

PROGRAMA

CAPACITACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN RIEGO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES EN LAS REGIONES DEL BIOBÍO Y LA ARAUCANÍA

INTRODUCCIÓN

1 Introducción

El clima privilegiado y la ubicación estratégica de nuestro país son dos elementos fundamentales en las características de nuestra producción agrícola. La variabilidad en la disponibilidad de agua, a lo largo de Chile, hace que los agricultores deban hacer esfuerzos especiales para manejar en forma óptima los distintos factores que inciden en la producción. Entre los factores productivos que controla un agricultor, el riego es uno de los cuales existe mayor descuido y falta de conocimiento en cuanto al efecto que tiene el mal manejo del agua, tanto en la cantidad como en la calidad del producto que se desea obtener.

La programación de riego es una metodología que nos permite determinar el nivel óptimo de riego a aplicar a los cultivos. Esta consiste en establecer la frecuencia de riego, que responde el ¿cuándo regar?, y el tiempo de riego, que responde el ¿cuánto regar?, de acuerdo a las condiciones climáticas y de suelo presentes en el predio.

Para programar el riego es esencial estimar tanto el agua que consumen los cultivos como la cantidad de agua que puede almacenar el suelo explorado por las raíces del cultivo. Una apropiada programación del riego permite optimizar el uso del agua y maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas.

1	Introducción	1
2	Agua en el suelo	2
3	Densidad aparente	2
4	Textura	2
5	Humedad aprovechable	2
6	Contenido de humedad del suelo	3
7	Profundidad de raíces	3
8	Riego superficial por surcos	5
8.1	Control de caudal	5
8.2	Frecuencia de riego	6
8.3	Tiempo de riego	6
9	Riego por aspersión tradicional	7
9.1	Tasa de aplicación	7
9.2	Frecuencia de riego	9
9.3	Tiempo de riego	9
10	Riego localizado o microriego	10
10.1	Tasa de aplicación	10
10.2	Frecuencia de riego	12
10.3	Tiempo de riego	13
11	Determinación de la humedad del suelo a través del tacto	14



2 Agua en el suelo

Para manejar correctamente un sistema de riego se deben conocer conceptos importantes referentes al almacenamiento del agua en el suelo. Para esto se definirán conceptos como textura, densidad aparente, contenido de humedad del suelo, humedad aprovechable y profundidad de raíces.

3 Densidad aparente

La densidad aparente se define como la relación que existe entre el peso de una muestra de suelo seco y el volumen que ocupa dicha muestra. El volumen incluye tanto las partículas sólidas como el espacio poroso existente entre ellas, definido en gran medida por la textura del suelo y por el grado de agregación entre las partículas del suelo conocido como su estructura. A diferencia de la textura, la densidad aparente es una propiedad que varía con las condiciones estructurales del suelo, las que dependen de condiciones de manejo, tales como el paso de maquinaria u otras labores agrícolas. Este parámetro puede servir como un indicador del grado de compactación que tiene el suelo y la restricción relativa al desarrollo de las raíces de las plantas.

4 Textura

El suelo está compuesto por diferentes tamaños de partículas que lo forman, existiendo tres fracciones: arena, limo y arcilla, las que combinadas en distintas proporciones definen las distintas texturas de suelo como por ejemplo, suelos arenosos, francos, arcillosos y las posibilidades intermedias de combinación. Por ejemplo, si el resultado de un análisis textural de suelo entrega un 20% de arcilla, 40% de arena y 40% de limo, el suelo de acuerdo al triángulo de textura es clasificado como un **suelo franco** (Figura 1). Para el uso del triángulo textural seleccionamos primero cualquiera de los 3 componentes, por ejemplo el porcentaje de arena (40%), luego nos movemos hacia la arcilla para intersectar ya sea con la horizontal proveniente de la arcilla (20%), o con la diagonal que viene del limo (40%). Basta con dos componentes para determinar una textura ya que el tercero se obtiene indirectamente.

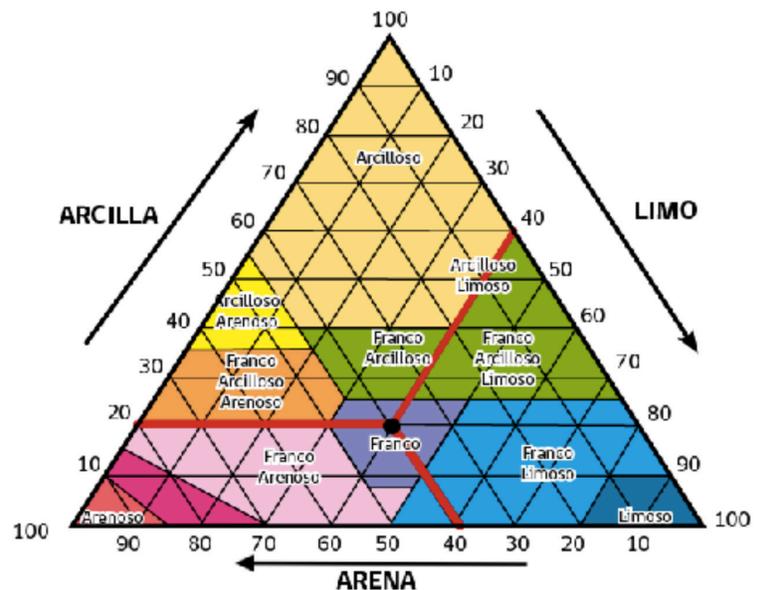


Figura 1. Triángulo textural de suelos.

Una forma práctica para determinar la textura de un suelo es frotando entre las yemas de los dedos una muestra de suelo húmedo. Si la sensación al tacto es áspera, significa que el suelo posee un mayor porcentaje de arena. Si es pegajosa, la que predomina es la arcilla, y si es muy suave, similar a la harina o talco, es el limo el que está en mayor proporción. La muestra debe estar húmeda, con la cantidad justa de agua de modo que la consistencia sea semejante a una masa de cemento lista para la construcción. La muestra se amasa formando un cilindro (lulo). Si ésta se forma, pero se rompe fácilmente, es probable que el suelo tenga arcilla, pero también bastante arena, por eso se rompe (por ejemplo franco arcilloso). Si no se forma, se trata de un suelo con mucha arena y poca arcilla (por ejemplo un franco arenoso). Así, siempre es recomendable primero determinar si la textura de suelo es fina (franco-arcillosa, arcillosa), media (franco) o gruesa (arenosa).

5 Humedad aprovechable

El contenido de humedad a capacidad de campo (CC) es la humedad del suelo después de 24 a 48 horas de haber sido mojado abundantemente y se ha dejado drenar el agua libremente. En otras palabras, capacidad de campo se define como la máxima cantidad de agua que un suelo es capaz de retener. El contenido de humedad a punto de marchitez permanente (PMP) es

la humedad del suelo en la que la planta se marchita y ya no es capaz de recuperar su turgencia. En otras palabras, es el contenido de humedad del suelo, en el que la planta se marchita a pesar de regarla después de alcanzado este punto. Un suelo a PMP se ve extremadamente seco pero aun así contiene agua en una muy pequeña cantidad imposible de ser extraída por el cultivo.

