40	50,1	-10,3	10,3	0	0	0h
N	38	0,75	0,80	23	31,4	-8,6	18,9	0	0	0h
D	24	0,75	0,80	14	44,5	-30,1	49,0	0	0	0h
E	27	0,75	0,80	16	30,2	-14,0	63,0	0	0	0h
F	48	0,75	0,80	29	30,7	-1,9	64,9	0	0	0h
M	87	0,75	0,80	52	23,4	28,8	36,1	28,8	28	1h 45min
A	112	0,70	0,80	63	31,5	31,2	4,8	31,2	31	1h 56min
My	155	0,65	0,80	81	20,7	60,0	0,0	60,0	58	3h 38min
J	196	0,60	0,80	94	3,9	90,2	0,0	90,2	90	5h 38min
Jl	213	0,55	0,80	94	1,1	92,7	0,0	92,7	90	5h 38min
Ag	186	0,55	0,80	82	2,5	79,3	0,0	79,3	77	4h 49min
S	126	0,65	0,80	66	12,8	52,7	0,0	52,7	53	3h 19min
TOTAL				653	283			435/375		

Calculo de necesidades:

En la columna 1,2 y 3 se muestran los datos para el cálculo de las necesidades de riego utilizando para ello el dato de ET_o obtenido de la estación climática (columna 1), los coeficientes de cultivo de la figura 2 (columna 2) y el valor de K_r obtenido de la tabla 1 (columna 3). La columna 4 es el resultado de multiplicar las tres primeras columnas y muestra las necesidades mensuales del olivar planteado.

Agua disponible:

Para el cálculo del riego habría que tener en cuenta la precipitación efectiva de la zona (columna 5), dato suministrado por la red de estaciones o calculado como 0,7 por la precipitación total en caso de usar un pluviómetro el propio agricultor. Este dato es importante obtenerlo a tiempo real y no utilizar datos promedios de otros años, porque las diferencias de precipitación interanual o incluso entre zonas cercanas suele ser grande y puede provocar desajustes importantes entre los cálculos y la realidad.

Necesidades de riego:

Cuando la diferencia de la columnas 4 y 5 (columna 6) resulta negativa significa que la lluvia satisface las necesidades del cultivo y almacena agua en el suelo (7), por el contrario cuando la resultante es positiva la pluviometría no es capaz de satisfacer las necesidades del olivo por lo que consumiría la reserva del suelo.

La columna 7 (reserva del suelo) se inicia con la cantidad resultante en positivo de la columna 6 (dato en amarillo) y se va sumando cuando esta es negativa y descontando cuando es positiva teniendo en cuenta que no podemos pasarnos del almacén máximo ni este resultar negativo (se podría cero). En este caso se podría optar por aprovechar este almacén descontándolo y comenzando el riego cuando la columna 7 pase a cero o comenzando a regar directamente con esa misma cantidad positiva resultante de la columna 6. La diferencia entre considerar el agua almacenada o no es que la campaña de riego pasaría de comenzar en mayo hasta septiembre a tener que regar también en marzo y abril (columna 8). La cantidad total de agua sería de 4.350 m³/ha (435 mm) y de 3.750 m³/ha (375 mm) respectivamente, es decir, un ahorro del 14% de agua de riego.

Conversión de unidades:

Para pasar las dosis de riego expresadas en mm, a l/olivo día (columna 9) se multiplica la columna 8 por el marco de plantación (en nuestro caso 6 x 5 m = 30 m²) y se divide entre el número de días del mes.

$$\begin{aligned} &\text{Ejemplo mes Julio:} \\ &(92,7 \text{ mm (l/m}^2) \times 30 \text{ m}^2) / 31 \text{ días} = \\ &90 \text{ l/olivo día} \end{aligned}$$

Para transformar estos l/olivo a tiempo de riego hay que tener en cuenta el número de goteros

por árbol y el caudal en horas por gotero. Si disponemos de 4 goteros de 4 l/h, significa que en 1 hora (60 min) de funcionamiento de riego aplicamos 16 l a cada olivo. En caso de no saber la distancia ni caudal de los goteros, habría que medir la separación de estos en campo y recoger el agua que suministra un gotero en un recipiente durante una hora que se medirá en una probeta graduada.

