

Estimación práctica de tiempos de riego presurizado en olivos del Valle de Azapa

Para estimar tiempo de riego y volúmenes de agua a reponer en olivos adultos del Valle de Azapa con riego tecnificado, es importante tener en cuenta que el consumo de agua en un cultivo está asociada a factores climáticos, suelo, del huerto (marco de plantación, volumen de copa de los árboles) y diseño del sistema de riego.

La determinación de la evapotranspiración del cultivo (ET_c) (evaporación del suelo más la pérdida de vapor de agua desde el cultivo mediante la transpiración) es fundamental para el cálculo de la cantidad de riego que requiere el olivar, la cual se estima mediante la siguiente ecuación (Barranco *et al.*, 1999):

$$ET_c = ET_o \times K_c \times K_r \text{ , donde}$$

ET_o : Evapotranspiración de referencia

K_c : Coeficiente del cultivo

K_r : Coeficiente de reducción

El K_c , es un valor empírico que depende del cultivo y etapa fenológica. Los valores señalados en el Cuadro 1 corresponden a los empleados por el proyecto en el Valle de Azapa, adaptados de Pastor y Orgaz (1994) desarrollados en olivares del sur de España.



Luis Felipe Román O.

Ing. Agrónomo, M.Sc., INIA Ururi

Evelyn Cajas A.

Ing. Agrónomo, INIA Ururi

Alejandro Antúnez B.

Ing. Agrónomo, Ph.D., INIA La Platina

Sergio Ardiles R.

Ing. Ejec. Agr. INIA Ururi

Cuadro 1. Coeficientes de cultivo (k_c) para olivo en distintas etapas de desarrollo.

		Etapa fenológica												
		Receso				Brotación			Floración y crecimiento inicial fruto		Endurecimiento de carozo y crecimiento final fruto		Envero y maduración	
		Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	
		0,48	0,44	0,47	0,56	0,62	0,60	0,53	0,50	0,53	0,59	0,62	0,57	



A su vez, el K_r depende de la superficie cubierta (S_c) efectiva sombreada por el olivar, la cual se calcula mediante las siguientes ecuaciones (Fererres *et al.*, 1981).

$$K_r = \frac{2 \times S_c}{100} \quad S_c = \frac{\pi \times D^2 \times N}{400}$$

Donde D corresponde al diámetro medio de la copa del árbol en metros, π es 3,1416 y N es la densidad de plantación por hectárea (número de olivos ha⁻¹).

Respecto a ET_o (evapotranspiración de referencia), los métodos más ampliamente aceptados se basan en el uso de la bandeja de evaporación clase A o estaciones meteorológicas automáticas (EMA). Las primeras son económicas, fáciles de usar y entregan estimaciones razonablemente buenas de ET_o , siempre y cuando estén correctamente ubicados. Su principal limitación es que tienen que ser diariamente visitadas por el personal encargado para registrar y reponer la pérdida de agua. Para las EMAs, hay una variedad de estaciones meteorológicas fiables y relativamente baratas en el mercado. Las EMAs integran los factores climáticos y calculan ET_o a través de la aplicación de ecuaciones, tales como Thornthwaite, Hargreaves y FAO-56 Penman-Monteith.

En informes agroclimáticos de la Región de Arica y Parinacota de la página www.agrolima.cl el usuario puede encontrar los valores de evapotranspiración de referencia (ET_o) calculados con esta última fórmula. Para ello debe seleccionar la estación meteorológica más cercana a su huerto y el parámetro “evapotranspiración potencial”.

A continuación se presenta un modelo de cálculo de tiempo de riego por hectárea a partir de la ecuación de **Hargreaves**, lo cual representa una primera aproximación para estimar las necesidades hídricas del olivo. Cabe señalar que cualquiera de los métodos anteriormente indicados puede ser utilizado para su cálculo.

Con los valores de temperatura máxima y mínima del día se genera el Cuadro 2, que entrega un valor calculado de evapotranspiración de referencia media anual. Por ejemplo, si un día de diciembre se pronostica 15°C de temperatura mínima y una máxima de 25°C, el valor de ET_o medio anual es de **3,88 mm día⁻¹**.

