



CONADI
Ministerio de
Desarrollo Social

Gobierno de Chile

CÓMO DETERMINAR; CUÁNTO Y CUÁNDO REGAR



PROGRAMA

PROMOCIÓN, ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS
DE RIEGO PARA ORGANIZACIONES Y PERSONAS INDÍGENAS DE LA
REGIÓN DE ATACAMA 2017

LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Nuestra capacidad para adaptarnos a nuevas condiciones ambientales, será la clave que defina la severidad con que el cambio climático impacte a la producción de alimentos.

En agricultura las estrategias de adaptación pueden ir desde la implementación de medidas de relativo bajo costo como lo son la modificación de fechas de plantación o la selección de nuevas variedades, hasta aquellas de mayor impacto vinculadas con modificaciones más profundas de los sistemas productivos, como el desarrollo de nuevas variedades y el incremento de la superficie cultivada bajo riego tecnificado.

Considerando la necesidad de incrementar la superficie bajo riego tecnificado se hace necesario que los agricultores cuenten con las herramientas que les permitan hacer un uso más eficiente del agua y por ende, un mejor manejo de los sistemas de riego.

En la presente cartilla divulgativa se discuten los elementos básicos para determinar cuánto y cuándo regar. Esto a través del cálculo de las necesidades de riego, la frecuencia de riego y el tiempo de riego.



EL AGUA EN LOS CULTIVOS



Antes de discutir el cuánto y cuándo regar revisaremos el rol del agua en las plantas como parte fundamental en la vida de los cultivos y en los ciclos productivos. En términos generales, se pueden agrupar en cinco las funciones del agua en las plantas:

- ♦ El agua compone más del 60 % del peso fresco de vegetales.
- ♦ En ella van disueltos nutrientes, gases y productos orgánicos que se transportan a través de las plantas.
- ♦ Mantiene la turgencia celular, es decir, le da firmeza a los tejidos.
- ♦ Participa en procesos químicos y bioquímicos de los vegetales.
- ♦ Es protagonista en el proceso de transpiración.

Es esta última, LA TRANSPIRACIÓN, la que permite que las plantas obtengan el CO_2 de la atmósfera, indispensable para realizar FOTOSÍNTESIS, ya que este gas entra a las hojas de la planta a la vez que el agua es transpirada desde ellas. Esto expone a las plantas a una permanente demanda por agua y por lo tanto, a una amenaza de deshidratación.

Para prevenir la deshidratación, las plantas deben absorber agua desde el suelo por las raíces y transportarla a la parte aérea. Pequeños desequilibrios entre la absorción y a pérdida de agua a la atmósfera puede causar déficit hídrico. Por ello, el equilibrio entre la absorción, transporte y pérdida de agua representa un importante desafío para la agricultura de riego.



¿CÓMO SE MUEVE EL AGUA EN LA PLANTA?

La entrada del agua a la planta se realiza por medio de las raíces, proceso que es tan importante como la salida de ésta por los poros de las hojas llamados estomas. Este proceso se llama **transpiración** (Figura 1) y consiste en la pérdida de agua en forma de vapor desde la planta hacia la atmósfera. A las hojas de las plantas llega gran cantidad de agua absorbida por las raíces, pero sólo una pequeña parte se utiliza en la fotosíntesis.