Al considerar capacidad de campo y punto de marchitez permanente como un límite superior e inferior de almacenamiento de agua en el suelo, el contenido de agua que está entre estos dos límites se define como **humedad aprovechable** que puede ser consumida por las plantas (Figura 2). Estos límites variarán dependiendo de la textura del suelo. En suelos arcillosos la humedad aprovechable es mayor que en suelos arenosos (Tabla 1).

6 Contenido de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo se refiere a la cantidad de agua presente en el suelo. La humedad del suelo depende exclusivamente de los aportes de agua que reciba éste y de la extracción de agua que tenga de acuerdo al tipo de cultivo presente en el predio.

7 Profundidad de raíces

La profundidad de raíces de un cultivo anual cambia rápidamente con el tiempo, a partir de emergencia a madurez (Figura 3). Por tanto, una adecuada programación del riego, requiere el conocimiento de la profundidad efectiva de raíces en cada período de tiempo analizado. Así, este valor determinará la profundidad del suelo desde donde se extrae agua. En otras palabras, si el suelo tiene 1,80 m de profundidad, pero el cultivo está en una etapa temprana de desarrollo (por ejemplo, 20 cm de profundidad de raíces), el valor a considerar para el riego es 20 cm, es decir, donde se encuentran las raíces extractivas de agua. En el caso de frutales, una vez que las plantas se encuentran en su segundo año o más de producción, las raíces se encuentran establecidas y serán consideradas así para el resto de la temporada. Algunas profundidades de cultivos se pueden observar en Tabla 2.

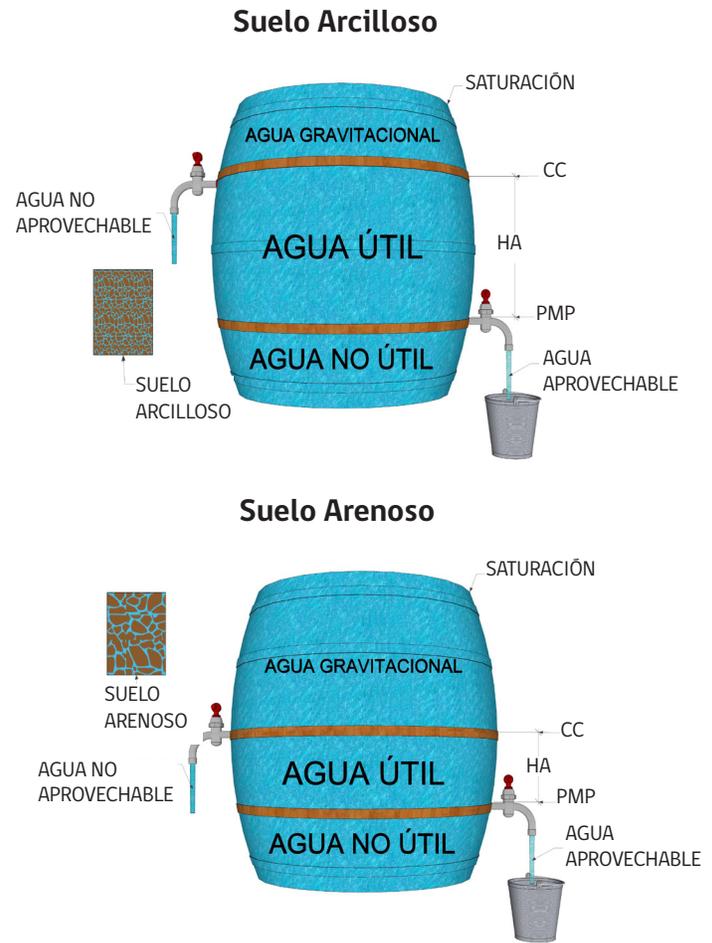


Figura 2. Retención de agua de un suelo arcilloso y arenoso.

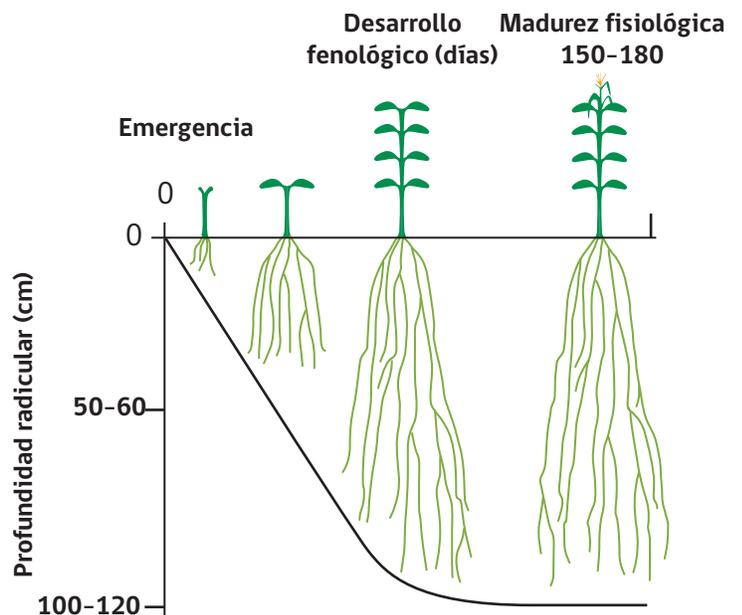


Figura 3. Profundidad de raíces para un cultivo anual, por ejemplo, maíz.

Tabla 1. Humedad aprovechable para suelos presentes en las regiones del Biobío, Ñuble y Araucanía.

Tipos de suelo	Densidad aparente (g/cm ³)	Capacidad de campo (%)	Punto marchitez permanente (%)	Volumen de agua de agua aprovechable (litros de agua /m ³ de suelo)
Arenoso	1,55 - 1,80	6 - 12	2 - 6	90
Franco-Arenoso	1,40 - 1,60	10 - 18	4 - 8	120
Franco	1,35 - 1,50	18 - 26	8 - 12	170
Franco-Arcilloso	1,30 - 1,40	23 - 31	11 - 15	190
Arcilloso-Arenoso	1,25 - 1,35	27 - 35	13 - 17	210
Arcilloso	1,20 - 1,30	31 - 39	15 - 19	230
Trumao	0,90 - 1,24	45 - 60	15 - 33	280

Tabla 2. Profundidad radicular para diferentes cultivos y la profundidad de manejo del riego.

