GUIA TECNICA

Fertilización y Riego

NODO TECNOLOGICO CITRICOS Y PALTOS
REGION DE O'HIGGINS

FDF
FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO FRUTÍCOLA

Nodo Tecnológico
Cítricos y Paltos
Región de O'Higgins

InnovaChile
CORFO

Prólogo

Desde los comienzos de la agricultura en Chile, los productores, especialmente de la zona central, siempre tuvieron claro la necesidad de contar con sistemas de riego que aseguraran la llegada del agua hasta sus predios. El Estado de Chile a través de sus diversas instituciones ligadas al agro, dependientes del Ministerio de Agricultura, conscientes que el desarrollo del agro en Chile no alcanzaría su máximo potencial productivo sin una infraestructura de riego adecuada, promovía y fomentaba la ejecución de éstas en el mundo rural.

A partir de 1975, nace la Comisión Nacional de Riego CNR, con el objetivo de coordinar las diferentes instituciones estatales que de alguna manera tenían directa relación con el riego y de esta manera asegurar el incremento y mejoramiento de la superficie regada en Chile. Es así como a partir de 1985, se incorporó a sus funciones la administración de la Ley 18.450 que fomenta las obras privadas de construcción y reparación de obras de riego y drenaje.

Así comenzó en Chile una nueva etapa en la producción agrícola, ya que esta ley sirvió como motor para el mejoramiento y construcción de una nueva y moderna infraestructura de riego la cual ha sido factor clave en el desarrollo de la agricultura en sus diferentes rubros, aumentando exponencialmente la superficie regada en Chile y haciendo accesible las obras de riego desde grandes empresas agrícolas hasta pequeños agricultores, ya que por diferentes instrumentos derivados de la Ley de Riego, como el de Pre Inversión en (Riego PI-R) de la Corporación de Fomento CORFO y los instrumentos de Fomento del Instituto Nacional de Desarrollo Agropecuario INDAP, Bono Legal de Agua y Estudios de Riego y Drenaje, se amplió el espectro de usuarios de estos instrumentos.

Continuando en esta línea y en el marco del proyecto Nodo de Difusión Tecnológica en Cítricos y Paltos Región O'Higgins, ejecutado por la Fundación Para el Desarrollo Frutícola FDF, y financiado por INNOVA-CORFO, a través del programa Nodos de Difusión Tecnológica se presenta este *Manual de Riego y Fertilización Nodo Cítricos y Paltos Región de O'Higgins*, el cual está dirigido especialmente a productores, profesionales y técnicos de las Comunas de San Vicente, Peumo, Pichidegua y Las Cabras y de esta manera seguir contribuyendo a la reducción de la brecha tecnológica de manera directa y didáctica a la vez, considerando aspectos técnicos propios de los productores participantes del proyecto y en donde se repasan conceptos técnicos básicos para una buena planificación del riego y fertilización en los cultivos de cítricos y paltos.

Las actividades efectuadas en el nodo sirvieron como marco referencial para la realización del presente manual, partiendo con un capítulo dedicado al suelo, donde se describen de manera práctica las diferentes características físico-químicas y como éstas junto con el agua y los nutrientes interactúan entre sí, definiendo de esta manera los diferentes tipos de sustrato. En el segundo capitulo del manual se describen los diferentes tipos de riego, sus componentes y la metodología para determinar una frecuencia de riego, para finalmente terminar en el capítulo de Fertilización y Nutrición, el cual entrega información acerca de los nutrientes y la demanda de éstos por parte de las plantas y cómo determinar, a partir de un programa de fertilización, la cantidad y forma de fertilizar un huerto.

FUNDACION PARA EL DESARROLLO FRUTICOLA 2007

Equipo Participante

En la realización de este manual participaron los siguientes profesionales de la Fundación Para el Desarrollo Frutícola FDF, INNOVA-CORFO, Asesores Externos, Diseñadores.
Para ellos nuestros agradecimientos:

Equipo FDF Asesor y realizador de material escrito:

- Francisco Martínez, Ingeniero Agrónomo, Asesor de Riego para FDF.

Equipo FDF que participó en el Proyecto:

- Ricardo Adonis, Ingeniero Agrónomo, Gerente Técnico, FDF.
- Cristian Arancibia, Ingeniero Agrónomo, FDF.
- Juan Pablo Barroso, Ingeniero Agrícola, Coordinador Nodo Cítricos y Paltos Región O'Higgins. FDF

Equipo FDF Participante:

- Héctor Rocha, FDF.

Diseño y Diagramación:

- Alejandro Rademacher, Diseñador Gráfico.

Dibujos y Fotografías:

- Francisco Martínez, Ingeniero Agrónomo, Asesor de Riego.

La presente publicación ha sido elaborada en el marco del proyecto ejecutado por FDF "Nodo de Transferencia Tecnológica Cítricos Y Paltos Región de O'Higgins" financiado por INNOVA-CORFO a través de su línea de proyectos de "Fortalecimiento de la Capacidad de Difusión y Transferencia Tecnológica"

Indice

PROLOGO 3

CAPITULO I 7
1. Introducción a las propiedades del suelo 9
1.1. Componentes del suelo 10
1.1.1. Compuestos inorgánicos o porción mineral 11
1.1.2. Nutrientes utilizables por las plantas 11
1.1.3. Materia orgánica 11
1.1.4. Agua y gases 12
1.2. Estructura del suelo 12
1.3. Perfil de suelo 12
1.4. Propiedades físicas - hídricas del suelo 13
1.4.1. Reservorio de agua 13
1.4.2. Infiltración de agua en el suelo 16
1.5. Propiedades químicas del suelo 17
1.5.1 Capacidad de intercambio de cationes (CIC) 17
1.5.2. pH del suelo 18
1.5.3. Salinidad 20
1.6. Toma de muestras de suelo 20