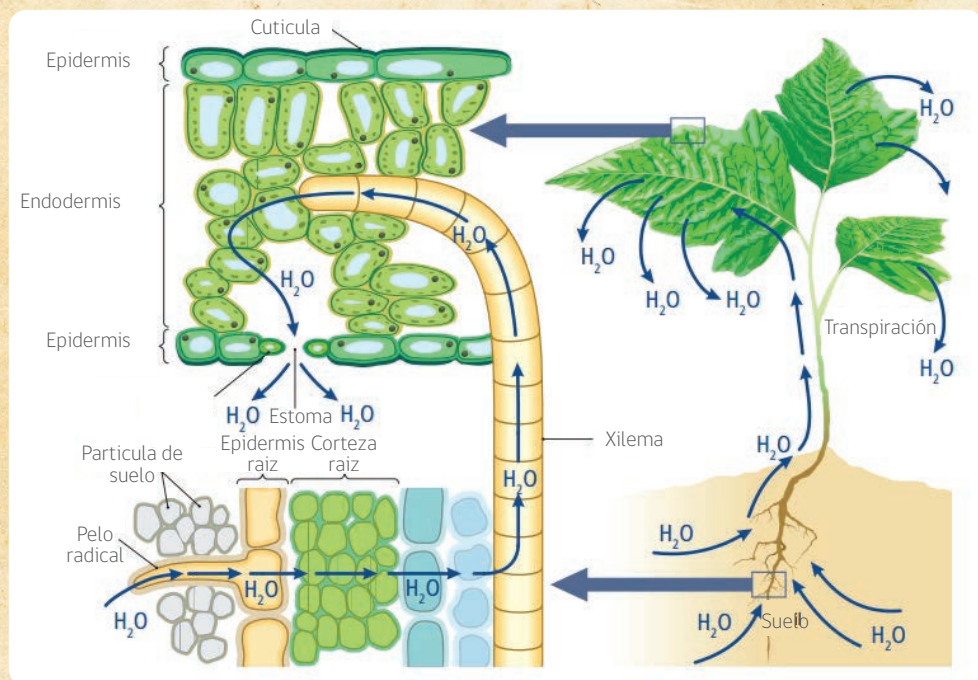


Figura1. Proceso de transpiración vegetal

La diferencia entre el agua que es absorbida por la planta y la que sale por transpiración, es la que se queda en ella y que es utilizada para el crecimiento y desarrollo de tejidos como también para la producción de los frutos y el desarrollo de las hojas entre otros. Pero esta fracción, normalmente, no supera el 5% del total del agua aplicada a un cultivo.

La cantidad de agua que necesitan las plantas es variable, ya que depende de muchos factores como el clima, el tipo de planta, el estado fenológico y otros. Por otra parte, el suelo también tiene la capacidad de retener agua y perderla por evaporación, por lo que sumado a la transpiración de la planta dan origen a la cantidad de agua que se debe reponer mediante el riego, esto es llamado **evapotranspiración**.

¿CUÁNDO Y CUÁNTO REGAR?



La cantidad de agua que se debe aplicar por planta y luego por toda la superficie de nuestro cultivo será definida por algunos cálculos que veremos a continuación. Resumiremos entonces en 2 pasos la determinación de cuánto y cuándo regar:

PASO 1



¿CUÁNTO REGAR?

Se refiere a la cantidad de agua que se debe aplicar al suelo para reponer el agua absorbida por la planta y la evaporada. Para ello hay que determinar la demanda hídrica del cultivo o evapotranspiración

PASO 2

¿CUÁNDO REGAR?

Se refiere al momento en que debemos reponer el agua al suelo y que ha sido consumida por los cultivos entre dos riegos. La cantidad de agua a reponer depende esencialmente del cultivo y de la cantidad de agua que deseamos sacar del suelo, entendiendo que éste actúa como un estanque de almacenamiento. Esto definirá la frecuencia de riego y el tiempo de riego necesario para reponer el agua utilizada.



PASO 1 ¿CUÁNTO REGAR?



Lo primero que debemos determinar es la cantidad de agua que necesita el cultivo. La que podemos calcular a través de la siguiente expresión:

$$ET_c = E_{to} \times K_c$$

Donde

E_{tc} es la evapotranspiración de cultivo y que es igual a la Demanda hídrica (mm/día).

E_{to} es la evapotranspiración de referencia (mm/día).

K_c es un factor que ajusta el valor a la condición de cultivo.

En la actualidad la Evapotranspiración de referencia (E_{to}) se puede obtener en diferentes sitios en Internet donde sabremos a partir de estaciones meteorológicas instaladas en todo Chile, cual es la E_{to} para una localidad en específico.