Cultivo	Profundidad radicular (cm)	Profundidad de manejo del riego (cm)
Ajo, Ají	80	60
Alfalfa	150	90-120
Arándano, Frutilla	45-60	30-45
Brócoli, Coliflor	45-60	30-45
Espárragos	90-120	60-90
Granos pequeños	105	75-90
Maíz, Remolacha, Maravilla	120	75-90
Lechuga	50-80	60
Papas	60	45-60
Poroto Soya	120-150	75-90
Porotos	75	45-60
Tomate	30-90	30-60
Trigo invierno	120-150	90-100
Trigo primavera	100-120	80-90
Zanahoria	70-100	90

8 Riego superficial por surcos

8.1 Control de caudal

El caudal a utilizar por surcos, debe ser el mayor posible siempre que no produzca arrastre y erosione el suelo en el surco, principalmente en la cabecera. El manejo de riego con caudales importantes permite acortar el tiempo de avance del agua desde la cabecera hasta el final del surco y, de esta manera disminuir las pérdidas por infiltración en la cabecera, aumentando la eficiencia de aplicación en la parcela.

La forma más sencilla de medir caudales es la medición directa del tiempo que se tarda en llenar un recipiente de volumen conocido. El flujo de agua se desvía desde la reguera hacia un surco mediante un tubo recto o un sifón que descarga en un recipiente de volumen conocido y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. Para los caudales de hasta 4 L/s, es adecuado un recipiente de 20 litros de capacidad de modo que conociendo el tiempo que demora en llenarse se puede estimar el caudal conducido (Figura 4). En Tabla 3 se presentan valores de referencia para este propósito.

Los caudales máximos no erosivos dependen en gran medida de la textura de suelo y la pendiente del terreno, a continuación se observan recomendaciones de los caudales máximos según tipo de suelo y pendiente en Tabla 4.

Tabla 3. Caudal del surco (L/s) según el tiempo de llenado de un balde de 20 litros.

Tiempo de llenado (segundos)	Caudal del surco (L/s)
200	0,1
67	0,3
50	0,4
40	0,5
27	0,8
20	1,0
16	1,3
13	1,5
11	1,8
10	2,0
9	2,3
8	2,5
7	2,8
6,5	3,0
6	3,3
5,5	3,5
5	4,0



Figura 4. Medición de caudal en riego por surcos.

Tabla 4. Caudales máximos no erosivos.

Tipo de suelo	Pendiente del suelo (%)			
	0,1	0,2	0,3	0,5
Caudal máximo no erosivo (litros/segundo)				
Suelo muy erosionable	1,1	0,45	0,25	0,12
Suelo poco erosionable	2,15	0,85	0,5	0,25

8.2 Frecuencia de riego

La frecuencia de riego permite establecer cada cuántos días se debe regar, procurando optimizar el uso del agua para maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas. La frecuencia de riego depende, además de las características de la planta y medio ambientales, de las propiedades hidráulicas del suelo, método de riego y capacidad de retención de agua del suelo.

Algunos de los aspectos importantes a considerar es la evapotranspiración del cultivo (relación del agua consumida por las plantas) expresada en milímetros de altura de agua, la que se relaciona con la cantidad de agua transpirada por la planta y la evaporada desde el suelo. Una planta evapotranspira más cuando se encuentra bien hidratada (regada), fomentando su desarrollo y aumentando la producción. Valores de evapotranspiración diaria se puede obtener de sitios gratuitos para los agricultores como por ejemplo, plataformas web como www.agromet.inia.cl y www.agroclima.cl, o aplicaciones gratuitas para

celulares como **CampoClima**. La evapotranspiración de cultivo se debe relacionar con la cantidad de agua útil o aprovechable del suelo en la profundidad efectiva de raíces (Tabla 2), para el período de crecimiento analizado. Por ejemplo, si el valor total de agua útil o aprovechable para la planta es de 75 milímetros en 60 centímetros de profundidad efectiva de raíces, implica que la planta puede llegar a disponer de 75 litros de agua por metro cuadrado de suelo a esa profundidad de raíces, que es equivalente a 750 metros cúbicos de agua por hectárea de terreno a igual profundidad. Si consideramos una evapotranspiración diaria de 7,5 mm, en teoría la capacidad del suelo se agotaría en 10 días. Sin embargo, en la práctica no se espera el agotamiento total del suelo para volver a regar sino que se considera una parte, con el fin de que el suelo disponga siempre de un contenido que no afecte significativamente el rendimiento del cultivo. Este valor es en promedio de un 50%.

En la Tabla 5 se muestran las frecuencias de riego para cultivos relevantes en la zona regados por surcos.

Tabla 5. Frecuencias de riego para cultivos regados por surcos en las regiones del Biobío, Ñuble y Araucanía.(*).

Región	Cultivo	Suelo														
		Arcilloso					Franco					Arenoso				
		Frecuencia de riego (días)					Frecuencia de riego (días)					Frecuencia de riego (días)				
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Biobío y Ñuble	Frutales	14	11	10	13	17	10	8	7	10	13	4	3	3	3	5
	Hortalizas	7	4	2	3	4	2	1	1	2	3	1	1	1	1	1
Araucanía	Maíz	12	7	7	9	-	10	6	6	7	-	2	1	1	2	-
	Leguminosas y tubérculos	12	6	4	6	9	9	5	3	4	7	3	1	1	1	2

(*). Los valores mostrados en esta tabla son solo referenciales y deben ser ajustadas de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de cada predio.

8.3 Tiempo de riego

El tiempo de riego permite establecer durante cuánto tiempo debo regar, procurando optimizar el uso del agua para maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas. El tiempo de riego depende de las características de la planta y medio ambientales, de las propiedades hidráulicas del suelo, método de riego, capacidad de retención de agua del suelo

y condicionado por el caudal que se aplica en la entrada del sistema. Para determinar el tiempo de riego se necesita conocer la capacidad de infiltración que tiene el suelo del predio, puesto que este hará variar el tiempo de oportunidad en las cuatro fases características que posee un riego superficial (avance, almacenamiento, vaciado y receso) y permitirá conocer el tiempo óptimo para entregar la cantidad de agua que necesita el cultivo.

Dado que las eficiencias de aplicación de los riegos superficiales son bajas, entre un 30% a 50%, los tiempos de riego en ocasiones son excesivos puesto que de un 100% de agua utilizada para regar, un 70% a 50% se pierde por escorrentía, percolación profunda, evaporación, etc. En la Tabla 6 se muestran los tiempos de riego en horas para cultivos relevantes en la zona regados por surcos.

Tabla 6. Tiempos de riego para cultivos regados por surcos en las regiones del Biobío, Ñuble y Araucanía.(*)

Región	Cultivo	Suelo														
		Arcilloso					Franco					Arenoso				
		Tiempo de riego (h)					Tiempo de riego (h)					Tiempo de riego (h)				
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Biobío y Ñuble	Frutales	8	15	22	14	8	5	9	13	10	5	1	2	4	2	1
	Hortalizas	3	3	2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Araucanía	Maíz	6	7	7	7	5	3	4	4	3	3	1	1	1	1	2
	Leguminosas y tubérculos	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1

(* Los valores mostrados en esta tabla son solo referenciales y deben ser ajustados de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de cada predio.