CAPITULO II 23
2. Riego 25
2.1. Sistemas de riego 25
2.1.1. Sistema de riego gravitacional tradicional 25
2.1.2. Sistema de riego tecnificado localizado y de alta frecuencia 26
2.2. Programación del Riego 36
2.2.1. Evapotranspiración del cultivo 36
2.2.2. Agua disponible para las plantas almacenada en el suelo 40
2.2.3. Frecuencia de riego 41
2.2.4. Tiempo de riego 42
2.2.5. El Tensiómetro 43
2.2.6. Determinación de la frecuencia y tiempo de riego utilizando en conjunto tensiómetro y bandeja de evaporación 47

CAPITULO III 49
3. Fertilización y nutrición de cultivos 51
3.1 Nutrientes 51
3.1.1. Funciones de los nutrientes esenciales de las plantas 51
3.1.2. Demanda de los nutrientes en relación a la fenología del cultivo 52
3.1.3. Síntomas de deficiencia de los nutrientes en las plantas 54
3.2. Fertilizantes 55
3.2.1. Listado de fertilizantes 55
3.2.2 Organización de un plan de fertilización para los cultivos 57
3.2.3. Programas de fertilización 58
3.2.4. Análisis foliar 60
3.2.5. Formas de aplicación de los fertilizantes 60

ANEXOS 65

BIBLIOGRAFIA 68

CAPITULO I:

Introducción a las propiedades del suelo

I. Introducción a las propiedades del suelo

En este capítulo usted encontrará la información básica que necesita saber para una óptima planificación de riego y fertilización en una temporada.

La información que aquí aparece es generalizada para todos los tipos de suelo de la zona. Por lo tanto es muy importante que usted, a través de las herramientas que aparecen en este capítulo como calicatas, análisis de suelo, etc., identifique las características particulares de suelo en su predio en cuanto a profundidad, factores químicos, físicos y topográficos, de manera que pueda reconocerlas y aplicarlas, ya que son la base para una planificación del riego y fertlilización de sus cultivos.

1. SUELOS

El suelo es la porción superior de la corteza terrestre donde los vegetales encuentran sostén, nutrientes y agua para su desarrollo (figura 1)

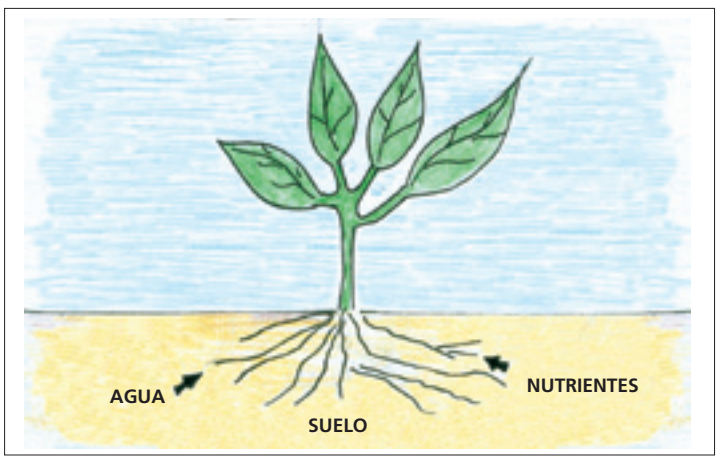


Figura 1

Las características de los suelos cambian de un lugar a otro, incluso dentro de un mismo predio (figura 2)

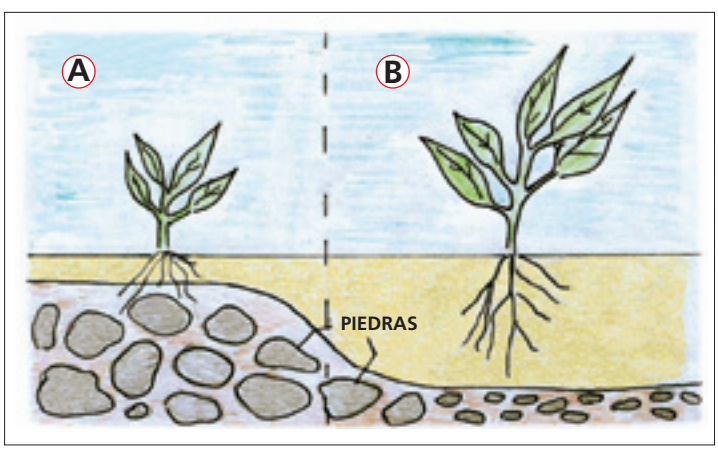


Figura 2

En esta figura se observan dos tipos de suelo que pueden encontrarse en un mismo predio o huerto. El suelo del sector **A** tiene un mayor porcentaje de piedras, por lo tanto debe regarse y fertilizarse con mayor frecuencia, siendo también un suelo más delgado por lo que impide el normal crecimiento de las raíces. Todo lo contrario el suelo **B**, que posee mayor profundidad.

1.1. Componentes del suelo

- Compuestos inorgánicos o porción mineral
- Nutrientes utilizables por las plantas
- Materia orgánica
- Agua y gases

1.1.1. Compuestos inorgánicos o porción mineral

Son producidos por la meteorización y descomposición de las rocas superficiales de la corteza terrestre.

Estos compuestos tienen distintos tamaños:

Cuadro 1. Fragmento de suelo

Fragmento de suelo	Tamaño
Piedra	8 cm. a 25 cm.
Grava	2 mm a 8 cm.
Arena	2 mm a 0.05 mm.
Limo	0.002 mm a 0.05 mm.
Arcilla	menos de 0.002 mm.

La presencia en distintos porcentajes de cada uno de estos fragmentos define la TEXTURA DEL SUELO.

Clasificación de texturas o clases texturales del suelo

- Arenosa
- Arenosa francosa
- Franco arenosa
- Franca
- Franca limosa
- Limosa
- Franco limo arcillosa
- Franco arcillosa
- Arcillo arenosa
- Arcillo limosa
- Arcillosa

Importante: La textura determina principalmente la capacidad de un suelo de almacenar agua y retener nutrientes dentro de su estructura.