NOTA >

Técnicamente, evapotranspiración de referencia (Eto) es descrita por FAO como la evapotranspiración de una superficie de un cultivo de pasto, con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial fija de 70 s/m y un albedo de 0,23. Es decir muy similar a una superficie extensa de pasto verde, bien regada, de altura uniforme, creciendo activamente y sombreando totalmente el suelo. La resistencia superficial fija de 70 s/m implica un suelo moderadamente seco que recibe riego con una frecuencia semanal aproximadamente.

Por otra parte, las diferencias en evaporación y transpiración del cultivo de referencia con respecto a un cultivo en particular, son integradas en un factor conocido como coeficiente de cultivo (Kc). De este modo, el Kc permite calcular el consumo de agua o evapotranspiración real de un cultivo (Etc) a partir de la evapotranspiración de referencia (Eto)

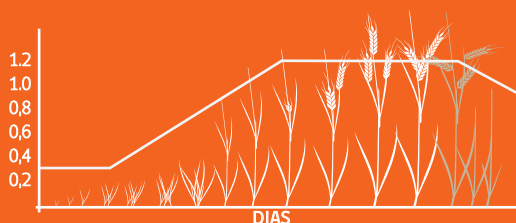


Figura 2.
Variación del coeficiente del cultivo durante la temporada.

Ejemplo:

Veamos cuánta agua necesita un huerto de palto en etapa media de crecimiento

Dirigirse a:

www.ceazamet.cl
www.agroclima.cl

Para encontrar ETO

Click en icono Eto



Gráfico de evapotranspiración
Pisco Elqui

Valor:

Eto: 30 mm/semana

Por lo tanto: $Etc = Eto \times Kc$

$$30 \text{ mm/semana} \times 0,76 = 22,8 \text{ mm/ semana}$$

Lo que significa que un cultivo de palto en la etapa media consume 22,8 mm de agua en una semana o 228.000 litros por hectárea en una semana.

Algunas equivalencias:

$$1 \text{ mm} = 10 \text{ m}^3 / \text{ha}$$
$$1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ L}$$

Coeficientes de cultivos referencial (valor Kc)

	Inicial	Desarrollo	Medios	Finales	Cosecha
Ajo	0.20	0.30-0.40	0.40-0.45	0.45-0.65	0.55
Alfalfa	0.30-0.40	-	-	-	1.05-1.20
Almendo	0.53	0.59	0.95	1.02	1.00
Arándano 1º año	0.11	0.23	0.31	0.34	0.33
Arándano 2º año	0.14	0.32	0.42	0.45	0.42
Arándano 3º año	0.21	0.35	0.45	0.50	0.49
Arroz	1.10-1.15	1.10-1.50	1.10-1.30	0.95-1.10	0.95-1.05
Arveja, fresca	0.40-0.50	0.70-0.85	1.05-1.20	1.00-1.15	0.95-1.10
Cebolla seca	0.40-0.60	0.70-0.80	0.95-1.10	0.85-0.90	0.75-0.85
Cebolla verde	0.40-0.60	0.60-0.75	0.95-1.05	0.95-1.10	0.95-1.05
Ciruelo	0.53	0.62	0.98	1.07	1.06
Coliflor	0.4-0.50	0.70-4.8	0.95-1.10	0.90-1.00	0.80-0.95
Duraznero	0.53	0.62	0.98	1.07	1.06
Espárragos	0.40	0.48	0.50	0.80	0.82
Frambuesa	0.45	0.51	0.55	0.69	0.75
Kiwi	0.63	0.68	1.14	1.24	1.20
Maíz dulce	0.30-0.50	0.70-0.90	1.05-1.20	1.00-1.15	0.95-1.10
Maíz grano	0.30-0.50	0.70-0.85	1.05-1.20	0.80-0.95	0.55-0.60
Maní	0.40-0.50	0.70-0.80	0.95-1.10	0.75-0.80	0.55-0.60
Manzano	0.54	0.65	1.05	1.16	1.13
Maravilla	0.30-0.40	0.70-0.80	1.05-1.20	0.70-0.80	0.35-0.45
Nectarino	0.53	0.62	0.98	1.07	1.06
Nogal	0.53	0.58	0.91	1.07	1.06
Olivo	-	-	-	-	-
Palto	0.77	0.78	0.76	0.77	0.78
Papa	0.40-0.50	0.70-0.80	1.05-1.20	0.85-0.9	0.70-0.75
Peral	0.54	0.65	1.05	1.16	1.13
Pimentón	0.30-0.40	0.60-0.75	0.95-1.10	0.85-1.00	0.80-0.90
Poroto seco	0.30-0.40	0.70-0.80	1.05-1.20	0.65-0.70	0.25-0.3
Poroto vade	0.30-0.40	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95
Pradera	0.79	0.82	0.91	0.95	0.92
Remolacha	0.40-0.50	0.75-0.85	1.05-1.20	0.9-1.00	0.60-0.70
Sandia	0.40-0.50	0.70-0.80	0.95-1.05	0.80-0.90	0.65-0.75
Tabaco	0.30-0.40	0.70-0.80	1.00-1.20	0.90-1.00	0.75-0.85
Tomate	0.40-0.50	0.70-0.80	1.05-1.25	0.80-0.95	0.60-0.65
Tngo	0.30-0.40	0.70-0.80	1.05-1.20	0.65-0.70	0.20-0.25
Vid	0.35-0.55	0.60-0.80	0.70-0.90	0.60-0.80	0.55-0.70

