

PROGRAMACIÓN DE RIEGO

NI DE MÁS NI DE MENOS



Bandeja de evapotranspiración.

Hamil Uribe C.
Ingeniero Civil Agrícola
huribe@quilamapu.inia.cl

Isaac Maldonado I.
Ingeniero Agrónomo, Ms.
INIA Quilamapu

Programar el riego en cualquier cultivo y con cualquier método de riego significa estimar anticipadamente la frecuencia con que se debe regar y el tiempo que debe permanecer el agua escurriendo para mojar hasta la profundidad de raíces. Los distintos sistemas de riego, gravitacionales, aspersión y localizados de alta frecuencia precisan criterios de programación que pueden ser similares en algunas etapas y diferentes en otras.

Las tres interrogantes básicas de un buen riego son cómo, cuándo y cuánto regar. El cómo tiene relación con la selección del método; el cuándo, con la frecuencia o momento de riego; el cuánto, con el tiempo o duración. En este artículo se analizarán los dos últimos, bajo el concepto de “programación”, cuyo objetivo es maximizar la producción y calidad. De acuerdo a la frecuencia de riego, en general, existen dos formas de enfrentar la programación:

Riego localizado de alta frecuencia: se asocia a los métodos de riego por goteo, microjet, microaspersión, cinta y exudación, en los cuales el agua se aplica cada uno, dos o, a lo más, tres días, buscando mantener una condición de humedad del suelo cercana al punto óptimo, es decir a capacidad de campo (CC). En este caso la frecuencia es fija y lo que varía es el tiempo de riego, dependiendo del consumo de agua de la planta (figura 1).

Umbral de riego: es un criterio de riego convencional que consiste en regar cada vez que se ha agotado un porcentaje de la humedad aprovechable del suelo (figura 1), sin que esta condición afecte significativamente el nivel de producción del cultivo. Se asocia a los métodos de riego gravitacionales (bordes, surcos) y por as-

persión (excepto en equipos fijos que permiten regar con frecuencias altas), en los que no es posible aplicar agua diariamente a toda la superficie, por la gran cantidad de mano de obra requerida y por la imposibilidad de aplicar pequeñas dosis, particularmente en riego superficial. En riegos convencionales la cantidad de agua aplicada es igual en todos los riegos y la frecuencia es variable en relación al requerimiento del cultivo.

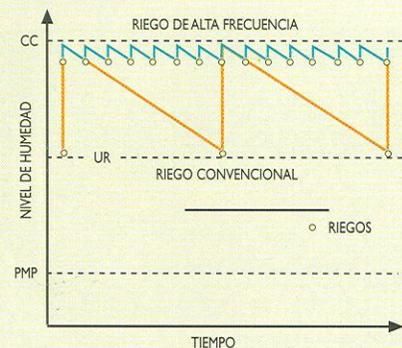
Cualquiera sea el criterio empleado, para realizar una buena programación del riego es necesario conocer las necesidades de agua del cultivo en todos sus estados de desarrollo. La metodología más utilizada en nuestro país para determinar el consumo de agua de los cultivos se basa en la información de evaporación de bandeja, EB, aplicando ciertos coeficientes que permiten inducir lo que ocurre en las plantas.

Requerimientos hídricos del cultivo

Para estimar los requerimientos diarios de un cultivo se propone seguir el siguiente procedimiento:

- El punto de partida es conocer la EB diaria, que se puede obtener de información proporcionada por las estaciones meteorológicas del INIA, las universidades u otras instituciones. También de las

Figura 1. Criterios de riego convencional y de alta frecuencia.



CC = capacidad de campo.
UR = umbral de riego.
PMP = punto de marchitez permanente

instaladas por algunos productores en sus propios predios.

- Luego se determina la evapotranspiración de referencia (ET_r), la cual corresponde a la EB corregida por un coeficiente de bandeja, K_p (fórmula 1, página 30). El K_p se obtiene de tablas y depende de la humedad relativa, de la velocidad del viento y de la ubicación de la bandeja respecto a una cubierta vegetal de césped. En general el valor de este coeficiente fluctúa entre 0,6 y 0,8.