Texturas Arenosas

- Son de fácil labranza
- No se adhieren a zapatos y herramientas cuando están mojados
- No forman terrones
- Baja capacidad de retener humedad, por lo tanto deben regarse con mayor frecuencia
- Se calientan fácilmente al sol
- Al restregarlos secos entre los dedos son ásperos y húmedos. No forman masilla

Texturas Arcillosas

- Son suelos de difícil labranza. Secos son muy duros y al estar húmedos la maquinaria agrícola queda pegada al terreno
- Se adhieren a zapatos y herramientas
- Alta capacidad de retener humedad, por lo tanto deben regarse con baja frecuencia
- Cuando están secos muestran grietas
- Al restregarlos entre los dedos, al estar húmedos se forma masilla

Texturas Limosas

- Tiene características intermedias entre las texturas arenosas y arcillosas
- Su principal característica es que forman suelos polvorosos

Texturas Francas

- Tienen una proporcional ideal de arenas, limos y arcillas
- Almacenan un óptimo nivel de agua en su estructura sin impedir o entorpecer las labores agrícolas, lográndose además un adecuado nivel de oxigenación de las raíces.

La textura del suelo puede ser determinada en forma precisa a través de análisis de laboratorio (Foto 1)

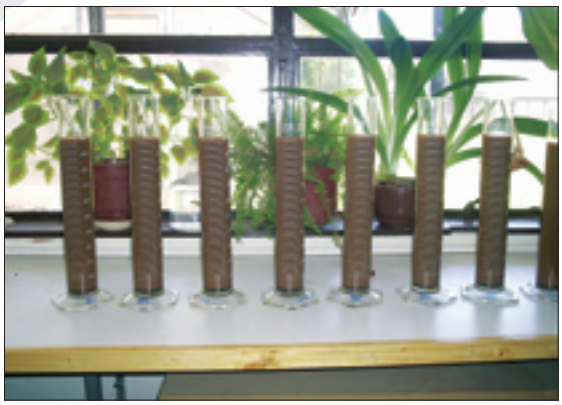


Foto 1

1.1.2. Nutrientes utilizables por las plantas

La planta necesita 17 elementos esenciales para su desarrollo y crecimiento, de éstos, 14 se encuentran disponibles en el suelo. Estos nutrientes son:

- Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K)
- Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S)
- Fierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Molibdeno (Mo), Boro (B), Cloro (Cl)

1.1.3. Materia orgánica

La materia orgánica corresponde a restos vegetales y animales, no mineralizados, presentes en el suelo.
El porcentaje de materia orgánica presente en el suelo, se puede determinar por análisis de laboratorio.

Cuadro 2. Porcentaje de materia orgánica

Materia Orgánica	Significado agronómico
Hasta 1.5%	Propio de suelos arenosos (nivel bajo)
Entre 1.6 %y 3.0%	Propio de suelos francos (nivel medio)
Entre 3.0% y 6.0%	Propio de suelos arcillosos (nivel alto)

Importante: Al incorporar guano o restos de poda, estamos aumentando el porcentaje de materia orgánica en el suelo.

Rol de la materia orgánica

- Favorece la infiltración y permeabilidad del agua en el suelo
- Favorece la aireación y retención de humedad
- Disminuye la erosión, pues al permitir que el agua infiltre con mayor velocidad en el perfil de suelo, no escurre sobre la superficie de suelo

En resumen, la incorporación de materia orgánica al suelo mejora la estructura del suelo.

1.1.4. Agua y gases

En el espacio poroso del suelo (porosidad); que es el volumen total de suelo no ocupado por partículas orgánicas, nutrientes y minerales; están presentes diversos gases, principalmente dióxido de carbono (CO_2), oxígeno, vapor de agua y agua en estado líquido (Figura 3)

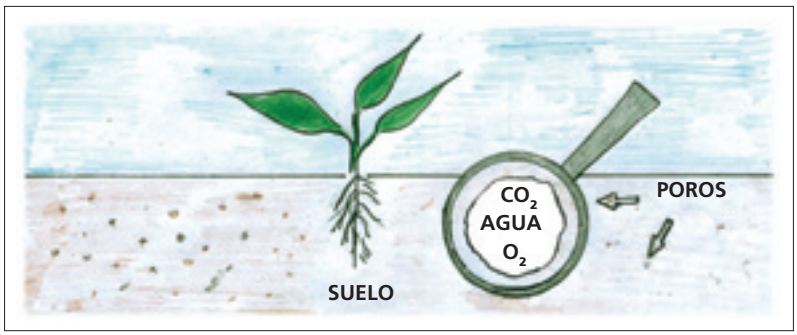


Figura 3

Importante: El espacio poroso corresponde aproximadamente al 50% del volumen total suelo agrícola.

Los poros se dividen básicamente en dos categorías:
- Macroporos (Poros de mayor tamaño): Retiene el aire que permite respirar a las raíces
- Microporos (Poros de menor tamaño): Retiene el agua del suelo

Orden decreciente de mayor a menor proporción de macroporos en el volumen de suelo:
- Suelos de texturas arenosas
- Suelos de texturas francas
- Suelos de texturas limosas
- Suelos de texturas arcillosas

Orden decreciente de mayor a menor proporción de microporos en el volumen de suelo:
- Suelos de texturas arcillosas
- Suelos de texturas limosas
- Suelos de texturas francas
- Suelos de texturas arenosas

1.2. Estructura del suelo

Las partículas de arenas, limos y arcillas que constituyen las diversas texturas, no se encuentran en el suelo en forma aislada, sino que se estructuran en agregados terrosos de diferentes tamaños y formas. La estructura es de gran importancia, pues según sea su tipo, puede determinar condiciones favorables de circulación de aire y agua en el suelo, lo que es ideal para el desarrollo de las raíces del cultivo.