Fuente: Adaptacion de ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE

PASO 2 ¿CUÁNDO REGAR?



Lo primero en la determinación de “cuándo” regar tiene relación con el tipo de riego del que se disponga. En la presente cartilla se presentan dos ejemplos: el primero en riego localizado de alta frecuencia (goteo o microaspersión) y el segundo ejemplo en riego superficial, específicamente para el riego por surco.

Pero antes discutiremos algunos elementos importantes a considerar en riego. Por ejemplo destacar que la selección de goteo o micro-aspersión dependerá de la especie a regar y la susceptibilidad al mojamiento del tronco. Así también se debe considerar el patrón de enraizamiento y la geometría de suelo (Figura 3 y 4).

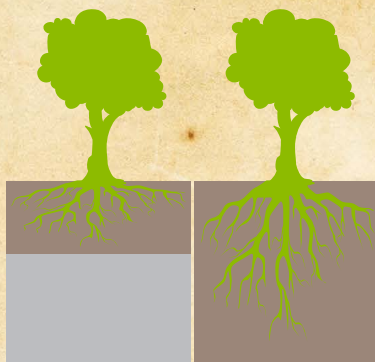


Figura 3.
Geometría de suelo

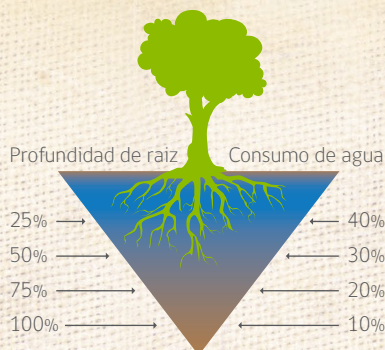


Figura 4.
Patrón de enraizamiento y la distribución del agua aportada por riego.

Un factor esencial en riego es el suelo, ya que independiente del sistema de riego que se disponga o que se quiera implementar las características del suelo determinaran “cuándo” regar.

Entre las características del suelo más relevantes para el manejo del riego y que se deben siempre tener presentes se encuentran profundidad, pedregosidad, textura, estructura, porosidad y permeabilidad.

Es así que un suelo más profundo estará mejor adaptado para recibir mayores cargas de agua, que uno más delgado. Por otra parte, un suelo con alta pedregosidad no podrá retener tanta agua comparado con un suelo similar sin piedras. En términos de frecuencia de riego, la profundidad de suelo y su textura igualmente juega un rol importante, ya que en suelos más arenosos la frecuencia de riego deberá ser menor, mientras que en suelos arcillosos la frecuencia de riego podrá ser mayor, dado que el primero retiene menos agua que el segundo.