Ejemplo mes Julio:
 $(90 \text{ l/olivo} \times 60 \text{ min}) / 16 \text{ l} =$
 338 min de riego diario

Estos 338 min serían transformados en horas 5h (300 min) y sobrarían 38 min, es decir 5h y 38 min de riego. Por último, habría que considerar que este cálculo está realizado en el caso que nuestro sistema de riego fuera eficiente al 100%. En el caso del riego por goteo se puede considerar una eficiencia del 95% por lo que deberíamos aumentar los 338 min a 355 min $((338 \times 100 / 95) = 355 \text{ min}) = 5 \text{ h y } 55 \text{ min de riego}$.

5.2. Programación de riego deficitario en olivar.

Las estrategias de riego deficitario, es decir aplicar menos cantidad de agua de riego de la necesaria, son muy aconsejables en plantaciones adultas y para cualquier sistema de olivar. Aunque las producciones podrían ser algo inferiores a un riego según necesidades totales del olivar, se ha demostrado que la reducción en costos de cultivo al ahorrar agua, poda, fertilizantes, energía y mejorar el rendimiento y calidad del aceite igualan o incrementan los beneficios de la plantación.

Hay dos tipos de estrategias de riego deficitario aplicables al olivar:

- Riego deficitario continuado o sostenido (RDS).
- Riego deficitario controlado (RDC).

El RDS consiste en aplicar de un 50-75% de la dosis obtenida según el cálculo propuesto para riego total. El aplicar una reducción porcentual

mayor o menor va a depender de la disponibilidad de agua y de las características en concreto del olivar. La ventaja es un ahorro en el riego y como inconveniente, no sacaríamos el máximo partido al agua que estamos aplicando debido a que cada fase de cultivo tiene distintos grados de sensibilidad a la falta de agua.

Existe otra estrategia RDS en olivar de más fácil manejo que consiste en aplicar siempre la misma dosis de agua durante toda la campaña y contar con que el agua almacenada en el suelo compense las diferentes demandas entre meses. Como ejemplo, si las necesidades totales de un olivar son 4.000 m³/ha y consideramos una reducción del 75% (3.000 m³/ha) para una campaña de 6 meses de riego, se aplicaría 500 m³/ha por mes. Esta cantidad mensual se dividiría entre el número de días del mes y se regaría la misma cantidad diaria. Esta estrategia supone pérdida de producción respecto de un olivar regado según necesidades hídricas y la pérdida dependerá de las condiciones climatológicas del año.

El otro tipo de estrategia más aconsejable es el RDC que consiste en aplicar menos cantidad de agua de la necesaria para cubrir las necesidades totales pero diferenciando entre los períodos más y menos sensibles a la falta de agua del ciclo de cultivo. Las reducciones serán mayores cuando la producción y calidad no se vean apenas afectadas y se aplicará ligeros recortes o toda el agua necesaria en los períodos críticos del cultivo donde la productividad se vea comprometida. Aplicando esta estrategia con la misma cantidad de agua o incluso menor que la utilizada en RDS se pueden obtener mejores producciones y beneficios económicos.

En base a los trabajos realizados por el Grupo de Riego del CICYTEX, la estrategia más recomendable a seguir es la que aparece reflejada en la **tabla 4**. Según dicha estrategia se aplica más agua en las fases I y III ya que afectan al cuajado y acumulación de aceite respectivamente y en fase II, que coincide con los meses de verano, es donde se aplican los mayores recortes en el riego.

Tabla 4: Estrategia de riego deficitario controlado recomendado por el CICYTEX para olivar según las fases de cultivo.