1.3. Perfil de suelo

El perfil de suelo se refiere a cómo se presentan las diversas capas de material en su espesor o profundidad (figura 4).

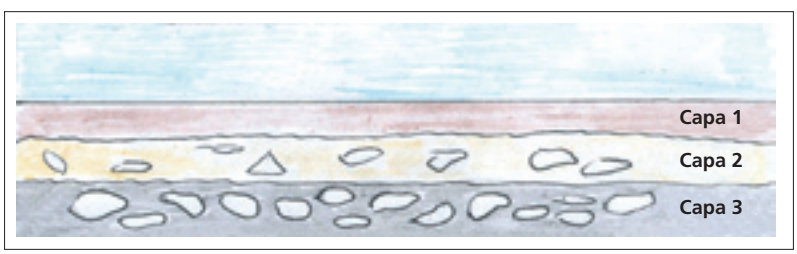


Figura 4

La distribución de estas capas se aprecia a través de calicatas:

Las calicatas son hoyos de 1.5 metros por 1.5 metros, aproximadamente, con una profundidad de 2 metros (foto 2), estas dimensiones pueden variar según el objetivo del estudio en cuestión.

Foto 2: Calicata

Con el uso de calicatas también se puede determinar el nivel de piedras del perfil de suelo, la profundidad de humedecimiento del riego y la profundidad efectiva del suelo. Para el estudio del suelo se recomienda no construir más de una calicata por 10 hectáreas de suelo homogéneo.

1.4. Propiedades físicas - hídricas del suelo

Importante: Estas propiedades determinan la capacidad de un suelo para planificar los riegos.

1.4.1. Reservorio de agua

El suelo tiene la capacidad de almacenar agua, y esta capacidad varía de un suelo a otro. Sin embargo no toda el agua está disponible para las plantas. El agua aprovechable del suelo por las plantas, es la comprendida entre Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Capacidad de Campo (CC)

Es el contenido de agua que queda en el suelo entre 24 y 72 horas después de realizado un riego Se puede decir que es el contenido ideal de humedad que debe tener el suelo, pues existe un equilibrio entre nivel de humedad y oxigenación de las raíces (figura 5)

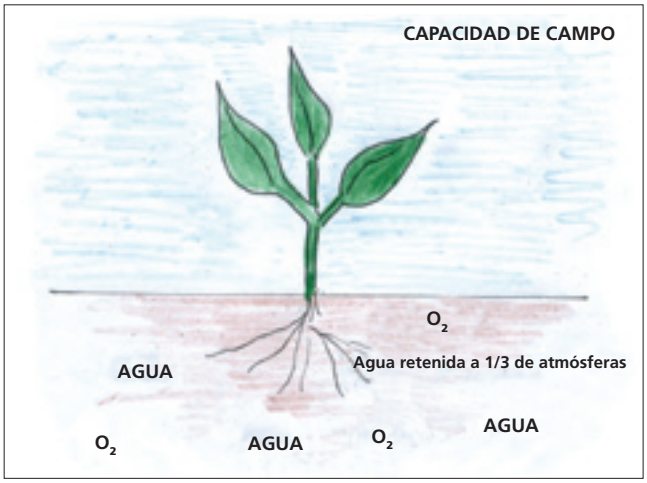


Figura 5

Con este contenido de humedad, el esfuerzo que debe realizar la planta para absorber el agua almacenada en el suelo es equivalente a una presión de 1/3 atmósfera.

Este contenido de humedad es distinto para cada tipo de suelo, y se puede determinar por análisis físico de suelo, a través de una cámara de presión (foto 3) de un laboratorio de análisis de suelo, entregando los resultados en un informe escrito al productor (figura 7). Dentro de este aparato a la muestra de suelo se le aplica presión, de tal manera que pierda agua y quede con un contenido de humedad similar al de un suelo a capacidad de campo (CC).

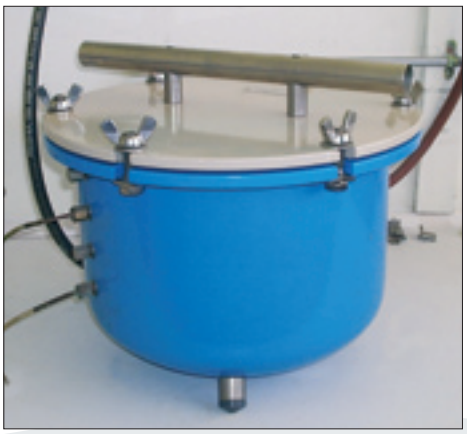
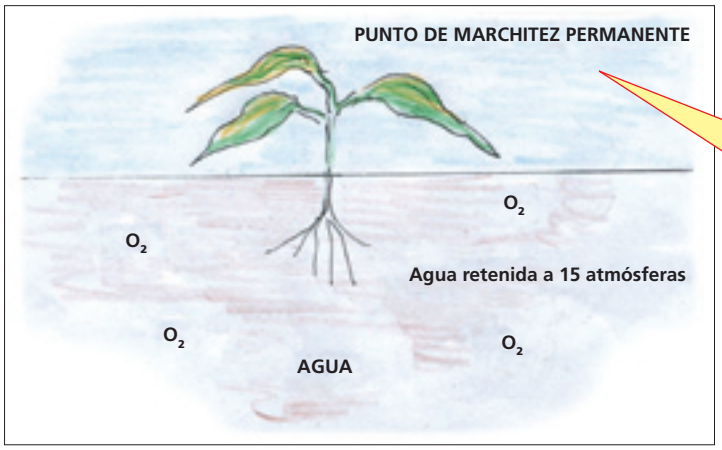


Foto 3: Cámara de presión para determinar CC

- Al conocer este factor podemos saber cuánta es la máxima cantidad de agua a aplicar en el predio, sin perjudicar el sistema radicular.