9 Riego por aspersión tradicional

Como en todo sistema de riego presurizado, en aspersión el caudal del emisor es de gran relevancia puesto que permitirá calcular la tasa de aplicación con que se está regando el cultivo y así el tiempo en que debe permanecer funcionando el equipo en cada postura. Para medir el caudal de un aspersor se debe disponer de un recipiente de unos 20 litros de capacidad, un cronómetro y una manguera para dirigir el agua que sale desde la boquilla del emisor hacia el recipiente o balde. La presión en el interior del aspersor es determinante en el caudal entregado y la distancia de mojamiento del emisor, por lo que debe también ser conocida mediante la inserción de un manómetro con adaptador cónico en la salida de la boquilla del aspersor (Figura 5). En la medida que la presión sea mayor, mayor será el caudal y el alcance del chorro, pero será el fabricante el que defina por catálogo los rangos de presión adecuados y los diámetros de boquillas posibles de usar.

9.1 Tasa de aplicación

La tasa de aplicación es la cantidad de agua que precipita sobre el área a regar en un lapso de tiempo determinado, y se mide en milímetros de altura de agua por cada hora de riego (mm/h). Al igual que la medición del agua caída en una lluvia, cada milímetro

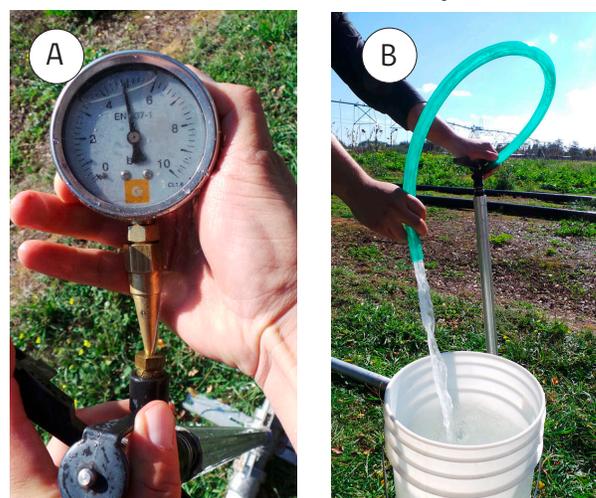


Figura 5. A) Medición de presión y B) caudal en riego por aspersión.

Tabla 7. Tasas de aplicación máximas según tipo de suelo para riego por aspersión tradicional.

Tipo de suelo	Tasa de Aplicación máxima (mm/h)
Arcilloso	5
Franco-Arcilloso	8
Franco	10
Franco-Arenoso	12
Arenoso	25
Trumao	10

de precipitación en riego es equivalente a que en cada metro cuadrado de superficie de cultivo haya caído 1 litro de agua. Como una forma de facilitar los cálculos, la tasa de aplicación de un equipo de riego se considera como un valor promedio que asume una distribución de agua uniforme sobre toda el área regada. Es importante señalar que la tasa de aplicación de un sistema de riego por aspersión debe ser menor o igual a la velocidad con que el suelo es capaz de infiltrar el agua, con el fin de evitar inundaciones y posibles escurrimientos superficiales (Tabla 7). Desde el punto de vista de diseño, se deben barajar diferentes opciones de aspersores en las que un mayor alcance o radio de mojamiento proporcione una pluviometría o tasa de aplicación más baja puesto que una misma

cantidad de agua se reparte en una mayor superficie.

En la Tabla 8 se muestran ejemplos de tasa de aplicación con varias disposiciones y con tres caudales de aplicación del aspersor. Por ejemplo, si un sistema de riego por aspersión tradicional posee una distribución cuadrada o rectangular (Figura 6) con aspersores que entregan un caudal de 18 litros/minuto, con una disposición de 12x12 metros (distancia entre aspersores en el lateral x distancia entre laterales porta aspersores), la tasa de aplicación de ese sistema será de 8 mm/h, es decir, que por cada hora de riego el equipo aplica al cultivo 8 litros de agua por cada metro cuadrado de suelo.

Tabla 8. Tasas de aplicación según marco de disposición y caudal de los aspersores.

Marco de disposición aspersores (m x m)	Q (L/min)	Tasa de aplicación (mm/h)
9x12	18	10
12x12	18	8
12x15	18	6
9x12	48	27
12x12	48	20
12x15	48	16
9x12	60	33
12x12	60	25

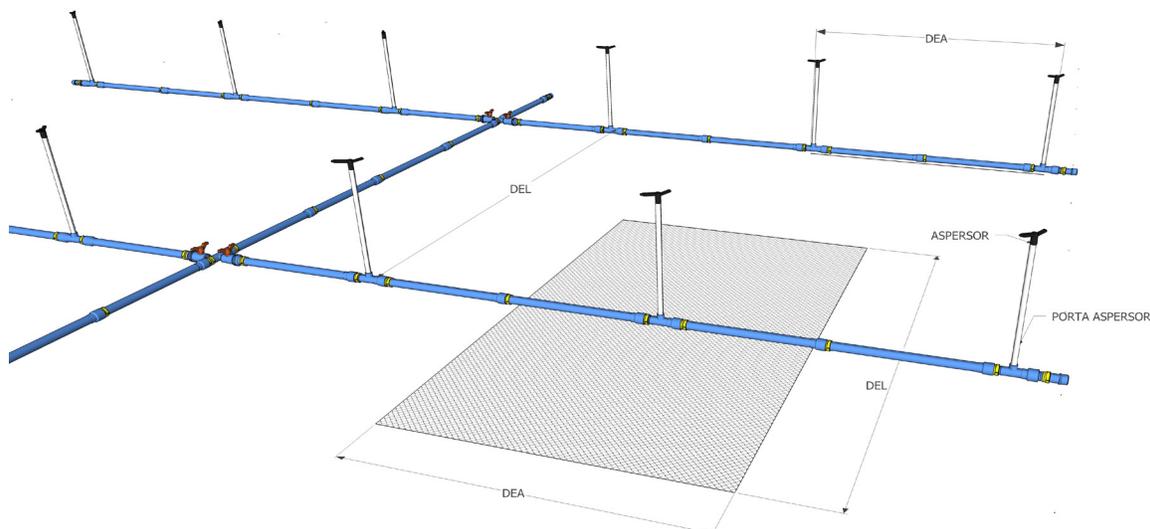


Figura 6. Disposición de aspersores en cuadrado o rectangular. DEL: distancia entre laterales y DEA: distancia entre aspersores.

