

Programación de riego: herramienta necesaria para el uso eficiente del agua.

Victoria Muenza Z. Ing. Agr. - Rodrigo Candia A., Ing. Agr. - Raúl Ferreyra E. Ing. Agr.Mg.

La programación de riego consiste en estimar el agua requerida por el cultivo para su desarrollo, en la cantidad y momento adecuado, con el objetivo de maximizar su producción y obtener un producto de calidad definida.

La programación del riego se divide en dos etapas, una predictiva que corresponde a la programación propiamente tal y una etapa de control, a través de la cuantificación de la humedad del suelo y/o el estado hídrico de la planta.

Antecedentes para la programación del riego

La programación de riego contempla determinar la frecuencia (cada cuanto tiempo aplicar) y tiempo de riego (cuánta agua aplicar), para lo cual es necesario conocer:

1. Condiciones atmosféricas
2. Retención de humedad del suelo
3. Características del sistema de riego

1. Condiciones atmosféricas

Evapotranspiración de referencia (ET_o), corresponde a la demanda atmosférica de agua por parte de una pradera bajo condiciones estandarizadas, que sirve para extrapolar la demanda real del cultivo.

Para la información de la evapotranspiración de referencia se requiere contemplar un valor histórico (10 años o más), para lo cual se puede acceder a información de distintas fuentes como estaciones meteorológicas cercanas, bandejas evaporimétricas y/o bibliografía (Cuadro 1)

Cuadro 1: Promedios históricos diarios de la evapotranspiración de referencia de las comunas de Los Andes, Panquehue y Quillota.

Comuna	Zona	ET _o mm/día											
		MES											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Los Andes	Alta	6,1	6,4	4,8	3,7	2,3	1,4	1,0	1,3	2,4	3,6	5,0	5,8
Panquehue	Media	5,9	6,1	3,3	2,1	1,1	0,8	1,1	1,1	2,1	3,3	4,8	5,5
Quillota	Baja	5,6	5,9	4,4	3,3	2,0	1,2	0,8	1,1	2,1	3,2	4,6	5,3



Coefficiente de cultivo (K_c), factor que representa el requerimiento del cultivo según su estado de desarrollo.

Evapotranspiración del cultivo se calcula multiplicando la ET_o por K_c.

$$ET_c = ET_o \times K_c. (1)$$

El valor del K_c, es exclusivo para cada especie vegetal y varía dependiendo de la cobertura, condición aérea del estado fenológico y/o desarrollo de la especie cultivada. Los valores de K_c para vid de mesa y palto según estudios realizados por INIA en el Valle de Aconcagua se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Coeficientes de Cultivos para palto y vid de mesa en el Valle de Aconcagua.

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Uva de Mesa (Thompson S)	1,10	1,00	0,70	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,45	0,80	1,00
Palto (Hass)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

2. Retención de humedad del suelo según su textura y profundidad de enraizamiento.

La capacidad de retención y/o almacenamiento de agua del suelo depende de sus propiedades físicas, principalmente de su textura (arcillosa, limosa, arenosa, entre otras). Existe un rango dentro de la capacidad de retención desde donde la raíz de la planta extraerá el agua del suelo, que se denomina Agua Disponible Total (ADT). Este rango se mueve entre la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). Sin embargo, existe un porcentaje del ADT que permite un adecuado desarrollo de la planta, en el cual esta puede extraer agua del suelo sin generar respuestas fisiológicas asociadas a un estrés hídrico, denominado Agua Fácilmente Aprovechable (AFA). Este porcentaje depende del factor de agotamiento definido para cada especie (Cuadro 3).

Existe un programa que calcula el agua disponible total (ADT) en función de la textura del suelo que se puede descargar en:

<http://hydrolab.arsusda.gov/soilwater/Index.htm>.

Cuadro 3: Datos de agua fácilmente aprovechable (AFA), en distintas texturas de suelo, para palto y vides.

Textura de Suelo	Agua Fácilmente aprovechable (AFA)	
	Palto	Vides
	Profundidad raíces 50 cm.	Profundidad raíces 75 cm.
Arenoso	5,0	5,1
Franco Arenoso	10,0	10,1
Franco	14,0	14,2
Franco Limoso	20,0	20,3
Franco Arcilloso	14,0	14,2
Arcilloso	12,0	12,2

*AFA se calcula multiplicando el ADT por el factor de agotamiento, el cual varía según la especie. Para uva de mesa corresponde al 0,3 (30%) y palto 0,4 (40%).

Estos datos corresponden a los de un suelo sin piedra. Si el perfil tiene, por ejemplo, un 10% de piedras estos valores deben multiplicarse por 0,9.

3. Características del sistema de riego (precipitación del sistema de riego y eficiencia de aplicación)

Para realizar el programa de riego es necesario conocer el caudal medio del equipo y la intensidad de precipitación ⁽²⁾. Para calcular la intensidad de precipitación (IPP) de un equipo de riego se utiliza la ecuación 2:

$$IPP \text{ (mm/h)} = Q_e \text{ (l/h)} \times N_e \text{ por hectárea} / 10.000 \text{ (m}^2\text{)}$$

IQ_e = Caudal medio del sector de riego

N_e = Número de emisores por hectárea ⁽²⁾

En relación a la eficiencia de la aplicación (Efa), es un valor teórico que va a depender del tipo de riego y emisor que se utilice en el predio.