Punto de Marchitez Permanente (PMP)

Contenido de humedad del suelo, en el cual las plantas no pueden absorber agua o lo hacen con dificultad, situación que, de perdurar en el tiempo, provocará la muerte de la planta (figura 6)



- Al conocer el PMP, usted sabrá cuál es la humedad mínima que debe tener su predio para que sus plantas no se sequen.

Figura 6

Con este contenido de humedad, el esfuerzo que debe realizar la planta para absorber el agua almacenada en el suelo es equivalente a una presión de 15 atmósferas.

Este contenido de humedad es distinto para cada suelo, y se puede determinar por análisis físico de suelo, a través de una cámara de presión (foto 4) de un laboratorio de análisis de suelo, entregando los resultados en un informe escrito al productor (Figura 7). Esta cámara de presión es distinta a la cámara que determina capacidad de campo, pues debe resistir una mayor presión en su interior.

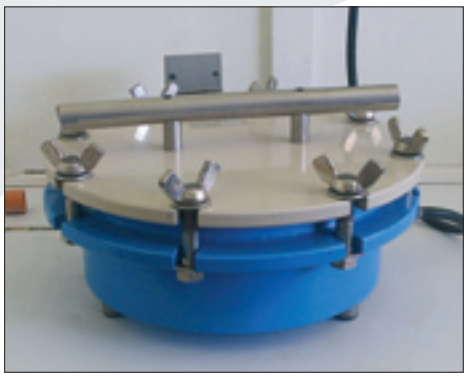


Foto 4: Cámara de presión para determinar PMP

Los resultados de un análisis de suelo se presentan de la siguiente manera (figura 7).

INFORME DE ANÁLISIS DE FÍSICA DE SUELOS

Solicitante
Razón Social : Francisco Martínez
Atención: : Francisco Martínez
Dirección : sin / info.
Ciudad : Santiago
Región : Metropolitana
RUT : sin / info.
Teléfono : 09-8219937
FAX : sin / info.
E-mail : sin / info.

Muestra : 5166- 5175
N° Ingreso:
Identificación

Fecha de informe:23 -10 -2003

RESULTADOS

N° Ingreso	Identificación Muestra	Retención de Humedad %			Humedad aprovechable	Densidad real	Densidad aparente
		CC 33 k Pa (0,3 atm.)	(0,6 atm.)	PMP 1500 kPa (15 atm.)	%	g/cc	g/cc
5166	C-9 Manzano San José	18.02	N/A	9.82	8.20	N/A	1.83
5167	C-3 yC-6 San Ramón	21.28	N/A	11.10	10.18	N/A	1.84
5168	C-2 yC-7 San Ramón	20.56	N/A	11.24	9.32	N/A	1.49
5169	C-2 Sultanina San José	20.07	N/A	11.90	8.17	N/A	1.69
5170	Sector Ciruelos San José	20.57	N/A	10.81	9.76	N/A	1.64
5171	C-10 Sultanina San José	17.00	N/A	9.00	8.00	N/A	1.79
5172	C-1Y C-8 San Ramón	23.02	N/A	13.22	9.80	N/A	1.65
5173	C-11 Manzano San José	19.91	N/A	13.39	6.52	N/A	1.84
5174	C-9 Flame San José	14.10	N/A	10.06	4.04	N/A	1.58
5175	C-4 y C-5 San Ramón	18.70	N/A	10.21	8.49	N/A	1.72

Importante: Como se puede ver en todos los resultados de los análisis, el contenido de humedad del suelo a Capacidad de Campo (CC) es mayor al contenido de humedad del suelo a Punto de Marchitez Permanente (PMP)

1.4.2. Infiltración de agua en el suelo

La infiltración de agua en el suelo, es el proceso a través del cual el agua se mueve desde la superficie hasta penetrar a los primeros centímetros del perfil (figura 8)

Figura 8

● Con esta información usted podrá conocer el tiempo de riego para sistemas de riego gravitacionales, y le permitirá evitar el apozamiento en riegos por goteo y microaspersión.

✱ **Importante:** El proceso de infiltración puede ser más lento o más rápido, surgiendo el concepto de velocidad de infiltración.

La velocidad de infiltración depende de diversos factores:

- **Contenido de humedad del suelo**
  Mientras más seco se encuentre el suelo, mayor es su velocidad de infiltración, en consecuencia al inicio del riego el agua es rápidamente absorbida, estabilizándose la velocidad de infiltración en un cierto período.

- **Compactación del suelo**
  Excesivo paso de maquinaria, compacta las capas más superficiales del suelo reduciendo en consecuencia la velocidad de infiltración.

- **Materia Orgánica**
  A mayor contenido de materia orgánica en los primeros centímetros de suelo, mayor es la velocidad de infiltración.

- **Presencia de sales**
  Alta concentración de sales que contengan sodio (Na) en las capas superficiales de suelo, alteran su estructura disminuyendo la velocidad de infiltración.

- **Textura**
  La textura de la capa superficial del suelo, puede ser el factor más importante en determinar la velocidad de infiltración.
  Suelos con texturas arenosas presentan valores de velocidad de infiltración (estabilizada) que van de 3 a 7 cm. de agua/hora.
  Suelos con texturas arcillosas presentan valores de velocidad de infiltración (estabilizada) que se aproximan a los 0.3 cm/hora.

La velocidad de infiltración se puede determinar por diversos sistemas, siendo el método del cilindro infiltrómetro (figura 9) uno de los más precisos y fácil de realizar.