9.2 Frecuencia de riego

En riego por aspersión tradicional la frecuencia de riego se determina de la misma forma que un riego superficial por surcos, puesto que la frecuencia depende de las características de la planta y medio ambiente, propiedades hidráulicas del suelo y su capacidad de retención de agua. Los valores habituales de frecuencias de riego se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Frecuencias de riego para cultivos regados por aspersión en las regiones del Biobío, Ñuble y Araucanía.(*)

Región	Cultivo	Suelo														
		Arcilloso					Franco					Arenoso				
		Frecuencia de riego (días)					Frecuencia de riego (días)					Frecuencia de riego (días)				
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Biobío y Ñuble	Empastadas	6	5	4	6	7	5	3	3	4	6	1	1	1	1	2
	Hortalizas	7	4	2	3	4	2	1	1	2	3	1	1	1	1	1
Araucanía	Cereales	12	7	7	9	-	10	6	6	7	-	2	1	1	2	-
	Empastadas	8	6	5	7	10	6	4	4	6	8	2	1	1	2	3
	Leguminosas y tubérculos	12	6	4	6	9	9	5	3	4	7	3	1	1	1	2

(*) Los valores mostrados en esta tabla son solo referenciales y deben ser ajustados de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de cada predio.

9.3 Tiempo de riego

El tiempo de riego en aspersión depende de las características de la planta y medio ambientales, de las propiedades hidráulicas del suelo, capacidad de retención de agua del suelo y condicionado por la tasa y eficiencia de aplicación del sistema de riego. Para determinar el tiempo de riego se necesita conocer la cantidad de agua que consume el cultivo diariamente, el número de días que no se ha regado, la eficiencia de aplicación del sistema de riego por aspersión tradicional (75%) y la tasa de aplicación del sistema

de riego, permitiendo conocer el tiempo óptimo para entregar la cantidad de agua que necesita el cultivo en cada etapa de su desarrollo.

Por ejemplo, si la eficiencia de aplicación del riego por aspersión es de un 75%, un 25% de lo aplicado se pierde principalmente por el viento y evaporación, en una menor proporción por escorrentía, percolación profunda, etc. En la Tabla 10 se pueden observar los tiempos de riego referenciales para cultivos relevantes en la zona.

Tabla 10. Tiempos de riego para cultivos regados por aspersión tradicional en las regiones del Biobío, Ñuble y Araucanía.(*)

Región	Cultivo	Suelo														
		Arcilloso					Franco					Arenoso				
		Tiempo de riego (h)					Tiempo de riego (h)					Tiempo de riego (h)				
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Biobío y Ñuble	Empastadas	3	5	7	8	8	2	3	4	5	5	1	1	2	2	2
	Hortalizas	4	4	3	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Araucanía	Cereales	7	8	8	8	5	4	5	5	5	3	2	2	2	2	1
	Empastadas	3	5	7	7	8	2	3	4	4	5	1	1	2	2	2
	Leguminosas y tubérculos	5	4	5	5	5	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1

(*) Los valores mostrados en esta tabla son solo referenciales y deben ser ajustados de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de cada predio.

10 Riego localizado o microriego

10.1 Tasa de aplicación

En el riego localizado o microriego se utilizan emisores que permiten la salida de agua desde las tuberías laterales hacia las plantas ya sea como gotas o aspersión. Estos emisores son los llamados goteros, microaspersores y microjets.

En riego por goteo los emisores llamados goteros se diferencian entre ellos principalmente por la forma en que se incorporan a los laterales de riego pudiendo ser insertados (tipo botón o similar) o integrados a la línea de riego, que actualmente son lo más usados (Figura 7). Cada gotero se caracteriza porque el caudal de emisión varía según la presión interna del agua en la tubería en que se encuentran y es propio de cada modelo de gotero. Sin embargo, también existen en el mercado goteros llamados auto-compensados, que significa que el caudal que entregan es relativamente constante e independiente de la presión interna en la tubería si ésta se encuentra dentro de un rango determinado por su fabricante, generalmente de 0,5 a 3,5 bares. Se recomienda este tipo de emisores en aquellos equipos diseñados para regar sectores ondulados o con altas pendientes como laderas de cerro, por ejemplo.

Una variante del riego por goteo es el riego por cinta (Figura 8), utilizado comúnmente en cultivos de hortalizas como la frutilla, tomate, lechuga, acelga, perejil, cilantro, pimiento, pepino, etc., tanto en invernaderos como al aire libre. En la cinta de riego el laberinto del gotero es formado en el mismo material plástico y se caracterizan por tener espesores de pared muy delgados, desde 5 milésimas de pulgada o 0,13 mm, aunque lo más común es la de 8 milésimas de pulgada o 0,2 mm de espesor. Sin embargo, en la actualidad se está utilizando bastante un tipo de línea de goteo que mezcla las características del riego por goteo y de la cinta, es decir, son líneas de polietileno con un tipo de gotero llamado "de pastilla" por su singular forma, integrado en una línea de pared delgada,

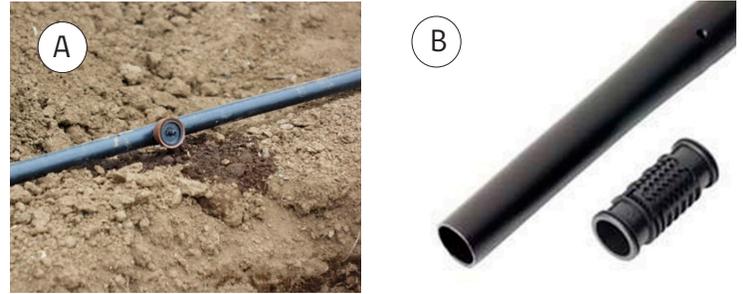


Figura 7. Tipos de goteros: A) de botón y B) integrado.

similar a la cinta de riego, por lo que visualmente son muy parecidas. En la Figura 8 se muestran algunos ejemplos de estos tipos de líneas de riego.

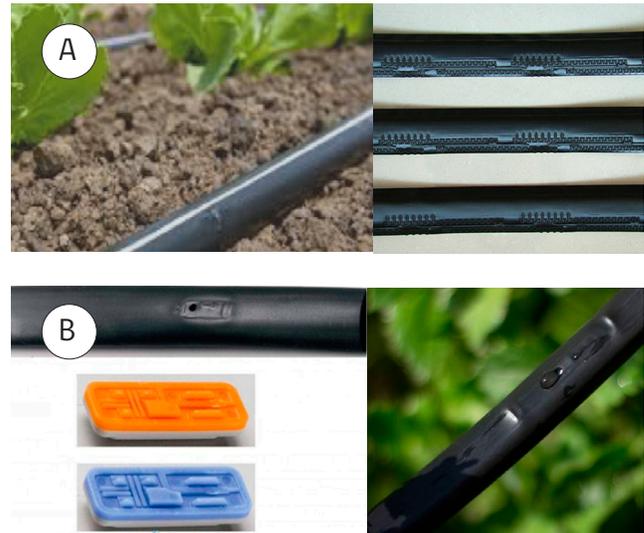


Figura 8. A) Cintas de riego y B) líneas de riego de pared delgada con gotero integrado.