Estrategias de riego deficitario controlado			
Fenología	Fase I	Fase II	Fase III
Meses	M-J	Jl-Ag	S-N
% con respecto a riego total	75	40	60

* Caso práctico de riego deficitario sostenido (RDS)

El caso que se expone a continuación sería un riego deficitario sostenido durante toda la campaña de riego al 60% de la dosis total. Sería para un "olivar tradicional" con una densidad de plantación (N) de 100 árboles/ha (10 x 10 m), en suelo franco arcilloso, diámetro medio de copa (D) de 6 m y número de goteros por árbol de 4 con caudal de 4 l/h. Igualmente indicar que esta misma estrategia podría aplicarse a los otros tipos de olivar.

Calculamos el porcentaje de suelo cubierto (Sc) para este olivar:

$$S_c = (\pi \times D^2 \times N)/400$$

$$S_c = (3,14 \times 6^2 \times 100)/400 = 28,3\%$$

Introduciendo este dato en la tabla 2 tomaríamos un valor de Kr de 0,65

En la **tabla 5** se presentan los cálculos de necesidades hídricas anuales y riego aplicado para este olivar tomando los mismos datos climáticos del caso anterior y con el mismo diseño y método de cálculo. La única diferencia radica en que se aplicaría un 60% de la dosis de riego calculada. En este caso el aprovechar el suelo como almacén (máximo almacenamiento 142 mm para este tipo de suelo) reduciría la campaña de riego de junio a septiembre y reduciría la dosis de agua de 2.010 m³/ha (201 mm) a 1.510 m³/ha (151 mm), es decir, pasaríamos de una estrategia del 60% al 45% de reducción de la dosis.

Tabla 5: Necesidades hídricas y riego aplicado en un "olivar tradicional" utilizando una estrategia de riego deficitario sostenido. Los datos de la columna 8 corresponden al riego a aplicar considerada ya la reducción del 60%.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MES	ET _o (mm/mes)	K _c	K _r	ET _c (mm/mes)	Pe (mm/mes)	ET _c -Pe (mm/mes)	Reserva suelo (mm)	Dosis de riego		Tiempo (horas/día)
O	71	0,70	0,65	32	50,1	-17,7	17,7	0	0	0h
N	38	0,75	0,65	19	31,4	-12,8	30,5	0	0	0h
D	24	0,75	0,65	12	44,5	-32,8	63,4	0	0	0h
E	27	0,75	0,65	13	30,2	-17,0	80,4	0	0	0h
F	48	0,75	0,65	23	30,7	-7,3	87,7	0	0	0h
M	87	0,75	0,65	42	23,4	19,0	68,7	11,4	37	2h 19min
A	112	0,70	0,65	51	31,5	19,5	49,2	11,7	39	2h 26min
My	155	0,65	0,65	65	20,7	44,8	4,4	26,9	87	5h 26min
J	196	0,60	0,65	76	3,9	72,5	0,0	43,5	145	9h 04min
Jl	213	0,55	0,65	76	1,1	75,1	0,0	45,1	145	9h 04min
Ag	186	0,55	0,65	66	2,5	64,0	0,0	38,4	124	7h 45min
S	126	0,65	0,65	53	12,8	40,4	0,0	24,3	81	5h 04min
TOTAL				530	283			201/151		

En la **tabla 6** muestra el mismo tipo de olivar que el ejemplo anterior pero en este caso el riego deficitario aplicado es a dosis constantes. Se ha considerado una campaña de riego de 6 meses de duración comenzando el riego un mes después que el balance ET_c-Pe salga positivo (columna 6) para aprovechar en parte las reservas del suelo pero sin llegar a agotarlas para compensar los meses de menos aportación hídrica.