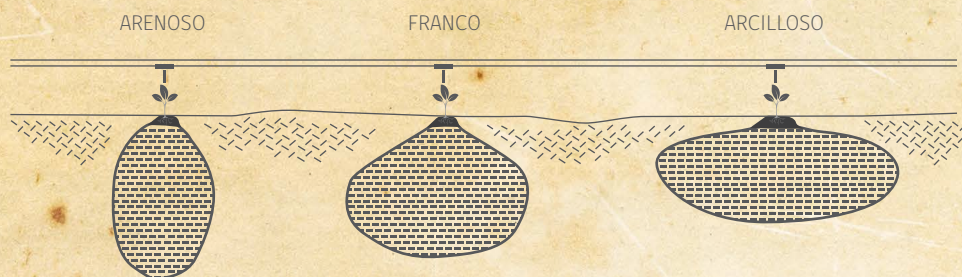


Figura 5

Patrón de mojado del suelo de acuerdo a las texturas de suelo regado por goteo.

La textura del suelo es relevante en el patrón de mojado o distribución del agua en el suelo. Así, en la figura 5 se muestra el patrón de mojado en un cultivo regado por goteo en suelos de distinta textura. Por otra parte en la figura 6 se muestra el patrón de mojado para diferentes texturas en riego por surcos.

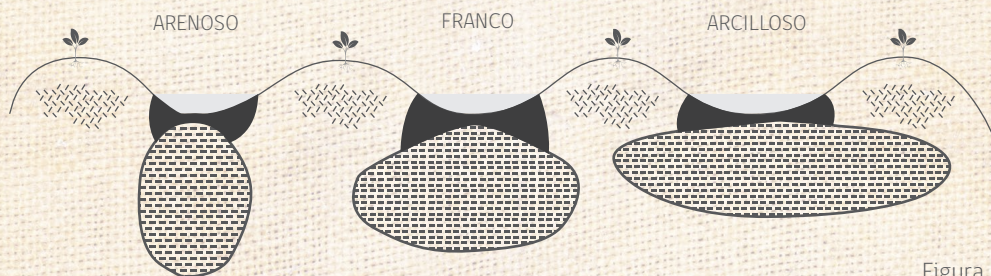


Figura 6

Patrón de mojado del suelo de acuerdo a las texturas de suelo regado por surco

A la capacidad del suelo de retener agua, se le denomina capacidad de estanque y en riego siempre se limita a una profundidad dada (normalmente a la profundidad de raíces). Para calcular la capacidad de estanque se usan los siguientes conceptos:

Humedad Aprovechable (Ha), es una cantidad de agua, que puede ser expresado como una lamina de agua o altura de agua, que retiene un suelo homogéneo entre los contenidos de agua de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente, descontando el contenido de piedras.

Capacidad de campo (CC), es el contenido de agua con que queda un suelo, después de haber sido regado abundantemente y haber drenado libremente por 24 a 48 horas.

Punto de marchitez permanente (PMP), es la condición de humedad de suelo en que las plantas no logran absorben el agua o bien lo hacen con extrema dificultad, experimentando una marchitez irreversible.

NOTA >

En la tabla 1 se presentan algunos valores referenciales de contenidos de humedad del suelo para distintas clases texturales .

Clase Textural	CC (%)	PMP (%)	Ha (cm/m)
Arenoso	9	4	8
Franco	14	6	12
Franco arenoso	22	10	17
Franco Arcilloso	27	13	19
Arcilloso arenoso	31	15	21
Arcilloso	35	17	23

Tabla 1. Humedad aprovechable en centímetros de agua por metro de profundidad suelo para distintas clases texturales.

Profundidad de Suelo (Prof), es aquella profundidad en la que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos, específicamente en relación a la obtención de agua y nutrimentos.

Pedregosidad (pred), es el porcentaje de piedras presentes en el perfil.