- Por último, se obtiene la evapotranspiración real (ET_{real}) multiplicando el valor de ET_r por el coeficiente de cultivo (K_c) indicado en el cuadro 1 (fórmula 2, página 30). La ET_{real} corresponde al consumo de agua del cultivo, incluyendo la transpirada por la planta y la evaporada directamente desde la superficie del suelo y de las mismas plantas. La ET_{real} depende de factores climáticos, de la humedad del suelo, de las características y estado de desarrollo de la planta y del manejo agronómico a que se someta el cultivo.

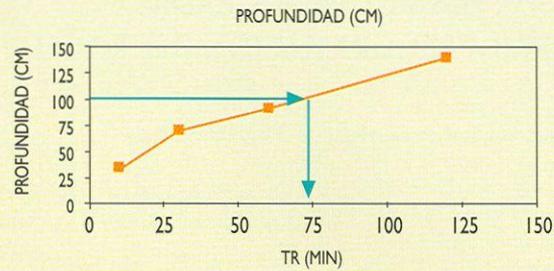
Cuándo regar

Para determinar cuándo regar o definir la frecuencia de riego en los métodos gravitacionales o por aspersión, es fundamental conocer la capacidad del suelo para retener agua utilizable por las plantas, propiedad que se conoce como humedad aprovechable (HA) y se define como la cantidad de agua que puede almacenar un determinado volumen de suelo. Esta agua útil es la que se encuentra retenida en el suelo entre dos puntos límite: la capacidad de campo (CC), que corresponde a una humedad óptima, y el punto de marchitez permanente (PMP), es decir cuando el suelo se seca y la planta ya no puede extraer más agua, se marchita y muere.

Para estimar la HA (fórmula 3, página 30), se requiere conocer los datos de CC, PMP y la densidad aparente (D_a) del suelo —que dependen de la textura del suelo—, información que se puede obtener en forma más exacta haciendo análisis de laboratorio, o bien utilizando los datos que se indican en el cuadro 2 (página 31). También es necesario saber la profundidad radicular (P) del cultivo que se va a regar.

Como ya se mencionó, al usar el criterio

Figura 2. Relación entre tiempo de riego (TR) y profundidad alcanzada por el frente de humedad en riego gravitacional.



del umbral de riego se permite una pérdida de humedad equivalente a una fracción (F) de la HA, la que normalmente es de un 50% (F=0,5). Así, a partir de la HA y F se puede calcular la lámina neta (LN), que corresponde al agua que se debe reponer al suelo porque ha sido consumida por el cultivo entre uno y otro riego (fórmula 4, página 30).

Inmediatamente después de terminado un riego, el suelo queda en un nivel de

humedad sobre CC, pero a medida que transcurren los días, el agua libre drena hacia capas más profundas del suelo y el cultivo va consumiendo agua, de manera que la humedad va disminuyendo. Cuando el contenido de humedad del suelo se iguala al umbral de riego, se debe regar nuevamente, es decir cuando se ha agotado el 50 por ciento de la humedad aprovechable. El cuándo regar o frecuencia de riego (FR), para una condición de suelo, clima

Cuadro 1

Coefficientes de cultivo referencial (K_c)

