

ZONA NORTE

CÓMO DETERMINAR CUÁNTO Y CUÁNDO REGAR

PROGRAMA:

**“TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA PARA LA
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ÁREAS
AGRÍCOLAS VULNERABLES DE LAS REGIONES
DE ATACAMA Y COQUIMBO”**

RIEGO Y EFICIENCIA

El agua disponible para la agricultura es limitada. Que un agricultor en particular utilice inadecuadamente el recurso puede afectar no sólo su producción, sino también la de otros que integren la Comunidad de Aguas a la que todos pertenecen. Por tanto, se hace sumamente necesario optimizar la cantidad de agua empleada en el riego, es decir, ser eficientes.

La eficiencia se refiere a la relación entre la cantidad total de agua destinada al riego, y el agua que llega a las plantas que es realmente aprovechada. La diferencia entre estas dos cantidades de agua es la que se debe optimizar en la acción de regar.

Así, para optimizar el uso del agua, maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas, es necesario conocer la necesidad de agua de nuestros cultivos, que además tendrá directa relación con el tipo de suelo en que se encuentran plantados.

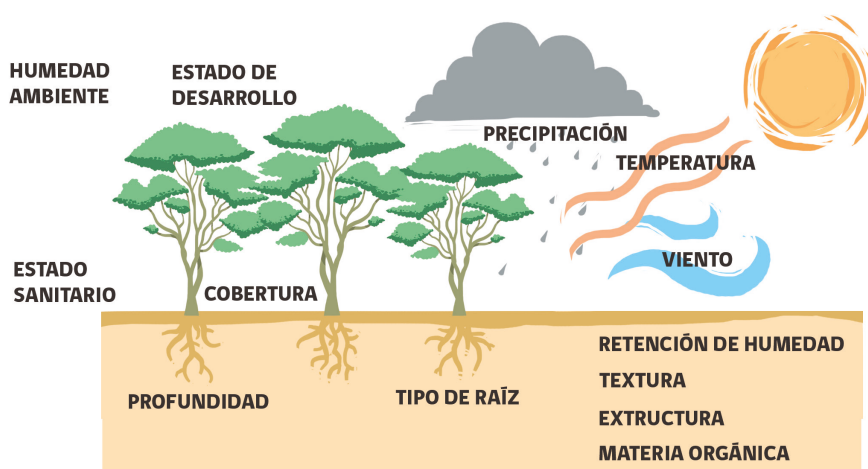
Figura 1. Riego por goteo en arándano.



1. NECESIDAD DE AGUA EN LOS CULTIVOS: CUÁNTO REGAR

Los requerimientos de agua de los cultivos dependen básicamente de las condiciones climáticas, de las características de suelo, de la especie y etapa de desarrollo del cultivo a regar.

Figura 2, Factores que influyen en el requerimiento de un cultivo.



Una de las formas más comunes de establecer cuánta agua requiere un cultivo, es conociendo cuánto es su consumo de agua; para ello se debe calcular su evapotranspiración.

La evapotranspiración es la cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas. Esta agua, debe reponerse periódicamente al suelo para no dañar el potencial productivo de la planta. Por tanto, su cálculo indica cuánto es el agua que se debe reponer diariamente en los cultivos.



La evapotranspiración potencial ha sido determinada para diversas localidades del país y normalmente es expresada en milímetros (mm) por unidad de tiempo (día, mes, año).

En la Tabla 1 a continuación se entrega la ETp promedio mensual (en mm/día) correspondiente a los territorios de la III región de Atacama y IV Región de Coquimbo.

Figura 4, Riego por goteo en arándanos.



