



## Capítulo 4

# Requerimientos hídricos del olivo cv. Azapa

**Alejandro Antúnez B.**

Ingeniero Agrónomo, Ph. D.  
INIA La Platina

**Evelyn Cajias A.**

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.  
INIA Ururi

**Luis Felipe Román O.**

Ingeniero Agrónomo M. Sc.  
INIA Ururi



## 4.1 Olivo y estrés hídrico

El olivo es una especie resistente al estrés hídrico (Cadahia, 2005), y diversas investigaciones indican que éste tiene características que le permiten afrontar con éxito los períodos de sequía. Estas características incluyen hojas pequeñas (5-6 cm de largo y 1-1,5 cm en el punto más ancho), ceras cuticulares, estomas presentes sólo en el envés de la hoja y cubiertas de tricomas, que ofrecen un buen control de la pérdida de agua por transpiración (Lavini *et al.*, 2008). A su vez, el olivo posee adaptaciones fisiológicas para resistir bajos contenidos de agua en el suelo, y de esta manera, mantener la turgencia y el metabolismo de hojas y raíces. Esta capacidad se conoce como ajuste osmótico e implica la acumulación de metabolitos osmóticamente activos (manitol en olivos) e iones para poder absorber agua bajo el punto de marchitez permanente (PMP) de -2,5 MPa, en el cual la mayoría de los cultivos herbáceos no podrían sobrevivir (Connor y Fereres, 2005).

Bajo un limitado aporte de agua, los olivos pueden adaptarse al estrés hídrico pero, a pesar de su resistencia a la sequía, cualquier aporte de agua adicional suministrada, a través del riego, tiende a aumentar el rendimiento de las olivas (Tognetti *et al.*, 2006; Iniesta *et al.*, 2009).

Cuando el contenido de agua en el suelo no es suficiente para reponer las pérdidas por transpiración, el cultivo sufre estrés hídrico, que finalmente se traduce en un menor rendimiento (Barranco *et al.*, 2008). Los efectos de un estrés hídrico no sólo ocasionan impactos negativos durante la temporada de producción, sino también en los años siguientes, como se detalla en el **Cuadro 1** (Ferreya *et al.*, 2001).



**CUADRO 1.** Efecto del déficit hídrico en olivos.

Proceso	Efecto del déficit hídrico
Crecimiento vegetativo	Reducción de crecimiento y del número de flores al año siguiente
Desarrollo de yemas florales	Menor número de flores
Floración	Floración incompleta
Cuajado de frutos	Aborto floral Aumenta el añerismo
Crecimiento inicial del fruto	Menor tamaño del fruto (menor número de células por fruto)
Crecimiento final del fruto	Menor tamaño del fruto (menor tamaño de las células) Mayor contenido de K+ en los frutos Adelanto de la madurez
Acumulación de aceite	Mayor contenido de aceite en el fruto

Fuente: Adaptado de Ferreyra *et al.* (2001).

Desde el inicio de brotación (tanto de yemas vegetativas como yemas florales) y hasta floración, es importante que no ocurra déficit hídrico, porque se afectaría la cantidad y calidad de las flores producidas, y en consecuencia, el número de frutos cuajados. Adicionalmente, en este período y simultáneamente al ciclo reproductor, tiene lugar el crecimiento vegetativo, que permite mantener un adecuado número de hojas para producir la suficiente cantidad de asimilados. Ello de modo que sostenga una buena cosecha en la temporada en curso, y ser portadores de los órganos florales y fructíferos en los que se obtendrá la cosecha del año siguiente. Para reducir la caída de frutos entre Etapa I (crecimiento inicial del fruto) y Etapa II del fruto (endurecimiento del carozo), relacionada con el bajo nivel de reservas del árbol, es importante que durante este período el olivo mantenga un óptimo estado hídrico y nutricional (Cadahia, 2005).

Por tanto, para alcanzar la máxima producción, se debe asegurar que el contenido de agua en el suelo sea suficiente para que el cultivo pueda extraer toda el agua que le demanda la atmósfera (Barranco *et al.*, 2008).