	Inicial	Desarrollo	Medios	Finales	Cosecha	Vegetativo
Ajo	0,2	0,3-0,4	0,4-0,45	0,45-0,65	0,55	0,2
Alfalfa	0,3-0,4	-	-	-	1,05-1,2	0,85-1,05
Almendro**	0,53	0,59	0,95	1,02	1,00	0,94
Arándano 1º año*	0,11	0,23	0,31	0,34	0,33	0,28
Arándano 2º año*	0,14	0,32	0,42	0,45	0,42	0,33
Arándano 3º año*	0,21	0,35	0,45	0,50	0,49	0,36
Arroz	1,1-1,15	1,1-1,5	1,1-1,3	0,95-1,1	0,95-1,05	1,05-1,2
Arveja, fresca	0,4-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Cebolla seca	0,4-0,6	0,7-0,8	0,95-1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8-0,9
Cebolla verde	0,4-0,6	0,6-0,75	0,95-1,05	0,95-1,1	0,95-1,05	0,65-0,8
Ciruelo**	0,53	0,62	0,98	1,07	1,06	0,95
Coliflor	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,9-1,0	0,8-0,95	0,7-0,8
Duraznero**	0,53	0,62	0,98	1,07	1,06	0,95
Espárragos*	0,4	0,48	0,5	0,8	0,82	0,7
Frambuesa*	0,45	0,51	0,55	0,69	0,75	0,61
Kiwi**	0,63	0,68	1,14	1,24	1,20	1,10
Maíz dulce	0,3-0,5	0,7-0,9	1,05-1,2	1,0-1,15	0,95-1,1	0,8-0,95
Maíz grano	0,3-0,5	0,7-0,85	1,05-1,2	0,8-0,95	0,55-0,6	0,75-0,9
Maní	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,1	0,75-0,8	0,55-0,6	0,75-0,8
Manzano**	0,54	0,65	1,05	1,16	1,13	0,98
Maravilla	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,7-0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Nectarino**	0,53	0,62	0,98	1,07	1,06	0,95
Nogal**	0,53	0,58	0,91	1,07	1,06	0,9
Olivo	-	-	-	-	-	0,4-0,6
Palto**	0,77	0,78	0,76	0,77	0,78	0,81
Papa	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,2	0,85-0,9	0,7-0,75	0,75-0,9
Peral**	0,54	0,65	1,05	1,16	1,13	0,98
Pimentón	0,3-0,4	0,6-0,75	0,95-1,1	0,85-1,0	0,8-0,9	0,7-0,8
Poroto seco	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,25-0,3	0,7-0,8
Poroto verde	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9-0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
Pradera*	0,79	0,82	0,91	0,95	0,92	0,81
Remolacha	0,4-0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9-1,0	0,6-0,7	0,8-0,9
Sandía	0,4-0,5	0,7-0,8	0,95-1,05	0,8-0,9	0,65-0,75	0,75-0,85
Tabaco	0,3-0,4	0,7-0,8	1,0-1,2	0,9-1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4-0,5	0,7-0,8	1,05-1,25	0,8-0,95	0,6-0,65	0,75-0,9
Trigo	0,3-0,4	0,7-0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2-0,25	0,8-0,9
Vid	0,35-0,55	0,6-0,8	0,7-0,9	0,6-0,8	0,55-0,7	0,55-0,75

Valores extraídos de requerimiento de los cultivos, Dorembos y Pruitt, 1976.

*Base de datos programa riego y drenaje, convenio INIA-CORFO.

**INIA.

FÓRMULAS UTILIZADAS PARA LA PROGRAMACIÓN DEL RIEGO

Fórmula 1. Evapotranspiración de referencia (ET_r) en mm/día.

$$ET_r = EB \times K_p$$

EB: evaporación de bandeja (mm/día)
K_p: coeficiente de cultivo (0,6 a 0,8)

Fórmula 2. Evapotranspiración real (ET_{real}) en mm/día.

$$ET_{real} = ET_r \times K_c$$

K_c: coeficiente de cultivo (cuadro 1)

Fórmula 3. Humedad aprovechable (HA) en cm.

$$HA = \frac{CC - PMP}{100} \times Da \times P$$

CC: capacidad de campo (%)*
PMP: punto de marchitez permanente (%)*
Da: densidad aparente (g/cm³)*
P: profundidad de raíces del cultivo a regar (cm)

*Ver cuadro 2

Fórmula 4. Lámina neta (LN) en cm.

$$LN = HA \times F$$

F: fracción de la humedad aprovechable o umbral de riego (50%)

Fórmula 5. Frecuencia de riego (FR) en días.

$$FR = \frac{LN}{Et_{real}}$$

Fórmula 6. Tiempo de riego (TR) en riego por aspersión, en horas.