TABLA 1, ETP promedio mensual (mm/mes)

	COMUNAS	ETP PROMEDIO					
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JU
ZONA 1 III REGIÓN	HUASCO	148,80	123,20	114,70	87,00	68,20	
	FREIRINA	156,55	130,20	122,45	93,00	72,85	
	VALLENAR	186,78	156,10	146,48	111,75	90,68	
ZONA 2 IV REGIÓN	LA SERENA	141,57	117,60	108,50	81,00	62,00	
	VICUÑA	204,60	169,87	155,00	119,00	89,90	
	PAIHUANO	133,30	110,13	103,33	79,00	66,13	
ZONA 3 IV REGIÓN	COQUIMBO	139,50	114,80	105,40	78,00	62,00	
	LOS VILOS	130,20	109,20	102,30	76,00	58,90	
	ILLAPEL	179,03	149,80	137,95	102,75	79,05	

*En este caso la unidad de medida son mm/mes, que corresponde a l/m²/mes (litros cada m² al mes)

TABLA 2, ETP promedio diario (mm/ día)

	COMUNAS	ETP PROMED					
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JU
ZONA 1 III REGIÓN	HUASCO	4,80	4,40	3,70	2,90	2,20	
	FREIRINA	5,05	4,65	3,95	3,10	2,35	
	VALLENAR	6,03	5,58	4,73	3,73	2,93	
ZONA 2 IV REGIÓN	LA SERENA	4,57	4,20	3,50	2,70	2,00	
	VICUÑA	6,60	6,07	5,00	3,97	2,90	
	PAIHUANO	4,30	3,93	3,33	2,63	2,13	
ZONA 3 IV REGIÓN	COQUIMBO	4,50	4,10	3,40	2,60	2,00	
	LOS VILOS	4,20	3,90	3,30	2,53	1,90	
	ILLAPEL	5,78	5,35	4,45	3,43	2,55	

*En este caso la unidad de medida son mm/ día, que corresponde a l/m²/ día (litros cada m² al día)

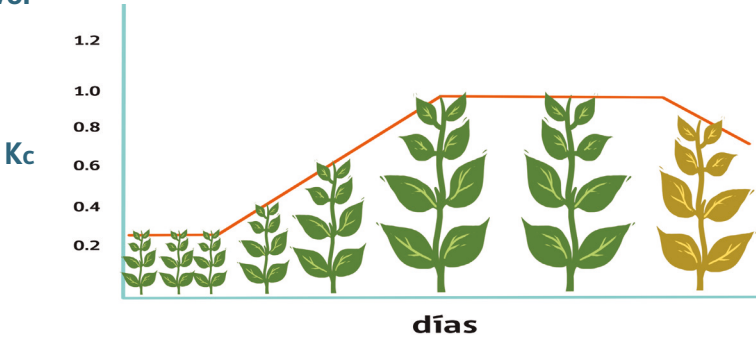
ROMEDIO MENSUAL (mm/mes)							
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
,20	54,00	55,80	65,10	81,00	108,50	126,00	145,70
,85	57,00	58,90	69,75	87,00	115,48	134,25	155,00
,68	72,75	75,95	87,58	108,00	139,50	162,75	184,45
,00	51,00	51,67	62,00	78,00	102,30	122,00	139,50
,90	72,00	72,33	86,80	109,00	146,73	174,00	201,50
,13	60,00	58,90	65,10	75,00	97,13	112,00	130,20
,00	48,00	49,60	58,90	75,00	99,20	119,00	136,40
,90	48,00	49,60	55,80	71,00	93,00	110,00	128,13
,05	65,25	65,10	76,73	96,00	129,43	152,25	177,48

ROMEDIO DIARIO (mm/día)							
	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
,20	1,80	1,80	2,10	2,70	3,50	4,20	4,70
,35	1,90	1,90	2,25	2,90	3,73	4,48	5,00
,93	2,43	2,45	2,83	3,60	4,50	5,43	5,95
,00	1,70	1,67	2,00	2,60	3,30	4,07	4,50
,90	2,40	2,33	2,80	3,63	4,73	5,80	6,50
,13	2,00	1,90	2,10	2,50	3,13	3,73	4,20
,00	1,60	1,60	1,90	2,50	3,20	3,97	4,40
,90	1,60	1,60	1,80	2,37	3,00	3,67	4,13
,55	2,18	2,10	2,48	3,20	4,18	5,08	5,73

El Coeficiente de Cultivo (K_c) se refiere a la resistencia del cultivo a la transferencia del agua y está relacionada con el área foliar, la cual a su vez es la cantidad de hojas por superficie de cultivo,

Este valor varía principalmente con el tipo de cultivo y su estado de desarrollo.

Figura 5, Coeficiente de Cultivo (K_c), durante el crecimiento de un cultivo.