Tabla 6: Necesidades hídricas y riego aplicado en un "olivar tradicional" utilizando una estrategia de riego deficitario sostenido a dosis constantes. La columna 8 corresponden al riego a aplicar considerada ya la reducción del 60% y aplicando a igual dosis durante la campaña de riego.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MES	ET _o (mm/mes)	K _c	K _r	ET _c (mm/mes)	P _e (mm/mes)	ET _c -P _e (mm/mes)	Reserva suelo (mm)	Dosis de riego		Tiempo (horas/día)
								(mm/mes)	l/olivo día	
O	71	0,70	0,65	32	50,1	-17,7	17,7	0	0	0h
N	38	0,75	0,65	19	31,4	-12,8	30,5	0	0	0h
D	24	0,75	0,65	12	44,5	-32,8	63,4	0	0	0h
E	27	0,75	0,65	13	30,2	-17,0	80,4	0	0	0h
F	48	0,75	0,65	23	30,7	-7,3	87,7	0	0	0h
M	87	0,75	0,65	42	23,4	19,0	68,7	0	0	0h
A	112	0,70	0,65	51	31,5	19,5	49,2	33,5	110	6h 53min
My	155	0,65	0,65	65	20,7	44,8	4,4	33,5	110	6h 53min
J	196	0,60	0,65	76	3,9	72,5	0,0	33,5	110	6h 53min
Jl	213	0,55	0,65	76	1,1	75,1	0,0	33,5	110	6h 53min
Ag	186	0,55	0,65	66	2,5	64,0	0,0	33,5	110	6h 53min
S	126	0,65	0,65	53	12,8	40,4	0,0	33,5	110	6h 53min
TOTAL				530	283			201		

*** Caso práctico de riego deficitario controlado (RDC)**

El caso que se expone a continuación sería para un "olivar en seto" con una densidad de plantación (N) de 1.975 árboles /ha (3,75 x 1,35 m), en un suelo franco, diámetro medio de copa (D) de 1,5 m y número de goteros por árbol de 1,8 (distanciados a 0,75 cm en la línea) con caudal de 2,2 l/h. Igualmente indicar que esta misma estrategia podría aplicarse a los otros tipos de olivar.

Calculamos el porcentaje de suelo cubierto (S_c) para este olivar:

$$S_c = (\pi \times D^2 \times N)/400$$

$$S_c = (3,14 \times 1,5^2 \times 1975)/400 = 34,9\%$$

Como sale inferior al 50% introducimos este dato en la **tabla 2** tomando un valor de K_r de 0,73.

En la **tabla 7** se presentan los cálculos de necesidades hídricas anuales y riego aplicado para este olivar tomando los mismos datos climáticos de los casos anteriores pero en este caso aplicándole la estrategia propuesta en la **tabla 4** (multiplicar la dosis de riego obtenida en la columna 6 por el % de reducción). En este caso el aprovechar el suelo como almacén (máximo almacenamiento para este suelo de 128 mm) reduciría la campaña de riego de mayo a septiembre pasando de 2.390 m³/ha (239 mm) de agua a 1.990 m³/ha (199 mm) lo que supondría un ahorro total del 38 y 49% respectivamente del agua que necesitaríamos si regáramos completamente.

Tabla 7: Necesidades hídricas y riego aplicado en un "olivar en seto" utilizando una estrategia de riego deficitario controlado.

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	ET _o (mm/mes)	K _c	K _r	ET _c (mm/mes)	Pe (mm/mes)	ET _c -Pe (mm/mes)	Reserva suelo (mm)	Estrat. RDC (%)	Dosis de riego (mm/mes) l/olivo día		Tiempo (horas/ día)
O	71	0,70	0,73	36	50,1	-13,8	13,8	60%	0	0	0h
N	38	0,75	0,73	21	31,4	-10,6	24,4	60%	0	0	0h
D	24	0,75	0,73	13	44,5	-31,4	55,7	-	0	0	0h
E	27	0,75	0,73	15	30,2	-15,4	71,1	-	0	0	0h
F	48	0,75	0,73	26	30,7	-4,5	75,6	-	0	0	0h
M	87	0,75	0,73	48	23,4	24,3	51,3	80%	19,4	3,2	48min
A	112	0,70	0,73	57	31,5	25,7	25,6	80%	20,6	3,5	53min
My	155	0,65	0,73	74	20,7	52,9	0,0	80%	42,3	6,9	1h 45min
J	196	0,60	0,73	86	3,9	81,9	0,0	80%	65,5	11,1	2h 48min
Jl	213	0,55	0,73	86	1,1	84,5	0,0	40%	33,8	5,5	1h 23min
Ag	186	0,55	0,73	75	2,5	72,2	0,0	40%	28,9	4,7	1h 11min
S	126	0,65	0,73	60	12,8	47,0	0,0	60%	28,2	4,8	1h 13min
TOTAL				596	283			239/199			

Para expresar la dosis de riego en l/olivo día (columna 10) en ese caso multiplicaríamos la columna 9 por 5,06 m² de marco de plantación (3,75 m x 1,35 m) y se dividiría igualmente entre el número de días del mes. Para transformar a horas de riego al día en este olivar, cada árbol contaría con 1,8 goteros de 2,2 l/h lo que signi-

fica que cada olivo en una hora (60 min) dispondría de 3,96 l.