Ejemplos de programación de riego

Caso 1: Vid de mesa en la provincia de Los Andes

La plantación fue establecida en un suelo franco y regada por goteo con una línea por hilera de plantación con emisores cada 50 cm y con un caudal de 4 l/h (2285 emisores por hectárea). Para realizar la programación del riego (Cuadro 4), es necesario conocer las características del cultivo. La eficiencia de aplicación (Efa) es de 0,9, al tratarse de un riego por goteo (Efa en microaspersión y cinta corresponde a un 0,85).

Cuadro 4. Ejemplo programación riego vid de mesa establecida en los Andes.

Q_e	4 l/h											
N_e	2285 h											
$IPP \text{ (mm)} = Q_e \times N_e \text{ por ha} / 10000$	0,91 mm/h											
AFA (mm) cuadro xx	14,20 mm/h											
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETo mm/d (Zona baja, Quillota)	6,1	6,4	4,8	3,7	2,3	1,4	1,0	1,3	2,4	3,6	5,0	5,8
Kc Vid de mesa	1,10	1,00	0,70	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,45	0,80	1,00
Etc mm/d = Eto x Kc	6,7	6,4	3,4						0,5	1,6	4,0	5,8
NB mm/d = Etc/efa	7,5	7,1	3,8						0,5	1,8	4,5	6,4
Fr (días) = AFA/Etc	2	2	4						30	9	4	3
Tr (h) = ((Fr*Etc)/efa)/IPP	16,4	15,6	16,5				Periodo de lluvia		17,2	17,5	19,5	21,1

Caso 2: Huerto de palto establecido en la provincia de Quillota.

En este ejemplo (Cuadro 5), se considera una plantación adulta de paltos ubicada en la comuna de Quillota, el cuartel fue establecido en un suelo franco y se riega con un microaspersor por planta de 45 l/h, cada 6 m y 417 emisores por hectárea. Al tratarse de un riego por microaspersión, su eficiencia de aplicación (Efa) es de 0,85.

Cuadro 5. Ejemplo programación riego en paltos establecidos en Quillota.

Qe	45	l/h										
Ne por ha	417	ha										
IPP (mm) = Qe x Ne por ha / 10000	1,88	mm/h										
AFA (mm) cuadro xx	14,00	mm/h										
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ETo mm/d (Zona baja, Quillota)	5,6	5,9	4,4	3,3	2,0	1,2	0,8	1,1	2,1	3,2	4,6	5,3
Kc Vid de mesa	1,10	1,00	0,70	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,20	0,45	0,80	1,00
Etc mm/d = Eto x Kc	6,2	5,9	3,1						0,4	1,4	3,6	5,3
NB mm/d = Etc/efa	6,9	6,5	3,4						0,5	1,6	4,1	5,9
Fr (días) = AFA/Etc	2,0	2,0	5,0						30,0	10,0	4,0	3,0
Tr (h) = ((Fr*Etc)/efa)/IPP	7,3	6,9	9,1				Periodo de lluvia		7,4	8,5	8,6	9,4

Resumen de los principales parámetros utilizados en la programación de riego

Parámetro	Definición	Fórmula
Evapotranspiración de referencia, ETo (mm)	Demanda atmosférica de agua de una pradera bajo condiciones estandarizadas, que sirve para extrapolar la demanda real del cultivo a producir.	$E_b * K_b$
Evapotranspiración de cultivo, ETc (mm)	Demanda atmosférica de agua por parte del cultivo. Varía dependiendo de la zona agroclimática y la cobertura de la especie cultivada.	$ET_o * K_c$
Necesidades Brutas NB (mm/día)	Requerimiento de riego del cultivo o necesidades brutas.	$\frac{(ET_c)}{E_{fa}}$
Intensidad de precipitación del sistema de riego, IPP (mm/h)	Altura de agua que entrega el equipo de riego en un tiempo determinado. Este valor sirve para conocer la cantidad de agua aplicada independiente de la superficie mojada por los emisores.	$\frac{Q_e * N^o e}{10000 (1 ha)}$
Volumen por sector, Vol m³)	Volúmen de agua utilizado al cumplir el tiempo de riego de un sector.	$Q_{lecti\grave{a}ria} * Sup \text{ por sector}$