En la tabla a continuación se muestran los valores de K_c correspondientes a cultivos presentes en las Regiones de Atacama y Coquimbo.

TABLA 3, Valores de coeficiente de cultivo (K_c), para diferentes cultivos.

CULTIVO	Coeficiente de Cultivos (K_c)		
	Inicio	media	Fin
Olivo	0,65	0,7	0,7
Vid de mesa	0,3	0,85	0,45
Vid vinifera	0,3	0,7	0,45
Palto	0,6	0,85	0,75
Limonero	0,6	0,7	0,8
Naranja	0,65	0,78	0,9
Papas	0,5	1,15	0,75
Tomate	0,6	1,15	0,9

Calculemos cuánta agua necesita un cultivo de olivo en el mes de enero, en Huasco.

1º Recordemos la fórmula de la Evapotranspiración de Cultivo

$$ET_c = ET_p \cdot K_c$$

2º De la **tabla 2** obtenemos el valor de ET_p promedio diario del mes de enero que es **4,8 mm/día** y de la **tabla 3** obtenemos el valor de K_c (medio) para el olivo que corresponde a **0,7**:

$$ET_c = 4,8 \text{ mm/día} \times 0,7$$

$$ET_c = 3,36 \text{ mm/día}$$

Así finalmente para el mes de enero el olivo en Huasco, necesita una cantidad de 3,36 mm/día de agua, esto quiere decir que deben ser regados con 3,36 l/m²/día.

Ahora si queremos saber el **requerimiento de agua mensual** (usamos ET_p mensual) de los olivos, en el mes de enero en Huasco, aplicando la fórmula:

1º Utilizamos la formula de la Evapotranspiración de Cultivo

$$ET_c = ET_p \cdot K_v$$

2º De la **tabla 1** obtenemos el valor de ETp promedio mensual de enero que es **148 mm/día** y de la **tabla 3** obtenemos el valor de Kc (medio) para el olivo que corresponde a **0,7**:

$$ETc = 148,8 \text{ mm/mes} \times 0,7$$

$$ETc = 104,16 \text{ mm/mes}$$

Así obtenemos que, para el mes de enero, los olivos en Huasco necesitan una cantidad de **104,16 mm/mes** de agua, es decir, necesitan 104,16 l/m²/mes

Con lo aprendido podríamos **calcular el volumen total requerido para el olivo durante el mes de enero**, tomando en consideración la **superficie total** que se quiere regar.

$$1^\circ: \text{VOLUMEN} = ETc \times \text{Superficie}$$

(Evapotranspiración de cultivo x Superficie a regar)

Siguiendo el ejemplo anterior, recordamos que para el mes de enero la evapotranspiración de cultivo del olivo es 104,16mm/mes y necesitamos obtener el volumen de agua mensual requerido para 1 há (10.000m²) de Olivos, para el mes de enero en Huasco.

2º Multiplicamos la evapotranspiración de cultivo (olivo mes de enero 104,16 l/m²/mes) por la superficie que necesitamos regar, 1há=10.000m²

$$\text{Volumen} = ETc \times \text{Superficie}$$

$$\text{Volumen} = 104,16 \text{ l/m}^2/\text{mes} \times 10.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 1.041.60 \text{ l/mes}$$

$$\text{Volumen} = 1042 \text{ m}^3/\text{mes}$$

Para el mes de enero, una hectárea de olivos en Huasco, necesita una cantidad 1042 m³ de agua al mes.

Ahora, si consideramos estimar el requerimiento hídrico de toda una temporada de los olivos, teniendo en cuenta la etapa de crecimiento y desarrollo del olivo, que es de septiembre a mayo, 9 meses (boletín INIA N°72, Riego del Olivar en el Valle del Huasco).

La tabla 4 muestra los requerimientos de una hectárea para una temporada de olivos, en Huasco. Empleando la ETp para cada mes, se obtiene la ETc mensual y el volumen de agua a reponer respectivamente, para finalmente obtener el volumen total.

Figura 6, Riego por goteo.



TABLA 4, Requerimientos para 1 hectárea de olivos.