El siguiente paso es corregir el valor obtenido anteriormente según el mes del año, que nos entregará la **ET_c media mensual**, este nuevo valor se obtuvo con el efecto del coeficiente de cultivo (K_c) y la variación de la radiación extraterrestre (R_a) necesarias para estimar ET_o según Hargreaves.

Cuadro 2. Valores de evapotranspiración de referencia media anual (mm día⁻¹) según temperatura máxima y mínima.

		Temperatura máxima diaria (° C)																				
		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Temperatura mínima diaria (° C)	5	2.85	3.04	3.24	3.43	3.62	3.81	4.00	4.18	4.38	4.57	4.76	4.95	5.14	5.33	5.53	5.72	5.92	6.12	6.32	6.51	6.71
	6	2.75	2.95	3.15	3.35	3.54	3.74	3.93	4.12	4.32	4.51	4.71	4.90	5.10	5.29	5.49	5.69	5.89	6.09	6.29	6.49	6.69
	7	2.64	2.85	3.06	3.26	3.46	3.66	3.86	4.06	4.25	4.45	4.65	4.85	5.05	5.25	5.45	5.65	5.85	6.05	6.25	6.45	6.66
	8	2.51	2.73	2.95	3.16	3.37	3.57	3.78	3.98	4.18	4.38	4.59	4.79	4.99	5.19	5.39	5.60	5.80	6.01	6.21	6.42	6.62
	9	2.37	2.60	2.82	3.05	3.26	3.47	3.68	3.89	4.10	4.31	4.51	4.72	4.93	5.13	5.34	5.54	5.75	5.96	6.16	6.37	6.58
	10	2.20	2.45	2.69	2.92	3.14	3.36	3.58	3.80	4.01	4.22	4.43	4.64	4.85	5.06	5.27	5.48	5.69	5.90	6.11	6.32	6.54
	11	2.00	2.27	2.53	2.77	3.01	3.24	3.47	3.69	3.91	4.13	4.34	4.56	4.77	4.99	5.20	5.41	5.63	5.84	6.05	6.27	6.48
	12	1.76	2.06	2.34	2.61	2.86	3.10	3.34	3.57	3.80	4.02	4.24	4.47	4.69	4.90	5.12	5.34	5.56	5.77	5.99	6.21	6.42
	13	1.46	1.81	2.13	2.41	2.68	2.94	3.19	3.43	3.67	3.90	4.13	4.36	4.59	4.81	5.03	5.26	5.48	5.70	5.92	6.14	6.36
	14	1.05	1.50	1.87	2.19	2.49	2.76	3.03	3.28	3.53	3.77	4.01	4.25	4.48	4.71	4.94	5.16	5.39	5.61	5.84	6.06	6.29
	15		1.08	1.55	1.93	2.26	2.56	2.84	3.11	3.38	3.63	3.88	4.12	4.36	4.60	4.83	5.06	5.29	5.52	5.75	5.98	6.21
	16			1.11	1.60	1.98	2.32	2.63	2.92	3.20	3.47	3.73	3.98	4.23	4.47	4.71	4.95	5.19	5.42	5.66	5.89	6.12
	17				1.14	1.64	2.04	2.39	2.70	3.00	3.29	3.56	3.82	4.08	4.34	4.58	4.83	5.07	5.31	5.55	5.79	6.03
	18					1.18	1.69	2.10	2.45	2.78	3.08	3.37	3.65	3.92	4.18	4.44	4.70	4.95	5.19	5.44	5.68	5.92

Cuadro 3. Evapotranspiración de cultivo medio mensual (ET_c mes, mm día⁻¹).