En riego por microaspersión los emisores cuentan con una pieza giratoria llamada rotor, donde la velocidad con la que sale el agua desde una boquilla hace que gire y distribuya el agua en 360° o fracción. En el caso del microjet los emisores cuentan con una boquilla cuyo chorro en forma vertical impacta perpendicularmente un plato de variados tamaños y formas que produce diferentes patrones de mojamiento y ángulos de aplicación (Figura 9). En ambos sistemas, la aplicación del agua de riego es en forma de lluvia de gotas a baja altura y distribuida en una superficie relativamente amplia, desde 1,5 m de diámetro a más de 10 m. El rango de caudales en este tipo de emisores fluctúa

entre 25 y 300 litros/hora, el que está determinado por el diámetro de la boquilla y su presión de operación. Este último factor, afecta de igual forma al diámetro de mojamiento, generándose diámetros mayores a mayores presiones. En riego por microaspersión se utiliza normalmente 1 sola lateral de riego por hilera de plantación.

En cualquiera de los casos anteriores, conocer el espaciamiento entre los emisores y el espaciamiento o la distancia entre las líneas de riego, es básico para determinar la tasa de aplicación o precipitación del equipo de riego. Dichos espaciamiento en el caso de goteros varían entre 10 cm o 0,1 m a 1,0 m o más, es decir, desde 10 goteros por cada metro lineal de tubería. En microaspersión y microjet por lo general se disponen 1 por árbol o 1 cada dos árboles cuando éstos se disponen a menos distancia como en plantaciones a alta densidad.

Otro dato importante es la separación entre las líneas de riego que no siempre equivale a la separación entre las hileras de cultivo, toda vez que en algunos frutales como paltos, nogales, cerezos, ciruelos, etc., cuyas hileras están separadas a más de 3 m, se tiende a utilizar más de 1 línea de goteo por hilera de plantación. En este último caso, para efectos de cálculo de la tasa de aplicación del equipo de riego, el espaciamiento de las laterales se considerará dividiendo la distancia entre las hileras de cultivo por el número de líneas de riego de cada hilera. Por ejemplo, en un cultivo cuyas hileras de plantación están separadas a 3 m y se disponen 2 líneas de riego por hilera, la separación entre ellas se considerará de 1,5 m, aunque en la práctica se dispongan una a cada lado de la hilera de cultivo. En hortalizas como el tomate, por ejemplo, se utiliza una línea de riego por cada hilera de cultivo y la separación entre goteros dependerá de la distancia entre las plantas, aunque lo normal es utilizar goteros separados entre 0,2 m a 0,4 m. En el caso del cultivo de lechugas se utilizan goteros espaciados entre 0,1 m a 0,2 m.

La determinación de la tasa de aplicación del equipo de riego es fundamental para calcular los tiempos de riego o el tiempo que debe permanecer funcionando cada sector de riego. Para esto es necesario medir el

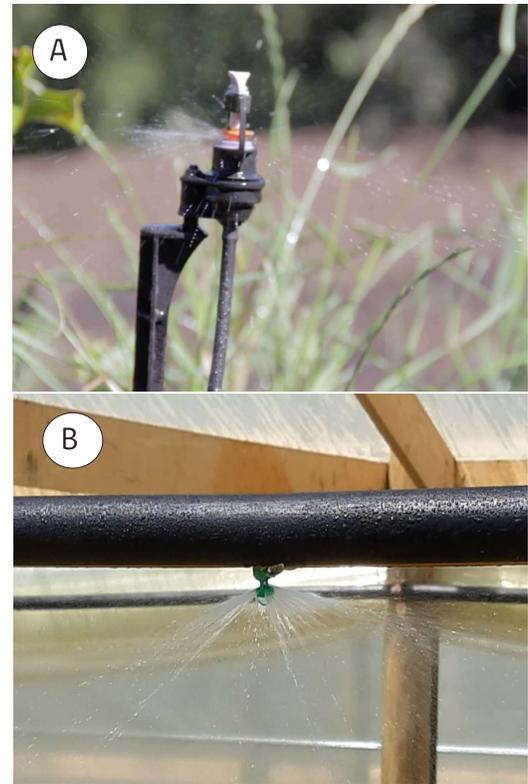


Figura 9. A) Microaspersor y B) microjet.

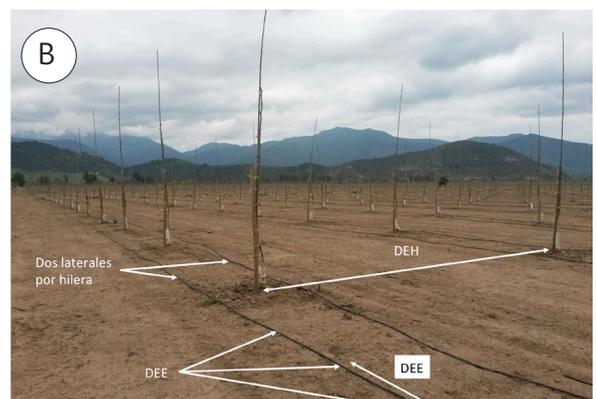


Figura 10. Distancia entre hileras (DEH), laterales (DEL) y emisores (DEE): A) una lateral por hilera y B) dos laterales por hilera.

caudal, en volumen por unidad de tiempo, que entrega un emisor promedio del sector de riego. Para medir este caudal en goteros es necesario disponer de un recipiente de unos 100 cc de capacidad, para recibir el agua entregada por el emisor, una probeta para medir el volumen de agua recogido y un cronómetro o reloj para registrar el tiempo de medición (Figura

11). En caso de usar un recipiente graduado, no será necesaria la probeta ya que se medirá el volumen recogido directamente en él. Para medir caudales de microaspersores y microjets se requieren los mismos materiales pero el recipiente deberá ser de más capacidad, por ejemplo 1 litro o 1.000 cc.

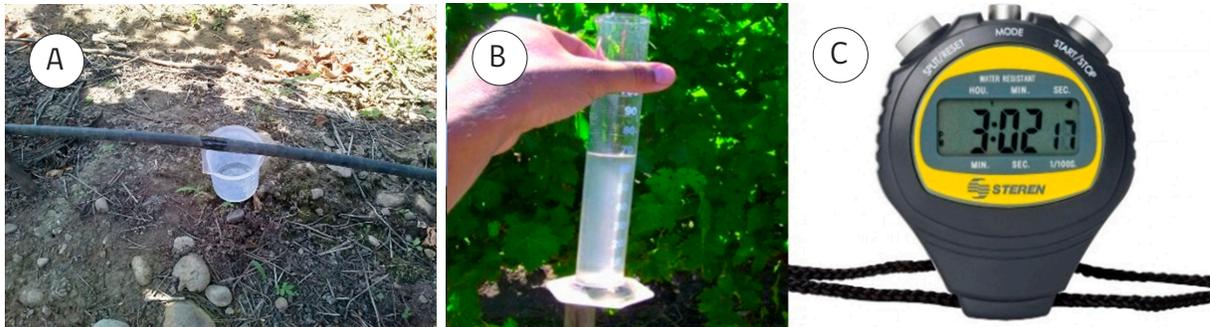


Figura 11. Medición de caudal : A) gotero sobre recipiente, B) probeta y C) cronómetro.