## 4.2 Necesidades hídricas en olivo cv. Azapa

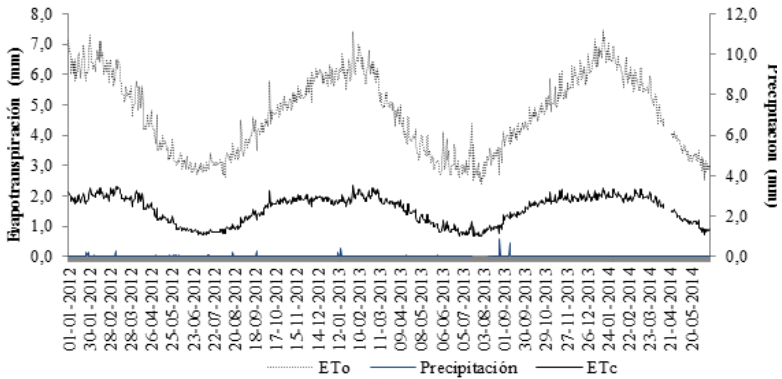
Los requerimientos de agua de un cultivo dependen de una serie de factores, entre los que se cuentan los climáticos (temperatura, radiación solar, humedad relativa, viento), y del cultivo (desarrollo y etapa fenológica, marco de plantación, características de las hojas, estructura de formación) (Ferreira *et al.*, 2001). Este volumen de agua demandado, unido a la que se pierde por evaporación desde la superficie del suelo, constituye lo conocido como evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), y debe ser satisfecha estacionalmente mediante lluvia y/o riego. Dada la variabilidad de condiciones climáticas y de cultivo entre distintas zonas productoras, la  $ET_c$  debe calcularse para cada caso particular.

El método más utilizado para determinar la  $ET_c$  del cultivo es mediante la multiplicación de  $ET_o$  por un coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), corregidos por un coeficiente reductor ( $K_r$ ) (Ecuación 1).

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_r \quad (\text{Ecuación 1})$$

La magnitud del valor de evapotranspiración de referencia,  $ET_o$  (mm/día), ocurre sin restricciones de agua y puede ser estimado a través de modelos matemáticos a partir de datos meteorológicos, siendo el método FAO 56 Penman-Monteith, el más recomendado. Para las condiciones del Valle de Azapa, registradas a través de la Estación Meteorológica Automática (EMA), Azapa medio (UTM Este 381.212, UTM Norte 7.948.177, 393 m.s.n.m, huso 19S) y administrada por INIA-FDF-DMC ([www.agroclima.cl](http://www.agroclima.cl)), la  $ET_o$  tiene una media diaria de 4,62 mm/día y fluctúa entre 3,02 a 5,88 mm/día para los meses de julio y diciembre, respectivamente (**Figura 1**).





**FIGURA 1.** Evapotranspiración (mm) y precipitaciones (mm) para la Estación Azapa Medio, Valle de Azapa, Región de Arica y Parinacota.

El coeficiente de cultivo,  $K_c$ , varía principalmente en función de las características particulares del huerto, variando sólo en una pequeña proporción en función del clima. En el caso del olivar, los valores publicados de  $K_c$  (**Cuadro 2**) indican que el cultivo consume una cantidad de agua inferior a la de la mayoría de los cultivos herbáceos de regadío, y que además, este  $K_c$  no es constante a lo largo del año, pues la transpiración del olivo responde a factores medioambientales y endógenos. El  $K_c$  registra valores máximos en primavera y otoño, y valores mínimos en verano por un parcial cierre de estomas en respuesta al déficit de presión de vapor del aire (baja humedad relativa).

**CUADRO 2.** Coeficientes de cultivo del olivo.

Región	$K_c$
Córdoba (España)	0,45 - 0,65
Creta (Grecia)	0,6 - 0,75
California (EEUU)	0,55 - 0,65

Fuente: Compilado por Barranco *et al.* (2008).



En huertos de olivo en Córdoba, España, con 60% de cobertura del suelo, Pastor (1994), desarrolló valores mensuales de  $K_c$  que se encuentran en los rangos recomendados por Steduto *et al.* (2012), para olivos cultivados en condiciones áridas (menos de 400 mm de lluvia, con inviernos relativamente fríos). Estos valores mensuales se indican en el **Cuadro 3** y fueron utilizados para la programación de riego en olivos del Valle de Azapa, ajustándose de manera óptima en la respuesta fisiológica y productiva de los árboles.

**CUADRO 3.** Coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) para olivos en distintas etapas de desarrollo.

Etapa fenológica	Mes	$K_c$
Receso	Junio	0,50
	Julio	0,50
Inicial	Agosto	0,50
Desarrollo	Septiembre	0,65
	Octubre	0,60
	Noviembre	0,55
Medio	Diciembre	0,50
	Enero	0,45
	Febrero	0,45
Final	Marzo	0,55
	Abril	0,60
	Mayo	0,65

Fuente: Pastor (1994).