Con estos elementos podemos calcular la capacidad del suelo de retener agua o Humedad Aprovechable (Ha).

$$Ha = \frac{\% CC - \% PMP}{100} \times Prof \times (1 - pred)$$

- Donde:
- HA = humedad aprovechable del suelo (cm)
 - %CC = Contenido porcentual volumetrico a capacidad de campo (%)
 - %PMP= Contenido porcentual volumetrico en punto de marchitez permanente (%)

Clase Textural	Umbral de riego	
	Riego tradicional	Riego tecnificado
Arenoso	20-40 %	20-30%
Franco Arcilloso	40-60 %	30-50 %
Franco	30-60 %	30-40 %

Posterior a la determinación de Humedad Aprovechable (Ha) del suelo, debemos fijarnos un Umbral de Riego (UR). El que generalmente varía entre un 20 a 60% de Ha, dependiendo del tipo de suelo y el tipo de riego. Es así que en un suelo arcilloso se podrá seleccionar un UR mayor en comparación a un suelo más arenoso. La Humedad de déficit del suelo se define como una fracción (UR) de la humedad aprovechable .

$$Hd = Ha \times UR$$

- Donde:
- Hd = humedad de déficit (cm)
 - Ha = humedad aprovechable del suelo (cm)
 - UR= umbral de riego (%)

En este punto utilizamos la información calculada en el primer paso **¿Cuánto Regar?**, para calcular la Frecuencia de Riego (FR). Es decir, cada cuántos días se debe volver a regar.

Veremos un caso para riego goteo y otro para surco :

Un suelo franco arenoso, sin ninguna restricción (sin pedregosidad) y cultivado con palto:

Goteo

La profundidad de mojamiento en este caso será de 60 cm

$$Ha = \frac{CC - PMP}{100} \times Prof \times (1 - pred)$$

$$Ha = \frac{22 - 10}{100} \times 60 \text{ cm} \times (1 - 0)$$

$$Ha = 7,2 \text{ cm}$$

Ahora debemos seleccionar un UR para goteo, 20%

$$Hd = Ha \times UR$$

$$Hd = 7,2 \text{ cm} \times \frac{20}{100}$$

$$Hd = 1,44 \text{ cm} \text{ ó } 14,40 \text{ mm}$$

Surco

Mientras que en surco la profundidad de mojamiento será mayor 100 cm

$$Ha = \frac{CC - PMP}{100} \times Prof \times (1 - pred)$$

$$Ha = \frac{22 - 10}{100} \times 100 \text{ cm} \times (1 - 0)$$

$$Ha = 12 \text{ cm}$$

Por otra parte en surco es posible seleccionar un UR más amplio, 40%

$$Hd = Ha \times UR$$

$$Hd = 12 \text{ cm} \times \frac{40}{100}$$

$$Hd = 4,80 \text{ cm} \text{ ó } 48 \text{ mm}$$

Es decir, en goteo utilizaremos 14,4 mm mientras que en surco será 42 mm del agua disponible antes de reponer el agua por medio de un riego. Ahora si por ejemplo, la Evapotranspiración de Cultivo (ETc) de la semana anterior fue de 45 mm/semana entonces la Frecuencia (FR) con la cual se debe regar será:

$$ETc = 45 \text{ mm/semana}$$

$$FR = \frac{ETc}{Hd}$$

$$FR = \frac{45 \text{ mm semana}}{14,4 \text{ mm}}$$

$$FR = 3,125 \text{ veces por semana o cada 2 días}$$

$$ETc = 48 \text{ mm/semana}$$

$$FR = \frac{ETc}{Hd}$$

$$FR = \frac{45 \text{ mm semana}}{48 \text{ mm}}$$

$$FR = 0,91 \text{ veces por semana o cada 7 días}$$

Para determinar el tiempo de riego, previamente debemos conocer algunos elementos del sistema de riego. En el caso del riego por goteo es necesario conocer la densidad de emisores por hectáreas, mientras que en surco es necesario conocer algunas propiedades del suelo.

Goteo

$$Ne = \frac{10.000}{Dh * Ds}$$

Donde

Ne es densidad de emisores por hectárea
10.000 m²

Dh es la distancia entre emisores (m)

Ds es la distancia sobre la línea que porta los emisores (m)

Por otra parte, con estos elementos es posible calcular la precipitación del sistema :

$$pp = \frac{Ne * Qe}{10.000}$$

Donde

pp es la precipitación bruta del sistema (mm/h).

Ne es densidad de emisores por hectárea.

Qe es el caudal del emisor (L/h).