La Tabla 11 permite conocer fácilmente el caudal entregado por un gotero conociendo el tiempo que demora en llenarse un recipiente de 100 cc. La Tabla 12 muestra los tiempos y caudales para el caso de microaspersores y microjet.

Tabla 11. Caudal de un gotero (L/h) según el tiempo de llenado de un recipiente de 100 cc (0,1 litro).

Tiempo de llenado (segundos)	Caudal emisor (L/h)
360	1
180	2
90	4

Tabla 12. Caudal de un microaspersor o microjet (L/h) según el tiempo de llenado de un recipiente de 1000 cc (1 litro).

Tiempo de llenado (segundos)	Caudal emisor (L/h)
120	30
72	50
36	100

Una vez conocido el caudal del emisor, el siguiente paso para determinar la tasa de aplicación del equipo es medir la distancia en que se encuentran dispuestos los emisores sobre el cultivo tanto sobre la lateral de riego como entre las laterales de riego.

sería también la mitad, o sea, 3,3 mm/h. Si el número de laterales por hilera fuese 2, el área correspondiente a cada emisor será la mitad, lo que implica que la tasa de aplicación aumenta al doble.

10.2 Frecuencia de riego

Supongamos un cultivo de tomates con emisores espaciados a 20 cm (0,2 m) sobre la línea de riego y una distancia entre hileras de plantas de 1,5 m y 1 sola lateral de riego por hilera de plantación. El área que corresponde a cada emisor será 0,2 m x 1,5 m = 0,3 m². Si después de medir el caudal de un emisor promedio resultó ser de 2 L/h, la precipitación del equipo será de 2 L/h / 0,3 m² = 6,7 mm/h. Si el caudal del emisor fuese la mitad, 1 L/h, la tasa de aplicación del equipo

En microriego se busca mantener permanentemente el suelo cercano a capacidad de campo, lo que se logra realizando riego diarios en épocas de alta demanda de las plantas siempre que el suelo lo permita. En el inicio y final de la temporada los riegos podrían espaciarse aprovechando la capacidad de almacenamiento del suelo. En este caso, la frecuencia de riego se podría determinar de igual forma al riego por aspersión, si se opta por no regar diariamente. Se debe tener en consideración que las raíces de las plantas siempre se encontrarán

restringidas al bulbo de humedecimiento generado por el emisor (Figura 12). El volumen humedecido es dependiente de la descarga del emisor, número de emisores por planta, textura de suelo y distancia de los emisores entre y sobre hilera de cultivo. Así, si se humedece el 50% del volumen total del suelo en cada riego, significa que la planta dispone efectivamente de la mitad del agua útil en la profundidad efectiva de raíces. En la Tabla 13 se pueden observar las frecuencias de riego para cultivos relevantes en la zona.

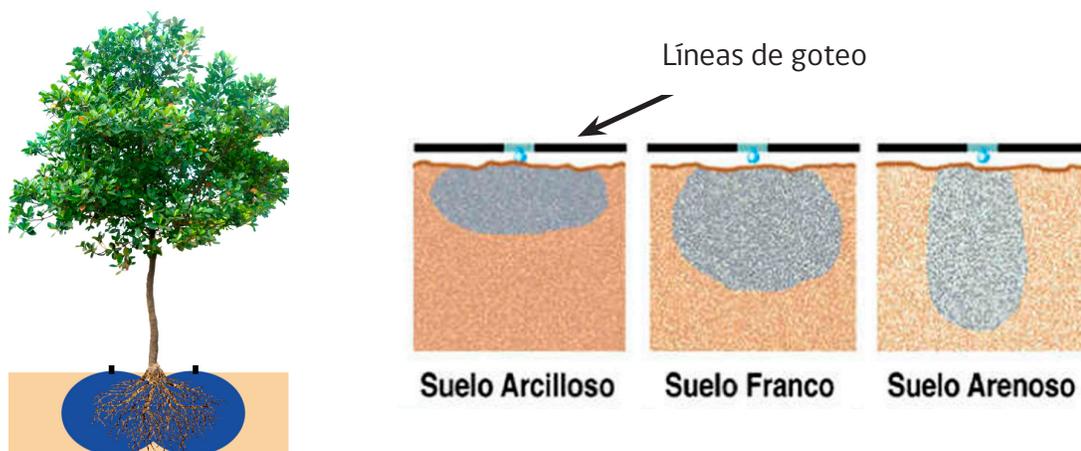


Figura 12. Bulbo húmedo en riego por goteo y cinta.

Tabla 13. Frecuencias de riego para cultivos regados por goteo en las regiones del Biobío, Ñuble y Araucanía.(*).

Región	Cultivo	Suelo														
		Arcilloso					Franco					Arenoso				
		Frecuencia de riego (días)					Frecuencia de riego (días)					Frecuencia de riego (días)				
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Biobío y Ñuble	Frutales	7	3	2	4	8	5	2	1	3	6	2	1	1	1	2
	Hortalizas	3	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Araucanía	Leguminosas y tubérculos	6	3	2	3	4	4	2	1	2	3	1	1	1	1	1

(*) Los valores mostrados en esta tabla son solo referenciales y deben ser ajustados de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de cada predio.

10.3 Tiempo de riego

El tiempo de riego en microriego depende, además de las características de la planta y medio ambientales, de las propiedades hidráulicas del suelo, método de riego, capacidad de retención de agua del suelo y está condicionado por el caudal que se aplica a la planta o por la tasa de aplicación del equipo de riego, tratada en el capítulo 10.1. Para determinar el tiempo de riego se necesita conocer la cantidad de agua que consume el cultivo diariamente, el número de días entre cada riego (frecuencia de riego), la eficiencia de aplicación del sistema de riego localizado (85% en

microaspersión y 90% en goteo y cinta) y la tasa de aplicación del equipo.

Por ejemplo, si consideramos una lateral por hilera, con goteros de 2 L/h en suelos arcilloso, franco y arenoso, un volumen de suelo humedecido del 50% y una distancia entre hilera y sobre hilera de los goteros de 3 m y 1 m, respectivamente, los tiempos de riego para un cultivo de frambuesa según la localidad donde se encuentren se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Tiempos de riego para riego por goteo con emisores de **2 L/h** en cultivo de Frambuesa con un marco de emisores de 3 m x 1 m.(*)

Región	Cultivo	Suelo														
		Arcilloso					Franco					Arenoso				
		Tiempo de riego (h)					Tiempo de riego (h)					Tiempo de riego (h)				
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Biobío y Ñuble	Frambuesa	4	2	3	4	4	4	2	3	2	3	2	2	3	2	3
Araucanía	Frambuesa	4	4	3	3	4	3	2	3	3	3	3	2	3	2	2

(* Los valores mostrados en esta tabla son solo referenciales y deben ser ajustados de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de cada predio y espaciamiento entre y sobre hilera de los emisores.