$$TR = \frac{LN \times 100}{TA \times Ef}$$

TA: tasa de aplicación del equipo (mm/h)
Ef: eficiencia de aplicación del sistema (60 a 75 %)

Fórmula 7. Demanda de agua (DA) en litros por unidad de área considerada.

$$DA = \frac{ET_{real} \times Fc \times a \times FR}{100}$$

Fc: factor de cobertura del cultivo (% de sombreo)
a: área regada (m²)

Fórmula 8. Tiempo de riego en sistemas localizados (goteo, cintas, exudación, microaspersión microjet) en horas.

$$TR = \frac{DA \times 100}{Q_e \times N \times Ef}$$

Q_e: caudal de emisores (lt/h)
N: número de emisores
Ef: eficiencia de riego (80-90%)

y planta definidos, queda determinado por el tiempo que tarda en descender la humedad desde la capacidad de campo al umbral de riego y se expresa en número de días que hay entre un riego y otro. Se calcula dividiendo la LN por ET_{real} (fórmula 5). En verano el cultivo utiliza mayores niveles de agua, obligando a riegos más frecuentes. En riego localizado la frecuencia es fija y definida en uno o dos días, según el cultivo

y tipo de suelo. En suelos arcillosos no es conveniente regar todos los días, sobre todo en cultivos susceptibles a enfermedades causadas por hongos.

Cuánto regar

El cuánto regar, utilizando el criterio convencional o umbral de riego, corresponde al tiempo de riego (TR) necesario para reponer el agua consumida y

las pérdidas, en el período comprendido entre dos riegos, y depende del método de riego que se utilice. Este tiempo es igual para todos los riegos de la temporada. Para estimar el tiempo de riego en el método por aspersión (fórmula 6) se debe conocer la cantidad de agua que se aplica por unidad de tiempo —lo que en términos técnicos se conoce como tasa de aplicación del equipo (TA)—, la lámina neta (LN) y la eficiencia de aplicación (Ef), que en riego por aspersión varía entre 60 y 75 %.

Al seleccionar un equipo de riego por aspersión la tasa de aplicación no debe superar la tasa en que el agua se infiltra en el suelo.

Para riego gravitacional el cálculo es más complejo, la variabilidad es alta y además requiere de mediciones en terreno que normalmente no se realizan. Sin embargo, se puede entregar una recomendación práctica y simple para situaciones de campo, que consiste en regar cuatro o cinco surcos (cultivos hilera-dos) o platabandas (praderas) y en cada uno se deja correr el agua por tiempos diferentes, por ejemplo 10, 30, 60 y 120 minutos. Si el cultivo es de raíces profundas y el suelo es pesado, los tiempos deben ser mayores, incluso varias horas. Luego se espera uno o dos días para que la humedad del suelo llegue a capacidad de campo y con un barreno o una pala se determina la profundidad alcanzada por el frente de humedad. De esta forma se obtiene una relación entre el tiempo de riego (TR) y la profundidad de humedecimiento, que permite una buena aproximación del tiempo que se debe dejar correr el agua al final del surco o la platabanda para regar a una profundidad determinada. Por ejemplo, en la figura 2 (página 29) se muestra que para un cultivo de profundidad radicular de 100 cm se debe regar aproximadamente 75 minutos, medidos desde el momento en que el agua ha alcanzado el final del surco o la platabanda. En riego localizado de alta frecuencia, puesto que la frecuencia es fija y el período entre riegos es reducido, si no se define adecuadamente cuánto regar, es fácil crear condiciones de exceso de humedad, que afecta las raíces de las plantas al disminuir el aire en el suelo y reemplazarlo por el agua. En este caso se

Cuadro 2

Propiedades físico-hídricas y humedad aprovechable para diferentes texturas de suelo

Textura	Da (g/cm ³)	CC (%)	PMP (%)	HA (cm/m)
Arenoso	1,55-1,8	6-12	2-6	7-10
Franco-arenoso	1,4-1,6	10-18	4-8	9-15
Franco	1,35-1,5	18-26	8-12	14-19
Franco-arcilloso	1,3-1,4	23-31	11-15	17-22
Arcillo-arenoso	1,25-1,35	27-35	13-17	18-23
Arcilloso	1,2-1,3	31-39	15-19	20-25