Y luego es posible calcular el Tiempo de riego (TR), que será:

$$TR = \frac{ETc}{pp * Ef}$$

Donde

TR es tiempo de riego (h).

ETc es la demanda hídrica (mm/d).

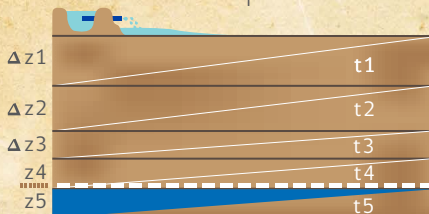
pp es la precipitación bruta del sistema (mm/d).

Ef es la eficiencia del sistema (Ef), la que en riego por goteo tiene un máximo teórico de 90%.

Surco

En este caso el tiempo de riego está directamente relacionado a la velocidad de infiltración (Vi). Esta característica del suelo a su vez depende de propiedades como textura, estructura o la existencia de compactación. Conociendo la Vi es posible determinar el tiempo que se demora el agua de riego en infiltrar (Ti) y por ende tiempo de riego (TR):

$$TR = \frac{5}{4} Ti$$



Estos 5/4 de Ti se usan, ya que:

- ♦ Pasado 1/4 del Ti se infiltrará una cantidad de agua "x" en la cabecera, pero en la cola del surco no habrá infiltrado nada.
- ♦ Pasado el 2/4 de Ti en la cabecera habrá infiltrado cerca de la mitad del agua de riego. Pero en la cola del surco solo habrá transcurrido 1/4 del Ti y recién habrá ingresado una fracción del agua.
- ♦ Alcanzado el 3/4 del Ti, en la cola recién se habrá infiltrado cerca de la mitad de la altura de agua.
- ♦ En 4/4 del Ti el riego habrá finalizado en la cabecera, pero en la cola del surco solo habrán transcurrido 3/4 del Ti.
- ♦ Es por esto que debemos adicionarle 1/4 más del Ti, para que en la cola del surco se logre completar el TR y una uniformidad de mojado en todo el surco.

Ejemplo

Un huerto de paltos plantados a 3 m x 2 m, cuenta con dos sectores de riego. El primero regado por goteo, con 1 línea de goteo por hilera de plantas, emisores de 4 L/h que están ubicados a 0,5 m de distancia entre sí.

El segundo sector esta regado por surcos, el tiempo que se demora en lograr una humedad óptima en los primeros 100 cm de suelo es 80 min.

Goteo

$$Ne = \frac{10.000}{3 \times 0,5} = 6.667 \text{ goteros}$$

Mientras que la precipitación del equipo será:

$$pp = \frac{6.667 \times 4}{10.000} = 2,67 \text{ mm/h}$$

Por otra parte el tiempo de riego será:

$$TR = \frac{22,8 \text{ mm / semana}}{2,67 \text{ mm/h} \times 0,9} = 9,5 \text{ hrs / semana}$$

Recordemos que la frecuencia de riego 3 riegos por semana, así que podríamos tener una programación de riego donde:

Lunes: 3 horas

Martes: sin riego

Miércoles: 3 horas = 9,5 hrs/semana

Jueves: sin riego

Viernes: 3,5 horas

Surco

Con la información que se describe podemos concluir que el tiempo de infiltración (Ti) es de 80 min.

$$TR = \frac{5}{4} Ti$$

$$TR = \frac{5}{4} \times 80 \text{ min}$$

$$TR = 100 \text{ min ó 1 hrs 40 minutos}$$

Recordemos que la Frecuencia de riego es 1 vez por semana. Es decir aplicaremos un riego semanal de 1 hrs y 40 minutos

Para más información sobre información sobre riego superficial y las alternativas para su optimización consulte la cartilla "EL RIEGO SUPERFICIAL TECNIFICADO" perteneciente a esta serie.





Más información:

Oficina de Enlace Copiapó
Los Carreras 559, Piso 3, oficina 7

Horario de Atención:

Lunes a Viernes desde las 08:30 horas a las 13:30 horas.

Fono: +56 57 2 402431

<http://www.conadi.gob.cl/>