MESES DE TEMPORADA	Sep	oct	nov	dic
ETp [mm/mes]	81,00	108,50	126,00	141,00
Kc	0,7	0,7	0,7	0,7
Etc (ETp x Kc) [mm/mes]	56,7	75,95	88,2	100,00
Vol (ETp x Sup) [m³/mes]	567	759,5	882	1000
Volumen Temporada [m³]				

Nota a considerar:

Al volumen de agua requerido por los cultivos se le debe descontar el aporte recibido por la lluvia. Las necesidades netas de riego (NN) o el volumen total de agua que realmente debemos reponer a través del riego corresponde a lo que el cultivo evapotranspira, descontándole la precipitación.

De esta forma se tiene:

NN = ETc - Pe

NN = (ETp x Kc)

Donde:

NN = Necesidades Netas de Riego

ETp = Evapotranspiración Potencial

Kc = Coeficiente de cultivo

Pe = Precipitación

dic	ene	feb	mar	abr	may
145,70	148,80	123,20	114,70	87,00	68,20
0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
101,99	104,16	86,24	80,29	60,9	47,74
1019,9	1041,6	862,4	802,9	609	477,4
7021,7					

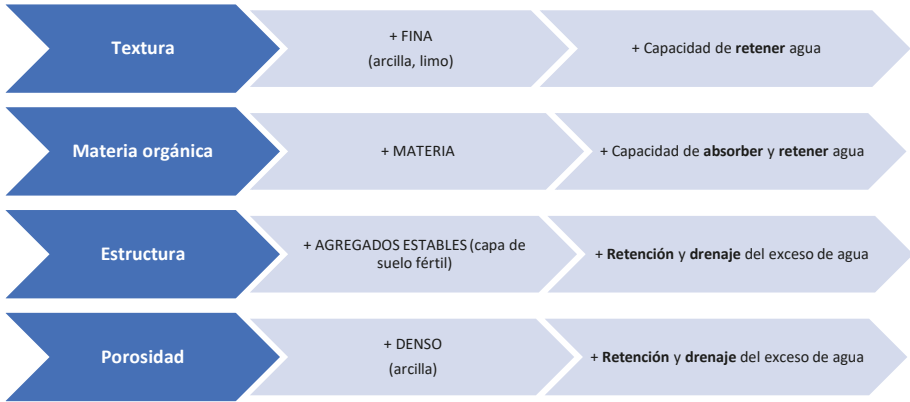
2. ¿CUÁNDO DEBO REGAR?

Las características del suelo son esenciales para determinar cuándo regar.

Características del suelo, en relación a su contenido de agua

El Suelo está conformado aproximadamente por un 50% de partículas sólidas (minerales y orgánicas), un 25% de agua y 25% de aire. Estos porcentajes son ideales y varían de acuerdo al tipo de suelo y agua antes, durante o después de un riego. El aire y el agua se encuentran en el espacio poroso del suelo, que corresponde al 50% del volumen, y varía de acuerdo a su textura.

Figura 7, Características del suelo, en relación con su contenido de agua.



La textura es una propiedad que se refiere a la clasificación de las partículas de suelo de acuerdo a su tamaño.