Ejemplo mes Julio:
 $(5,5 \text{ l/olivo} \times 60 \text{ min}) / 3,96 \text{ l} =$
 83 min de riego diario (1h 23 min).

6- INDICADORES DE ESTADO HÍDRICO/ VALORES UMBRAL

Disponer de un indicador del estado hídrico del árbol resulta muy útil para saber si el riego que estamos aplicando es el correcto y evaluar así nuestro sistema de riego y la programación de riego adoptada. En el caso de utilizar estrategias de Riego Deficitario Controlado, más que recomendable, es necesaria ya que es una forma de evitar que los niveles de estrés sean excesivos o prácticamente tan inexistentes que no se lleguen a obtener los resultados esperados. La medida del potencial hídrico del tronco mediante cámaras portátiles tipo "pump-up" (**fotografía 1**) es una medida muy recomendable y fácil de usar e interpretar. Este aparato nos da valores de presión (expresados en bares) con que retiene el

agua la planta que se pueden comparar como valores umbrales de referencia y aportarnos de manera inmediata el estado de nuestros árboles.

En la **tabla 8** se presentan los umbrales obtenidos en condiciones de campo por el Grupo de Riego y Nutrición del CICYTEX, tanto para un riego completo que asegure un estado hídrico óptimo (valores mínimos), como los valores máximos admisibles cuando aplicamos un riego deficitario controlado (RDC). Los valores relativos a RDC ponen una vez más de manifiesto que la fase II es la que puede soportar mayores sequías con menores consecuencias en la producción.

Tabla 8: Valores umbral mínimos (1) y máximos (2) de potencial hídrico de tronco al mediodía solar en olivar según las fases de cultivo para un riego óptimo y un riego deficitario controlado.

Potencial hídrico de tallo (bares)			
Fenología	Fase I	Fase II	Fase III
Meses	M-J	Jl-Ag	S-N
Riego completo (1)	10	14	12
Riego deficitario controlado (2)	14	25	16



Fotografía 1: Cámaras portátiles tipo "pump-up" utilizadas para medir potencial hídrico de tallo en olivar

7- RESUMEN

Para regar adecuadamente el olivo hay que tener en cuenta:

- Aconsejable realizar un riego según las necesidades totales de los árboles en cualquier sistema de olivar en los primeros años de plantación para evitar retrasos en la entrada en producción.
- El empleo de estrategias de riego deficitario solo es aconsejable en plantaciones adultas para ahorrar agua y reducir otros costos de cultivo. En el caso de plantaciones en seto es recomendable incluso en formación pero con niveles ligeros de estrés.
- Cuando se emplean estrategias de riego deficitario controlado, la fase II del cultivo (julio-agosto) es la fase menos sensible a la falta de agua y donde mayores recortes en riego se pueden realizar sin bajar la producción del olivar y ahorrar gran cantidad de agua al ser la época de más demanda hídrica.
- La fase I (floración-cuajado del fruto) y fase III (después del verano) son períodos sensibles a la falta de agua. Solo sería recomendable una restricción de agua de riego leve en fase I cuando sea necesario controlar el vigor de los árboles y en fase III se recomienda usar ligeros déficit para aumentar el rendimiento graso de las aceitunas al bajar su contenido de agua.



Este manual ha sido elaborado por el grupo de olivicultura del CICYTEX, financiado a través de la acción complementaria INIA AE2012-00072-00-00 y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)



GOBIERNO DE EXTREMADURA
Consejería de Empleo, Empresa e Innovación