El efecto del estado de desarrollo del cultivo (superficie cubierta por la copa,  $S_c$ ), se incluye en el coeficiente de reducción,  $K_r$ , que se estima cuando  $S_c$  es inferior a 50% y toma valores entre poco más de 0 para un olivar recién plantado y hasta 1 para un olivar adulto e intensivo en condiciones de riego. Este coeficiente se calcula mediante las Ecuaciones 2 y 3 propuestas por Orgaz y Fereres (2008).



$$K_r = \frac{2 \times S_c}{100} \quad (\text{Ecuación 2}) \quad S_c = \frac{\pi \times D^2 \times N}{400} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde D corresponde al diámetro medio de la copa del árbol en metros (m) y N es la densidad de plantas o el número de árboles por hectárea.

Las necesidades de riego brutas ( $R_b$ ) (mm/día) se calculan mediante la Ecuación 4 (Cadahia, 2005).

$$R_b = \frac{ET_c}{E_{f_a} \times (1 - FL)} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde  $ET_c$  es la evapotranspiración del cultivo (mm/día),  $E_{f_a}$  es la eficiencia de aplicación del sistema y FL es la fracción de lavado (mm/mm).

Una consecuencia de la reducción de agua por riego deficitario es el riesgo de aumentar la concentración de sales en el extracto saturado del suelo, produciendo un impacto en el rendimiento comercial. La fracción de lavado (FL), necesaria para arrastrar las sales del suelo, se determina mediante la Ecuación 5, utilizada para sistemas de goteo y aspersión de alta frecuencia (Fuentes Yagüe, 2003).

$$FL = \frac{CE_a}{2 \text{ Max}CE_e} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde  $CE_a$  es la conductividad eléctrica del agua de riego y  $\text{Max}CE_e$  es la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, en que ocurre un 100% de descenso de la producción del olivar, equivalente a 14 dS/m (Fuentes Yagüe, 2003).



Por ejemplo, si se tuvieran dos fuentes de aguas de distinta calidad del valle, como agua de canal y agua de pozo, las fracciones de lavado resultan mayores para esta última, debido a que presenta un mayor contenido de sales, como se indica en los siguientes cálculos:

$$\text{Agua de canal} = \frac{1,5 \text{ dS/m}}{(2 \times 14 \text{ dS/m})} = 5,3\%$$

$$\text{Agua de pozo} = \frac{3,7 \text{ dS/m}}{(2 \times 14 \text{ dS/m})} = 13,2\%$$

### 4.3 Determinación del tiempo de riego

La intensidad de precipitación del sistema ( $I_p$ ) ( $L/m^2 \text{ h} = \text{mm/h}$ ) se calcula mediante la Ecuación 6 (Phocaides, 2000).

$$I_p = \frac{Q_e \times N_e}{M.P.} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde  $Q_e$  es el caudal real del emisor, medido al inicio y final del ensayo,  $N_e$  es el número de emisores por planta y M.P. es el marco de plantación.

El tiempo de riego (TR) (minutos/día) se calcula con la Ecuación 7 (Phocaides, 2000).

$$TR = \left( \frac{R_b}{I_p} \right) \times 60 + TR_{lim} \quad (\text{Ecuación 7})$$





Donde  $R_b$  es la necesidad de riego bruta a aplicar,  $I_p$  es la intensidad de precipitación del sistema (mm/h) y  $TR_{lim}$  es el tiempo que demora el emisor más limitante en tener la presión adecuada, medido por el período (minutos), en que el agua desplaza en su totalidad al aire contenido en los laterales de riego.

#### 4.4 Requerimiento hídrico mensual para el olivo cv. Azapa

En el Valle de Azapa, el olivar requiere aproximadamente entre 10.440 y 12.500 m<sup>3</sup>/ha para suplir los requerimientos de una temporada de producción (**Cuadro 4**), rango explicado por la densidad de plantas por hectárea, la conductividad eléctrica del suelo y el período entre cosechas. Las diferencias se explican por la salinidad del agua de riego, que determina la aplicación de un mayor volumen para lixiviar las sales del perfil de suelo y, de esta manera, no afectar la producción. Para el huerto 1, el período de cultivo abarca desde abril hasta la cosecha en marzo (siguiente año); para el huerto 2, desde junio hasta la cosecha en julio (siguiente año), y en el huerto 3, desde julio hasta la cosecha en julio (siguiente año).