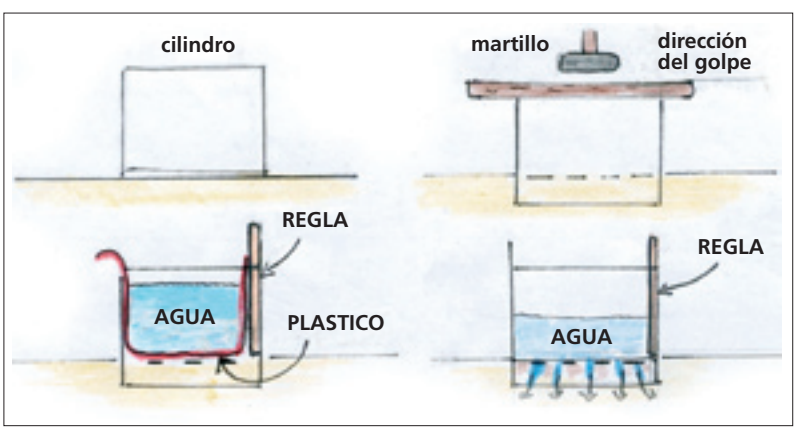


Figura 9

Método del Cilindro infiltrómetro
Metodología

- Se usa un cilindro de acero galvanizado de 0.5 cm. de grosor, diámetro entre 30 y 50 cm. y largo superior a los 30 cm.
- Se entierra el cilindro aproximadamente 15 cm., golpeando con un combo en el centro de un tablón ubicado sobre el cilindro, con el propósito que entre derecho en el terreno
- El lugar donde se entierre el cilindro, tiene que ser representativo del terreno que se va a regar
- En el interior del cilindro se pone un plástico que cubra las paredes y el fondo
- Al costado por dentro, se pone una regla para medir el agua que desciende en el cilindro
- Se llena el cilindro con agua a una altura de 12 cm.
- Se saca el plástico y comienza el proceso de infiltración
- Se registra el agua que desciende cada 5, 5, 10, 10,15, 15, 30,30 y 45 minutos
- Debe rellenarse el cilindro para mantener una altura de agua de 7 a 12 cm.

Cuadro 3. Hoja de registro de velocidad de infiltración

Tiempo (minutos)	Tiempo acumulado (minutos)	Infiltración (cm.)	Infiltración acumulada (cm.)
0	0	0	0
5	5		
5	10		
10	20		
10	30		
15	45		
15	60		
30	90		
30	120		
45	165		

Esta ficha puede ser incluida en su cuaderno de registro de campo.

Luego a través de cálculos matemáticos y/o métodos gráficos realizados por un asesor técnico se puede obtener la velocidad de infiltración del suelo, y así determinar la cantidad máxima de agua que debemos agregar al suelo a través del riego. Esto tiene vital importancia en métodos de riego que agregan el agua en forma de lluvia (aspersión, y microaspersión), pues si agregamos una cantidad mayor de lo que puede infiltrar el suelo, el agua escurrirá por la superficie, disminuyendo la eficiencia de aplicación del riego y provocando erosión del suelo.

1.5. Propiedades químicas del suelo

Estas propiedades están referidas al efecto que tienen los distintos elementos químicos, muchos de ellos aportados por la fertilización de cultivos y el agua de riego, en la dinámica del suelo y su efecto en el desarrollo de los cultivos.

1.5.1 Capacidad de intercambio de cationes (CIC)

Los cationes son elementos o compuestos químicos cargados positivamente:

Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^{+} Al^{+3}, H^{+}, $NH4^{+}$ y Fe^{++}

Estos compuestos se intercambian entre superficies sólidas y liquidas del suelo, y entre superficies sólidas en contacto.

Los suelos con alto contenido de arcillas y materia orgánica, tienen mayor poder de intercambio y por lo tanto, tienen mayor capacidad de almacenar nutrientes en su estructura.

Mecanismo de intercambio (figura 10)

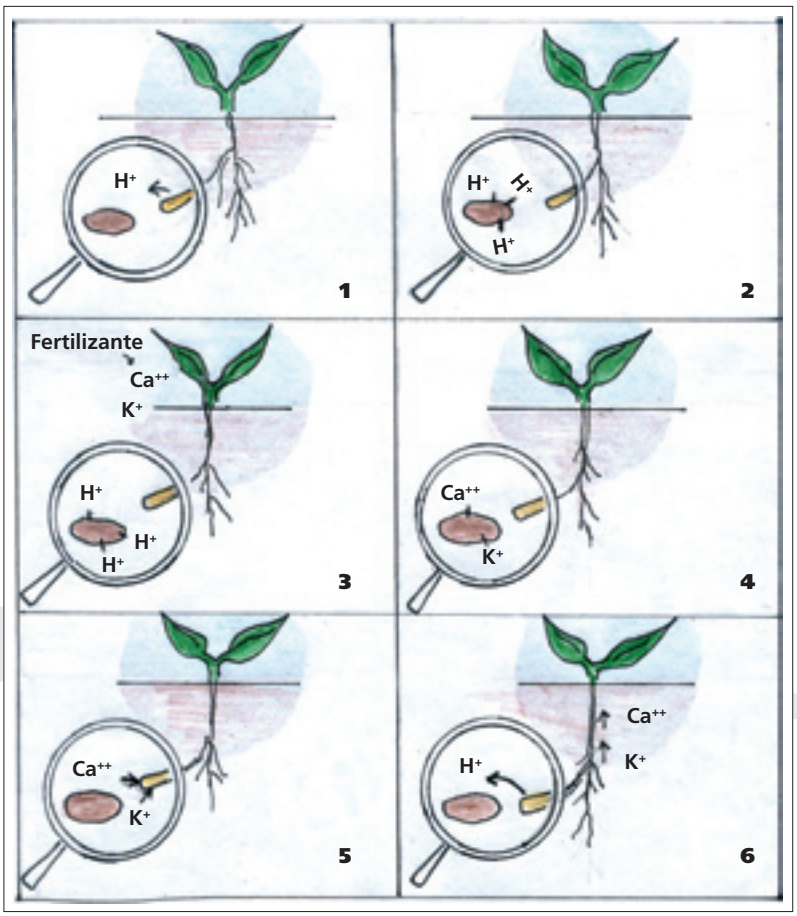


Figura 10

1° La raíz libera H^+ que son retenidos por las partículas de suelo.