Si se considerara un cultivo de manzanos con dos laterales por hilera, regado con goteros de 4 L/h en los mismos tipos de suelo del ejemplo anterior, un volumen de suelo humedecido del 50% y una distancia entre hilera y sobre hilera de los goteros de 4 m y 2 m, respectivamente, y un espaciamiento entre emisores de 0,5 m. Los tiempos de riego según la localidad donde se encuentren se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Tiempos de riego para riego por goteo con emisores de **4 L/h** en cultivo de Manzano con un marco de emisores de 4m x 2m.(*)

Región	Cultivo	Suelo														
		Arcilloso					Franco					Arenoso				
		Tiempo de riego (h)					Tiempo de riego (h)					Tiempo de riego (h)				
		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Biobío y Ñuble	Manzano	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	1
Araucanía	Manzano	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1

(* Los valores mostrados en esta tabla son solo referenciales y deben ser ajustados de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de cada predio y espaciamiento entre y sobre hilera de los emisores.

Ahora, si analizamos un cultivo de hortalizas regado por cinta o con línea de riego de pared delgada con gotero integrado, con un marco de plantación de 0,75x0,2 metros en el caso de lechuga y 1,5x0,3 metros en tomate y considerando una línea por hilera con un espaciamiento de goteros de 0,2 m y 0,3 m en lechuga y tomate, respectivamente, y un caudal por emisor de 1 L/h, los tiempos de riego se muestran a continuación (Tabla 16).

Tabla 16. Tiempos de riego diario para cultivo de lechuga y tomate regados por cinta considerando un promedio de demanda de agua en las regiones de Biobío, Ñuble y La Araucanía.(*)

Cultivo	Tiempo de riego (min)				
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Lechuga	13	23	36	32	22
Tomate	29	56	84	50	34

(* Los valores mostrados en esta tabla son solo referenciales y deben ser ajustados de acuerdo a las condiciones de suelo y clima de cada predio y espaciamiento entre y sobre hilera del cultivo.

11 Determinación de la humedad del suelo a través del tacto

Para mejorar el manejo del riego, se hace necesario tener una referencia de determinación de humedad del suelo visual o a través del tacto al apretar con la mano una muestra de suelo, como muestra la Figura 13 y se explica en la Tabla 17. Esta Tabla indica el nivel de humedad entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente,

que corresponde a la humedad aprovechable o a la cantidad de agua en el suelo disponible para las plantas. Esta tabla es utilizable en muestras de suelo que son tomadas entre 24 hrs en suelos arenosos y 72 hrs en suelos arcillosos, después de haber aplicado el riego o una lluvia intensa.

Lo primero que se debe hacer es definir la profundidad a la que se toma la muestra, esto debe ser en la profundidad a la que se encuentra la mayor cantidad de raíces (ver Tabla 2). Luego, se debe identificar la textura del suelo y finalmente aplicar lo indicado en la Tabla 17. Esta tabla muestra las características al tacto y apariencia del suelo para diferentes texturas y humedad del suelo. Para fines de riego, se recomienda mantener el suelo entre un 100% a un 50-75% de su humedad aprovechable.

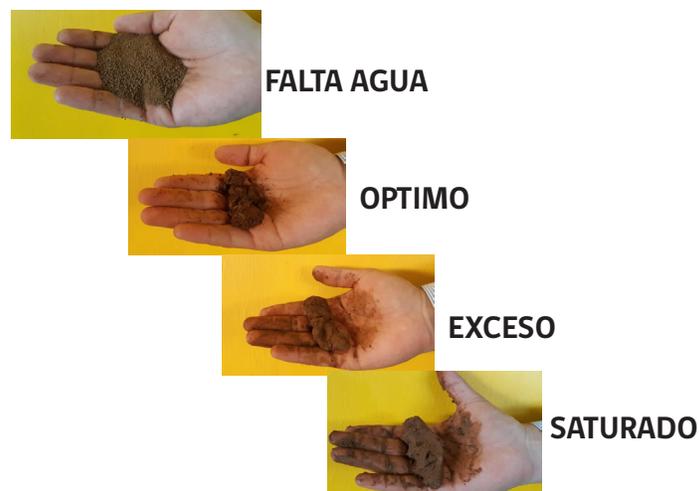


Figura 13. Estimación de la humedad del suelo al tacto.

Tabla 17. Guía para estimar la humedad del suelo.

Humedad aprovechable del suelo	Palpamiento o apariencia del suelo y deficiencia de humedad			
	Arenoso	Franco Arenoso	Franco-Franco Limoso	Franco Arcilloso a Arcilloso
0 a 25 por ciento	Seca, suelta, grano uniforme, fluye entre los dedos.	Seca, suelta, fluye entre los dedos.	Seca, polvosa, en ocasiones ligeramente costrosa pero es fácil reducirla a polvo.	Dura, desecada, agrietada, en ocasiones con migajones sueltos en la superficie.
25 a 50 por ciento	Parece seca, pero no se forma bola con la presión.	Parece seca, no se forma bola.	Tiende a desmoronarse pero se mantiene compacta con la presión.	Algo moldeable, forma la bola bajo presión.
50 a 75 por ciento	Parece seca, pero no se forma bola con la presión.	Tiende a formar bola con presión, pero rara vez se mantiene compacta.	Forma bola un tanto plástica y en ocasiones puede alinearse ligeramente con la presión.	Forma bola, brota algo de agua entre los dedos al apretar.
75 por ciento hasta capacidad máxima (100 por ciento)	Tiende ligeramente a aglutinarse. En ocasiones forma bajo una bola de poca consistencia.	Forma bola de poca consistencia, se desmenuza fácilmente y nunca queda lisa.	Forma bola y es muy moldeable, fácilmente se alisa siempre que tenga un porcentaje elevado de arcilla.	Brota agua fácilmente entre los dedos, parece aceitosa al tacto.
A capacidad máxima (100%)	Al comprimir, no afloran gotas de agua en la superficie de la muestra pero sí queda en la mano el contorno húmedo de la bola.	Al comprimir, no afloran gotas de agua en la superficie de la muestra pero sí queda en la mano el contorno húmedo de la bola.	Al comprimir, no afloran gotas de agua en la superficie de la muestra pero sí queda en la mano el contorno húmedo de la bola.	Al comprimir, no afloran gotas de agua en la superficie de la muestra pero sí queda en la mano el contorno húmedo de la bola.



PROGRAMA

CAPACITACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN RIEGO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES EN LAS REGIONES DEL BIOBÍO Y LA ARAUCANÍA

Contacto:
Comisión Nacional de Riego
Avda Libertador Bernardo O'Higgins 1449
Piso 4 Santiago
Fono: (56-2) 2 425 7990
www.cnr.gob.cl



CHILE LO
HACEMOS
TODOS

yo
cuido
el agua