Los requerimientos totales, ensayados para las temporadas 2012/13 y 2013/14, son mayores a los reportados por Torres y Jiménez (1998), quienes indican tasas de riego estimadas de 8.776 m<sup>3</sup>/ha año para riego tradicional por tazas y de 5.234 m<sup>3</sup>/ha año para riego localizado de alta frecuencia (goteo, microaspersión) en olivos del Valle de Azapa. Osorio (1981), por otra parte, reporta requerimientos de riego de 7.073 m<sup>3</sup>/ha año como referencia media del olivar en Azapa, bajo riego tradicional con una densidad de 69 árboles/ha. Estas diferencias están dadas por la densidad y el manejo intensivo.



**CUADRO 4.** Requerimientos de riego medio mensual de olivos adultos en el Valle de Azapa.

Mes	m <sup>3</sup> /ha		
	Huerto 1	Huerto 2	Huerto 3
Densidad de plantación (árboles/ha)	100	96	158
Conductividad eléctrica de agua de riego (dS/m)	3,7	1,5	2,0
Abril	1.122		
Mayo	838		
Junio	606		
Julio	599	488	637
Agosto	663	556	727
Septiembre	922	742	953
Octubre	1.187	1.009	1.207
Noviembre	1.278	1.070	1.298
Diciembre	1.283	1.073	1.299
Enero	1.285	1.074	1.297
Febrero	1.270	1.063	1.283
Marzo	1.452	1.215	1.468
Abril		1.004	1.217
Mayo		763	905
Junio		384	668
Julio			364
<b>Total</b>	<b>12.504</b>	<b>10.439</b>	<b>13.321</b>
<b>m<sup>3</sup> /árbol</b>	<b>125</b>	<b>109</b>	<b>84</b>

Al expresar los requerimientos hídricos brutos en m<sup>3</sup>/árbol, se puede concluir que el olivo requiere un rango de 84 a 125 m<sup>3</sup>/árbol/año, que coincide con experiencias preliminares informadas en la zona.

Al aumentar la intensidad de cultivo de esta especie (mejorando técnicas de poda, densidad de plantación y fertilización), es de esperar que los requerimientos hídricos tiendan a reducirse por unidad de árbol, pero a incrementarse por unidad de superficie.



## 4.5 Bibliografía

**Barranco, D.; Fernández-Escoba, R. y Rallo, L. 2008.** El cultivo del olivo. Ediciones Mundi-Prensa, 6ta Edición, Madrid, España. 846 p.

**Cadahia, C. 2005.** Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ra edición. Ediciones Mundi-Prensa. 681 p.

**Connor, J. and Fereres, E. 2005.** The Physiology of Adaption and Yield Expression in Olive. *In*: Darnell, R.; Ferguson, I.; Hokanson, S. (Eds.). Hort. Rev. 34: 155-229.

**Ferreya, R.; Selles, G. y Selles, I. 2001.** Riego Deficitario Controlado en Olivos. Boletín INIA N° 59. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Platina, Santiago, Chile. 48 p.

**Fuentes Yagüe, J. 2003.** Técnicas de riego. 4ta edición. Ediciones Mundi-Prensa. 482 p.

**Iniesta, F.; Testi, L.; Orgaz, F. and Villalobos, F. 2009.** The effects of regulated and continuous deficit irrigation on the water use, growth and yield of olive trees. *Eur. J. Agron.* 30: 258-265.

**Lavini, A.; D' Andria, R.; Patumi, M.; Morelli, G. and Tognetti, R. 2008.** Water management of olive trees (*Olea europaea* L.) in a hilly environment of Central South Italy. Disponible en: <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a84/00800963.pdf>. Fecha de consulta: Abril de 2013.

**Orgaz, F. y Fereres, E. 2008.** Riego. *En*: D. Barranco, R. Fernández-Escobar R. y L. Rallo (Eds.); El cultivo del olivo. 6ta Edición, Ediciones Mundi-Prensa D. p. 337-362.



**Phocaides, A. 2000.** Technical Handbook on Pressurized Irrigation Techniques. FAO. Rome, Italy. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/pressirrig.pdf>. Fecha de consulta: Agosto del 2013.

**Steduto, P.; Hsiao, T.; Fereres, E. and Raes, D. 2012.** Crop yield responses to water. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 66. Rome, Italy. 505 p.

**Tognetti, R.; D'andria, R.; Lavini, A. and Morelli, G. 2006.** The effect of deficit irrigation on crop yield and vegetative development of *Olea europaea* L. (cvs. Frantoio and Leccino). Eur. J. Agron. 25: 356-364.