2° Estos H^+ son cambiados por los nutrientes aportados por los fertilizantes.
Si aplicamos un fertilizante potásico (K), el suelo intercambia $1K^+$ por $1H^+$
Si aplicamos un fertilizante que contiene Calcio (Ca), el suelo intercambia $1Ca^{++}$ por $2H^+$

3° Los nutrientes químicos son absorbidos por las raíces y estas liberan H^+ para realizar futuros intercambios.

● Esto definirá el tipo de fertilizante que debe aplicar en su predio para una óptima entrega de los nutrientes a la planta.

1.5.2. pH del suelo

Indica el nivel de acidez o basicidad de un suelo
La escala de pH va de 0 a 14, sin embargo el pH de los suelos agrícolas va de 4 a 9:

Cuadro 4. Escala de pH en el suelo

pH	Significado agronómico
4 a 5	Acidez fuerte
5 a 6	Acidez media
6 a 6.9	Acidez débil
7	Neutro
7.1 a 8	Alcalinidad débil
8 a 9	Alcalinidad fuerte

La disponibilidad de nutrientes está en función del pH del suelo (figura 11)

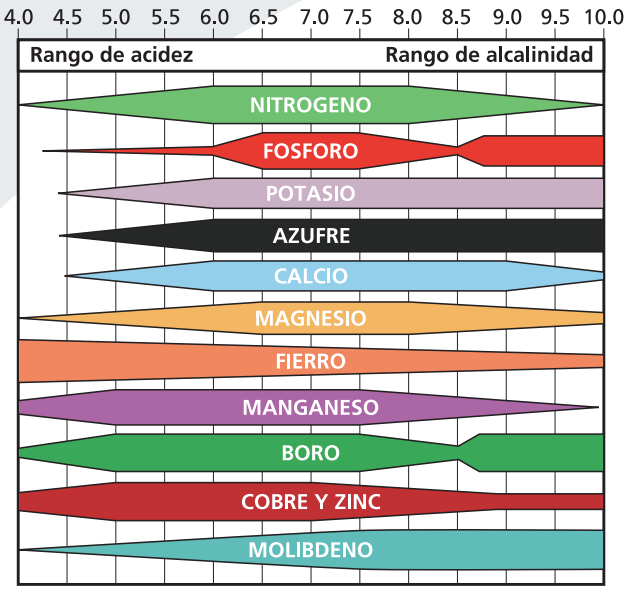


Figura 11

De acuerdo a esta figura, se puede establecer lo siguiente:

- Al disminuir el pH, elementos como el fierro, manganeso, boro y zinc están más disponibles para las plantas, no así fósforo, potasio, magnesio
- Al subir el pH, elementos como el fierro, manganeso, boro y zinc están menos disponibles para las plantas
- La mayor disponibilidad de los nutrientes se encuentran en pH cercanos a 7, de tal forma que sí tenemos suelos muy básicos o muy ácidos, debemos hacer correcciones y/o tomar ciertas precauciones.

Suelos ácidos

Este tipo de suelo tiene una muy alta concentración de H^+

Corrección:
Aplicación de ciertos compuestos:

- Cal viva (CaO)
- Cal apagada ($Ca(OH)_2$)
- Calizas ($CaCO_3$)

Al aplicar alguno de los compuestos anteriores al suelo, se libera Ca^{++} desplazando al H^+, disminuyendo así la acidez del suelo.

> ⚠ Al tener suelos ácidos, debemos tener la precaución de no aplicar en exceso fertilizantes que bajen el pH del suelo.

Fertilizantes que acidifican el suelo:

- Urea
- Fosfato diamónico
- Fosfato monoamónico
- Sulfato de amonio

Suelos Básicos

Estos tipos de suelo tienen una muy alta concentración de OH^-

Corrección:
Aplicación de compuestos que contengan **azufre**

⚠ Al tener suelos con pH básico, debemos tener precaución de no aplicar en exceso fertilizantes que alcalinicen el suelo.

Fertilizantes alcalinizantes (suben el pH del suelo)
- Nitrato de Sodio
- Nitrato de Potasio
- Nitrato de Calcio

1.5.3. Salinidad

El exceso de sales en el suelo es perjudicial para las plantas, pues:
- Dificulta a la planta la absorción de agua desde el suelo
- Algunos compuestos salinos producen toxicidad a las plantas
- Las sales que contienen sodio alteran negativamente la estructura del suelo, por lo tanto reduce su capacidad de infiltrar y almacenar agua

La salinidad se mide en milimhos/cm (mmhos /cm) o decisiemen por metro (dS/m)

Cuadro 5. Categoría de salinidad de un suelo

mmhos/cm	Categoría
0-2	No salino
2-4	Ligeramente salino
4-8	Salino
8-12	Muy salino
Mayor a 12	Extremadamente salino

1.6. Toma de muestras de suelo

Para planificar en forma más precisa la fertilización y el riego, es de vital importancia conocer las propiedades del suelo (CC, PMP, pH, salinidad, CIC, contenido del elemento, etc.). Estas propiedades se obtienen del análisis de laboratorio a muestras de suelo sacadas en distintos puntos del predio. La toma de muestras debe seguir una metodología (figura 12), de tal forma que los resultados obtenidos del análisis de laboratorio sean representativos del suelo en estudio.

Figura 12

● Todos los análisis deben ser incluidos en su cuaderno de registro de campo.