Parámetro	Definición	Fórmula
Frecuencia de riego, FR (días)	Cantidad de días que se demora el cultivo en consumir el agua fácilmente aprovechable del suelo. Determina la cantidad de días que esperaremos antes de volver a regar.	$\frac{AFA}{ET_c \text{ promedio mensual}}$
Tiempo de riego, TR (h)	Tiempo necesario que le toma al equipo de riego aplicar la cantidad de agua necesaria para el cultivo, considerando además la eficiencia de aplicación.	$\frac{(Fr * ET_c)}{IPP}$
Número de sectores, NS	Cantidad de sectores máximos que se puede regar, tomando como base las horas disponibles de riego.	$\frac{JR}{TR}$
Caudal por hectárea, Q (m3/h)	Caudal utilizado para cumplir los requerimientos de agua por hectárea.	$IPP * 10$
Superficie por sector (ha)	Superficie de cada sector de riego. Se recomienda que no exista una diferencia mayor al 10% del tamaño.	$\frac{Sup \text{ Total}}{NS}$
Caudal por sector, (m³/h)	Caudal utilizado para cumplir los requerimientos de agua por sector. Se recomienda que no exista una diferencia mayor al 10% en los caudales por sector.	$Vol \text{ sector} * Sup \text{ por sector}$
Volumen diario, (m³)	Volúmen de agua requerida para cumplir con los requerimientos de agua dentro de la jornada de riego.	$Q \text{ sector} * TR$
Agua fácilmente aprovechable, AFA (mm)	Indica la cantidad de agua almacenada por el suelo que la planta puede absorber de este sin generar ningún tipo de estrés hídrico. Depende del agua disponible total del suelo y el factor de agotamiento.	$ADT * P$



Glosario

Precipitación del Sistema: Altura de agua que entrega el equipo de riego en un tiempo determinado. Este valor sirve para conocer la cantidad de agua aplicada independiente de la superficie mojada por los emisores.

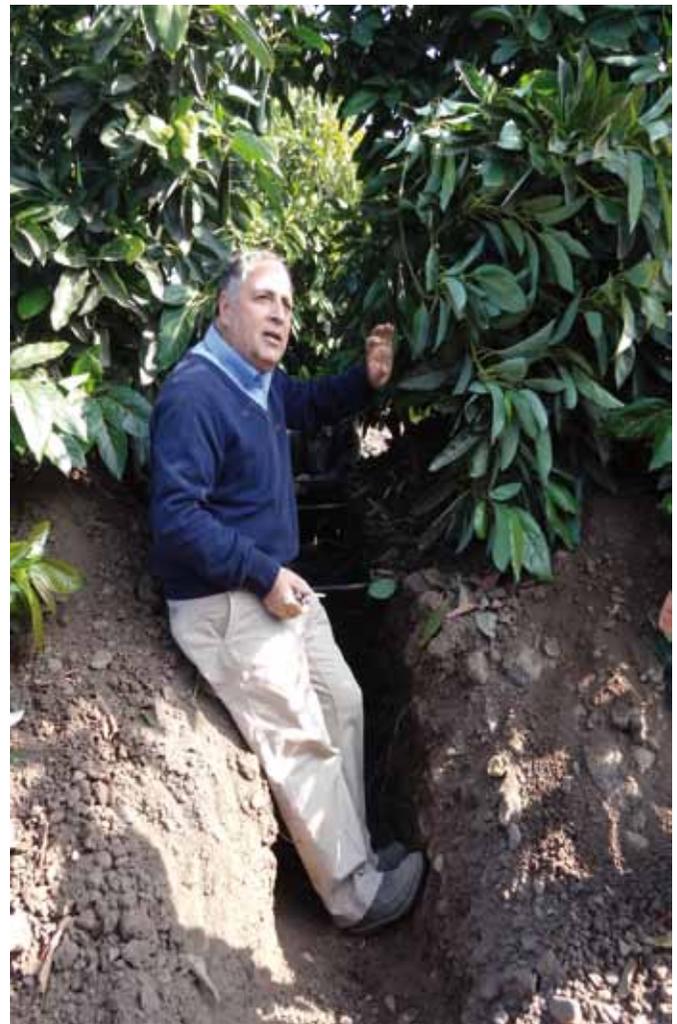
CC: Capacidad de Campo. Contenido de agua que queda en el suelo luego de haber sido regado abundantemente después de transcurridas entre 24 y 48 horas. Si no existen raíces que extraigan agua, este contenido de agua no variará.

PMP: Punto de Marchitez Permanente. Contenido de agua presente en el suelo en el cual una planta no es capaz de extraer agua, y este se seca al punto de no poder volver a recuperarse aun cuando se vuelva a regar.

ADT: Agua Disponible Total. Cantidad de agua total que el suelo puede almacenar y puede extraer una planta. Queda definida por el Punto de Marchitez Permanente y la Capacidad de Campo.

P: Factor de agotamiento. Porcentaje del ADT que permite generar un desarrollo óptimo de la planta, sin que genere problemas asociados a estrés hídrico. Este valor dependerá de la resistencia a la escasez hídrica que presente el cultivo.

AFA: Agua fácilmente aprovechable. Indica la cantidad de agua almacenada por el suelo que la planta puede absorber sin generar ningún tipo de estrés hídrico. Depende del agua disponible total del suelo y el factor de agotamiento.



Conversiones básicas

Superficie	1 ha = 10.000 m ²
Volúmen	1 m ³ = 1.000 l
mm evaporación de agua/día	10m ³ /ha/día = 1 lt/m ² /día
mm de agua en una superficie de 1 ha de suelo a m ³ /ha.	<p>10 m³/ha = 100 m x 100 m x 0,001 m</p>