TABLA 5, Texturas de suelo

Textura del suelo	Total Espacio Poroso
Arenoso	38%
Franco	47%
Arcilloso	53%

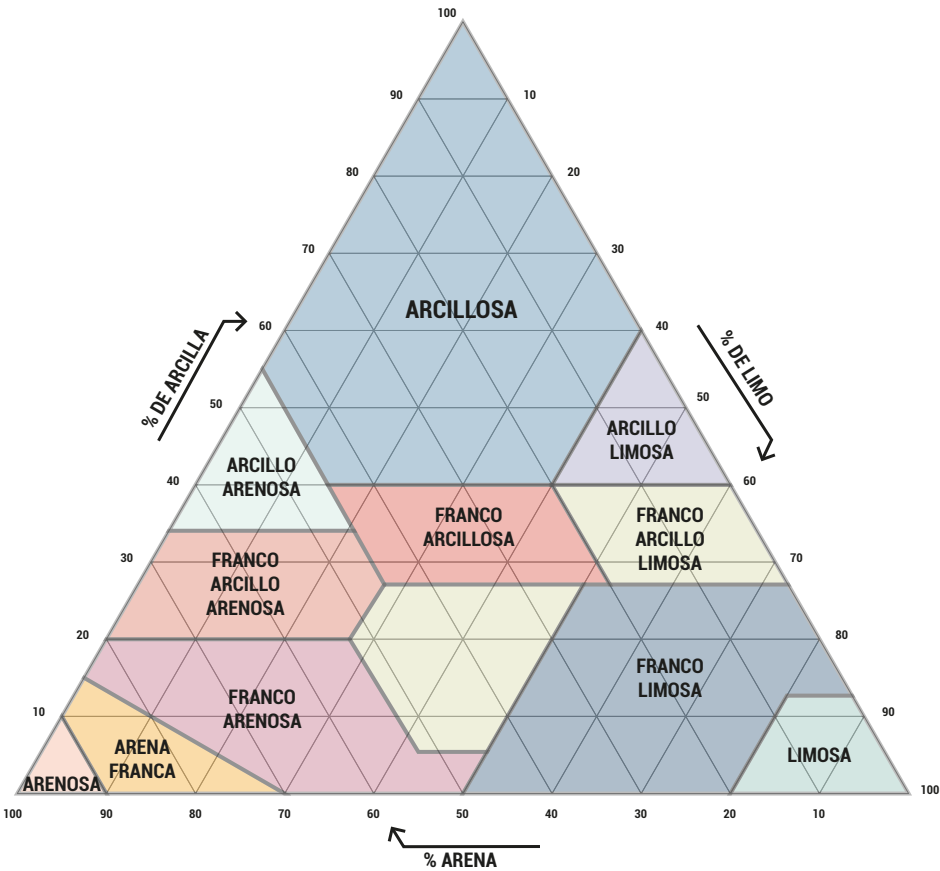
TABLA 6, Partículas de suelo.

Partícula	Tamaño
Gravas, piedra	Mayor a 2mm
Arena gruesa	2 a 0.2 mm
Arena fina	0.2 a 0.02 mm
Limo	0.2 a 0.002
Arcilla	menor a 0.002

Si al colocar un poco de suelo ligeramente húmedo en la palma de la mano se siente áspera, la sensación proviene de la arena, si por el contrario, se siente pegajoso, se debe a la presencia de arcilla; y si no es áspero ni pegajoso, más bien muy suave (parecido al talco), se debe a la presencia de limo.

Clases texturales de suelo de acuerdo a las combinaciones de arena, limo y arcilla.

Figura 8, Triangulo de texturas del suelo.

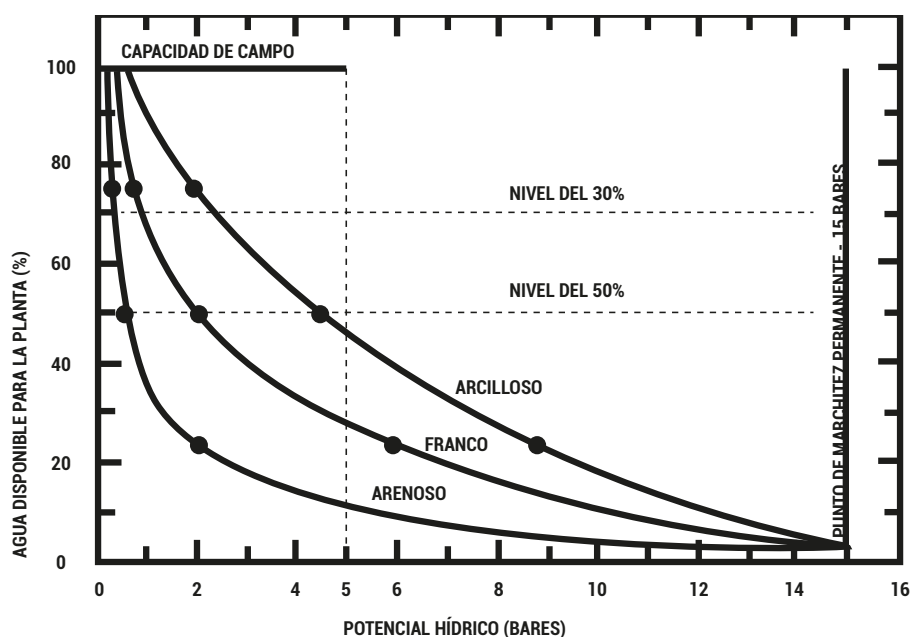


La figura muestra ejemplos de clases texturales, que influyen en las propiedades físicas y químicas del suelo, y determinan condiciones favorables y desfavorables para cultivos, tales como: Aireación de la zona radicular, infiltración del agua de riego, retención de humedad del suelo, facilidad o dificultad de laboreo, disponibilidad de elementos nutritivos.