Fuente: manual de Obras Menores de Riego, CNR-CIREN, 1996.

debe conocer la demanda de agua (DA) entre un riego y otro, es decir la ET_{real} de un día (fórmula 2) multiplicada por el número de días entre dos riegos, el resultado es en milímetros. Pero, teniendo en consideración que el cultivo no cubre toda la superficie del suelo, para determinar la demanda de agua se aplica un factor de cobertura (Fc) a la ET_{real} (fórmula 7). El Fc es el porcentaje del área sombreada al medio día. El área (a) se puede expresar en m² por planta, por hectárea u otra medida de referencia. La DA calculada se expresa en litros por planta o por hectárea, según corresponda al área considerada. Para los cálculos se considera que 1 mm es igual a 1 lt/m².

El tiempo de riego (TR) en sistemas localizado está dado por el caudal de los emisores utilizados (Qe), el número de emisores (N) que riegan el área (a) considerada en el cálculo de DA y la eficiencia de aplicación (Ef) del método de riego, que es del orden de 80 a 90% (fórmula 8).

Uso de tensiómetros

La programación de riego antes expuesta, basada en información climática, del suelo y cultivo, debe ser complementada con observaciones o mediciones en terreno que aseguren la cantidad y oportunidad de la aplicación de agua. Una forma de hacerlo es cuantificando el nivel de humedad del suelo. Para ello existen instrumentos como los tensiómetros, que permiten estimarla al medir la variación de la fuerza con que el suelo retiene el agua que contiene, mostrando lecturas de valor cero cuando el suelo tiene un alto contenido de humedad y valores mayores a medida que se va secando. Existen valores promedios que indican cuándo regar según el cultivo. Estos instrumentos están graduados en centíbaros y permiten afinar las respuestas al cuánto y cuándo regar.

La instalación de estos aparatos debe ser cuidadoso, para que se produzca un buen contacto entre el suelo y la cápsula porosa que poseen en su extremo inferior. Además es necesario aclarar que los tensiómetros se instalan en el punto donde se quiere medir y se dejan allí para realizar lecturas posteriores, siempre en el mismo lugar. Los tensiómetros generalmente son instalados en pares, a 15 y 30 cm de profundidad en cultivos de raíces superficiales, mientras en zonas radicales profundas se puede colocar uno a 30 cm y otro a 60 u 80 cm. Los pares de tensiómetros se deben distribuir en el campo de manera que monitoreen un par de hectáreas. ▲

AMES

**PARA AUMENTAR SU PRODUCCION
Y REDUCIR SUS COSTOS**

AMES CHILE DIVISION AGRICOLA

- **TUBERIA DRIP IN CON GOTERO INTEGRADO 2, 4 Y 8 LITROS - HORAS**
- **AUTOMATIZACION SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSION**
- **BOMBAS CENTRIFUGAS Y BOMBAS DE POZO PROFUNDO**
- **SISTEMAS INYECCION DE FERTILIZANTE**
- **EQUIPOS DE ASPERSION MOVIL**
- **SISTEMAS DE ASPERSION COBERTURA TOTAL**
- **CONDUCTORES ELECTRICOS PARA VALVULAS ELECTRICAS**

REPRESENTANTES EN CHILE DE :

Senninger
Irrigation Inc.



API

NELSON

CONDUSPAR
CONDUCTORES ELECTRICOS LTDA.



Drip In

TORO



BLUE-WHITE
INDUSTRIES

MLC

Microjets

IPS
WELD · ON

PIERCE
Irrigation Systems

PLASSON



GOULDS PUMPS

FONO (56-2) 738 7860 • FAX (56-2) 738 7861
ameschile@entelchile.net
RUTA 5 NORTE # 17.020 • LAMPA
CASILLA 110 • QUILICURA
SANTIAGO • CHILE