ET _o medio anual (mm día ⁻¹)	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1,00	0,60	0,62	0,63	0,58	0,46	0,36	0,31	0,41	0,56	0,69	0,69	0,65
1,25	0,75	0,77	0,79	0,72	0,57	0,44	0,39	0,52	0,70	0,86	0,86	0,81
1,50	0,91	0,93	0,95	0,86	0,69	0,53	0,46	0,62	0,84	1,03	1,03	0,97
1,75	1,06	1,08	1,10	1,01	0,80	0,62	0,54	0,72	0,98	1,20	1,21	1,13
2,00	1,21	1,23	1,26	1,15	0,92	0,71	0,62	0,82	1,12	1,38	1,38	1,29
2,25	1,36	1,39	1,42	1,30	1,03	0,80	0,69	0,93	1,26	1,55	1,55	1,46
2,50	1,51	1,54	1,58	1,44	1,15	0,89	0,77	1,03	1,40	1,72	1,72	1,62
2,75	1,66	1,70	1,73	1,59	1,26	0,98	0,85	1,13	1,54	1,89	1,90	1,78
3,00	1,81	1,85	1,89	1,73	1,38	1,07	0,93	1,24	1,68	2,07	2,07	1,94
3,25	1,96	2,01	2,05	1,87	1,49	1,15	1,00	1,34	1,82	2,24	2,24	2,10
3,50	2,11	2,16	2,21	2,02	1,61	1,24	1,08	1,44	1,95	2,41	2,41	2,26
3,75	2,26	2,31	2,37	2,16	1,72	1,33	1,16	1,55	2,09	2,58	2,58	2,43
4,00	2,41	2,47	2,52	2,31	1,84	1,42	1,24	1,65	2,23	2,75	2,76	2,59
4,25	2,57	2,62	2,68	2,45	1,95	1,51	1,31	1,75	2,37	2,93	2,93	2,75
4,50	2,72	2,78	2,84	2,59	2,07	1,60	1,39	1,86	2,51	3,10	3,10	2,91
4,75	2,87	2,93	3,00	2,74	2,18	1,69	1,47	1,96	2,65	3,27	3,27	3,07
5,00	3,02	3,09	3,15	2,88	2,30	1,78	1,54	2,06	2,79	3,44	3,45	3,23
5,25	3,17	3,24	3,31	3,03	2,41	1,87	1,62	2,16	2,93	3,61	3,62	3,40
5,50	3,32	3,39	3,47	3,17	2,52	1,95	1,70	2,27	3,07	3,79	3,79	3,56
5,75	3,47	3,55	3,63	3,32	2,64	2,04	1,78	2,37	3,21	3,96	3,96	3,72
6,00	3,62	3,70	3,78	3,46	2,75	2,13	1,85	2,47	3,35	4,13	4,13	3,88
6,25	3,77	3,86	3,94	3,60	2,87	2,22	1,93	2,58	3,49	4,30	4,31	4,04
6,5	3,92	4,01	4,10	3,75	2,98	2,31	2,01	2,68	3,63	4,47	4,48	4,20
6,75	4,07	4,16	4,26	3,89	3,10	2,40	2,08	2,78	3,77	4,65	4,65	4,37
7,00	4,22	4,32	4,42	4,04	3,21	2,49	2,16	2,89	3,91	4,82	4,82	4,53

De acuerdo al Cuadro 3, en las filas se busca la ET_o medio anual y en las columnas el mes (**diciembre**). Si el valor de ET_o medio anual no se encuentra éste se aproximará al valor más cercano (3,88 ≈ 4,0), así ET_c media mensual corresponderá a **2,59 mm día⁻¹**.

Como la edad del huerto está muy relacionada con el diámetro de la copa, se categoriza la edad por escala etaria según el Cuadro 4. Para este ejemplo se dispone de un marco de plantación de **10 m × 10 m** con árboles de **30 años**, por lo tanto se tienen **100 árboles en plena producción**.

Cuadro 4. Escala etaria del olivo.

Etapa del árbol	Edad (años)
Juvenil	3-7
Comienzo de producción	7-20
Plena Producción	20-50
Adulto	50 o +

En el Cuadro 5 se ubica en las columnas el valor de ET_c mes de **2,59 mm día⁻¹**, cuyo valor más cercano corresponde a **2,6 mm día⁻¹**. Después situándose en la primera fila se encuentra la condición etaria del árbol (**Plena producción**) y en la segunda se ubica la densidad de árboles por hectárea, donde se encuentran los **100 árboles** del ejemplo, el resultado de **ET_c huerto es de 1,47 mm día⁻¹**, valor que ya ha sido corregido por la densidad de plantas y etapa productiva.