El agua es retenida dependiendo de la cantidad de agua y del tamaño de las partículas en el suelo (mayor retención para las partículas más pequeñas). A medida que el suelo pierde humedad, el agua es retenida con mayor fuerza y se hace menos disponible para las plantas. La energía con que se retiene el agua en el suelo, también se denomina como potencial hídrico.

La relación entre el contenido de humedad y energía o potencial con que está retenida el agua se expresa por la siguiente curva:

Figura 9, Relación de contenido de humedad y potencial hídrico.



El potencial hídrico puede expresarse en unidades de energía por unidades de masa o volumen. La unidad más corriente es el megapascal (MPa=10 bares), aunque también se han utilizado la atmósfera y el bar (1 bar=0.987atm).

Humedad aprovechable

Para obtener la humedad que es aprovechable del suelo para la planta, en relación a la altura de agua en el perfil del suelo, utilizaremos la siguiente expresión:

$$HA = \frac{CC - PMP}{100} * \frac{D_{ap}}{D_{H2O}} * P$$

Donde

HA = Altura de agua aprovechable para el cultivo (mm), de donde se tiene que 1mm de altura, corresponde a 1 litro de agua por metro cuadrado de terreno.

CC = Capacidad de Campo, es el contenido de agua en el suelo después que ha sido mojado abundantemente y se ha dejado drenar libremente, evitando pérdidas por evapotranspiración, alrededor de 24 a 48 horas de realizado un riego o lluvia. Corresponde aproximadamente al contenido de agua del suelo a una tensión del agua a -0.33 bares.

PMP = Punto de Marchitez Permanente, es el contenido de agua en el suelo al cual la planta se marchita y ya no recobra su turgencia. Por convención corresponde al contenido de agua a una tensión o potencial métrico de -15 bares.

Dap = Densidad aparente del suelo (g/cc)

DH₂O = Densidad del agua, se asume normalmente 1(g/cc)

P = Profundidad representativa de la muestra de suelo.

Clasificación del Agua en el suelo

El agua en el suelo se puede clasificar en tres categorías:

Agua gravitacional: Es el agua que drena libremente por acción de la fuerza de gravedad, esta agua en parte es absorbida por las plantas.

Agua no disponible: Es el agua absorbida fuertemente a la partícula del suelo y que no puede ser absorbida por las plantas.

Agua disponible por las plantas: Se encuentra entre el agua gravitacional y el agua no disponible. Los límites son Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP).

¿Cómo determinar la humedad en el suelo?

El contenido de humedad en el suelo puede medirse o estimarse de forma directa o a partir de parámetros del suelo.

1. Calicatas y barreno: Las calicatas excavadas al día siguiente del riego indican profundidad y distribución del agua en el perfil del suelo. Con el barreno se toman muestras de suelo en diferentes sectores y profundidades, y se puede observar el contenido de humedad, como se describe a continuación.

Tacto y apariencia

Seco: El suelo se separa fácilmente, los terrones se desintegran al aplicar presión.

Ligeramente húmedo: Se forma una masa débil, la humedad no mancha los dedos, algunas partículas se separan.



Húmedo: se forma una masa, la humedad de ella mancha ligeramente los dedos



Mojado a Capacidad de Campo:

Se forma una masa suave, muy poca agua libre aparece en la superficie de la muestra de suelo.



A stylized illustration of a plant with a dark green stem and several light green leaves. The plant is growing out of a brown, textured ground. To the left of the plant, there is a vertical grey post with a blue cap and a small blue rectangular component attached to it. The root system of the plant is depicted as a series of dark green lines extending downwards into the ground, branching out horizontally at various levels.



La interpretación en centibares (cb) es la siguiente:

0 a 10 cb: indican suelo con agua libre llegando a cero o saturado.

10 a 20 cb: Humedad a disposición de la planta con un esfuerzo mínimo.

30 a 60 cb: Rango de inicio de riego de acuerdo a la textura que predomina en el suelo.

70 cb o superiores: La planta está padeciendo estrés y se acerca al punto de marchitamiento.

Otra de las interrogantes que deben enfrentar los agricultores es establecer **cuándo o cada cuánto tiempo se debe regar**, es decir, se debe determinar la **frecuencia (Fr)** con la cual se tendrá que aplicar agua a los cultivos.

La frecuencia de riego (Fr) se determina a partir de la humedad aprovechable (HA), el criterio de riego (Cr) y la evapotranspiración de cultivo (ETc), a través de la siguiente expresión:

$$Fr = HA \times Cr / ETc$$

Recordando Conceptos:

La humedad aprovechable (HA) se refiere a la capacidad de retención de agua que tiene un tipo de suelo, según su textura. De acuerdo a esto, los suelos pueden ser arenosos, francos o arcillosos. Los arenosos tendrán una menor capacidad de retención de agua y los arcillosos una mayor capacidad. La humedad aprovechable es un valor que se sitúa entre la Capacidad de Campo (que corresponde al máximo de agua

útil para la planta) y el Punto de Marchitez (mínimo de agua útil para la planta).

La humedad aprovechable (HA), Capacidad de Campo (CC) y Punto de marchitez (PMP) han sido determinados para los distintos tipos de suelos. A continuación, se presentan los valores de éstos para distintos tipos de suelo.

TABLA 7, Muestra valores de CC, PMP y HA para distintos tipos de suelos.

Textura del suelo	Franco Arenoso	Franco	Franco Arcilloso
CC	11	15	21
PMP	5	8	10
HA (mm)	90	84	121

CC = Se conoce como Capacidad de Campo. Indica el límite superior o máximo de agua útil para la planta que queda retenida en el suelo.

PMP = Se conoce como Punto de Marchitez Permanente. Indica el límite inferior o mínimo de agua útil para la planta.

HA = Altura de agua aprovechable para el cultivo (mm).

Un milímetro de altura corresponde a un litro de agua por metro cuadrado de terreno.

El criterio de riego indica en qué momento aplicaremos el riego al cultivo en términos del agotamiento del agua en el suelo. En general se utiliza un 50%, esto quiere decir que regaremos cada vez que hayamos perdido la mitad del agua que hay en el suelo. Ello significa que no regaremos de inmediato, evitando saturar el suelo con agua, ni tampoco esperaremos a que el suelo esté completamente seco para volver a regar.

Entonces ahora calculemos con qué frecuencia deberíamos regar los olivos, en el mes de enero, en Huasco, en un suelo Franco Arcilloso.

Paso 1, obtener la humedad aprovechable dependiendo del tipo de suelo, desde la tabla 5.

Paso 2, decidimos que criterio de riego utilizaremos, un ejemplo es el del 50% (0,5) regar cuando se haya agotado el 50% del agua en el suelo.

Paso 3, Finalmente, de la tabla 2 obtenemos la evapotranspiración promedio diario de cultivo en el mes de enero

$$\text{Fr} = \text{HA} \times \text{Cr} / \text{ETc}$$

$$\text{Fr} = 121 \times 0,50 / 4.8$$

$$\text{Fr} = 12 \text{ Días}$$

Esto quiere decir, que el mes de enero, los olivos necesitan ser regados cada 12 días, bajo las condiciones anteriormente descritas.



MÁS Y MEJOR
RIEGO PARA CHILE

yo
cuido
el agua



Más información:

Comisión Nacional de Riego
División de estudios, Desarrollo y Políticas
Avda. Libertador Bernardo O'Higgins 1449 piso 4,
Santiago.
(56 2) 24257990
www.cnr.gob.cl

El presente material forma parte de las actividades de capacitación del Programa "Transferencia tecnológica para la adaptación al cambio climático en áreas agrícolas vulnerables de las regiones de Atacama y Coquimbo", que ejecuta AquaSys Ingenieros Consultores Ltda. Su contenido fue elaborado en base al "Manual Básico de Capacitación para fortalecer la Gestión de Organizaciones de Usuarios de Aguas" (CNR-UdeC, 2017).