Identificar muestra:

- Propietario
- Rut
- Nombre Predio
- Ubicación del predio (Localidad, pueblo, comuna, región)
- Ubicación dentro del predio (Cuartel u otra identificación)
- Especie
- Variedad
- Edad del frutal

El muestreo de suelos tiene la siguiente metodología:

- Definir el área a muestrear. Esta área no debe ser mayor a 10 hectáreas para suelos homogéneos. Si existe un sector dentro de las 10 hectáreas con diferencias apreciables a simple vista, ese sector debe muestrearse por separado.
- Lo recomendable es extraer las muestras de suelo con barreno (foto 5) o con una pala.
- Los puntos donde se extraen las muestras no deben estar en puntos cercanos a acequias y canales, cercanos a caminos, cercanos a cercos vivos u otras barreras, áreas inundadas, y deben estar limpios de residuos vegetales.
- El recorrido debe hacerse en X o en zig-zag, y se deben extraer 25 submuestras en las 10 hectáreas, a una profundidad que estará determinada por las características del suelo.
- Las submuestras deben mezclarse.
- Se obtiene una muestra compuesta de aproximadamente 1 Kg y se pone en una bolsa plástica.
- Se identifica la muestra.
- Se envía al laboratorio de inmediato. De lo contrario debe almacenarse a 5º C .

Foto 5: Barreno

CAPITULO II:

Riego

II. Riego

El riego es una práctica de manejo que permite suplir el agua necesaria para el desarrollo del cultivo, en los períodos en los cuales no se dispone de agua de otras fuentes (precipitaciones).

2.1. Sistemas de riego

Existen diversos métodos de riego y la elección del más conveniente está determinada por el cultivo, topografía del suelo, disponibilidad de agua y también por factores económicos.

2.1.1. Sistema de riego gravitacional tradicional

En estos sistemas de riego el agua escurre en forma lenta, desplazándose por gravedad desde un punto más alto a un punto más bajo del predio. Dentro de estos sistemas tenemos el riego por surco y tendido.

Riego por surco

En este sistema el agua escurre por pequeños canales infiltrándose en el suelo por los costados y el fondo.
Factores que determinan una buena construcción de un sistema de riego por surco

- La pendiente del terreno no debe ser mayor a un 2%
- Textura y profundidad del suelo

* El largo máximo de un surco está en función de la pendiente y textura del terreno.

Cuadro 6. Textura Arenosa

Profundidad del suelo	50 cm	100 cm	150 cm
Pendiente(%)	Longitud del surco(m)	Longitud del surco(m)	Longitud del surco(m)
0.25	150	220	265
0.50	105	145	180
0.75	80	115	145
1.00	70	100	120
1.50	60	80	100
2.00	50	70	85

Cuadro 7. Textura Franca

Profundidad del suelo	50 cm	100 cm	150 cm
Pendiente(%)	Longitud del surco(m)	Longitud del surco(m)	Longitud del surco(m)
0.25	250	350	440
0.50	170	245	300
0.75	140	190	235
1.00	115	165	200
1.50	95	130	160
2.00	80	110	140

● A partir de estas tablas, podrá relacionar textura + pendiente + profundidad. Ejemplo: Si usted tiene 0.25% P + 100 cm. P.S. en suelo franco, entonces la longitud óptima para su surco será de 350 m. lineales.

Cuadro 8. Textura Arcillosa

Profundidad del suelo	50 cm	100 cm	150 cm
Pendiente(%)	Longitud del surco(m)	Longitud del surco(m)	Longitud del surco(m)
0.25	320	460	535
0.50	225	310	380
0.75	175	250	305
1.00	150	230	260
1.50	120	175	215
2.00	105	145	185

La cantidad de agua que se debe aplicar a los surcos está en función de la pendiente del terreno. Este caudal se conoce como caudal máximo no erosivo (QMNE).

La fórmula para calcular este caudal es la siguiente:

QMNE = 0.63 / M (%)
Donde:
QMNE = Caudal máximo no erosivo (lt/s)
M (%) = Pendiente del terreno (en porcentaje)

Importante: Este caudal debe usarse hasta que el agua llegue hasta el final del surco, posteriormente el caudal debe reducirse a un tercio hasta completar el tiempo de riego.
En forma práctica un caudal no erosivo es aquel que no desmorona las paredes del surco, y el agua que se desplaza por los surcos es relativamente transparente.

Riego por tendido

El riego por tendido es un sistema que consiste en hacer recorrer una lámina de agua por una superficie delimitada por dos pretiles o camellones. Este sistema presenta importantes desventajas como erosión, desuniformidad del riego y desarrollo de malezas en una mayor superficie del terreno.

Estructuras de aducción

Existen estructuras de aducción complementarias a los sistemas de riego por surco y tendido. Estas estructuras permiten un adecuado control del caudal que ingresan a los surcos o platabandas. Entre los más importantes podemos mencionar:

- Sifones
- Tubos rectos
- Mangas de riego
- Sistema de riego californiano

2.1.2. Sistema de riego tecnificado localizado y de alta frecuencia

Este sistema de riego se caracteriza por aplicar el agua en un punto determinado del campo ya sea como gota o en forma de lluvia, con una frecuencia mucho mayor que los sistemas de riego tradicionales, pudiéndose regar incluso diariamente. Además en este sistema el fertilizante puede ser aplicado en forma conjunta con el agua de riego.

Este sistema de riego tecnificado está formado básicamente por cuarto componentes:

I.- Cabezal de Riego
II.- Emisores
III.- Válvulas y Manómetros
IV.- Red de distribución

I.- CABEZAL DE RIEGO

Esta formado por equipos de bombeo, filtros, programadores y sistemas para inyectar fertilizante.

Bomba
La bomba es la responsable de succionar el agua desde la fuente, ya sea un tranque, canal o pozo profundo, distribuyendo hacia las tuberías de conducción del equipo de riego. La bomba consta de un motor, que puede ser eléctrico o a petróleo, responsable del accionamiento del segundo componente de la unidad, la hélice o rodete. Existen bombas sumergibles usadas para succionar agua de pozos, y bombas superficiales (foto 6) usadas para succionar agua de canales y tranques.

Foto 6: Bomba de riego

La potencia de trabajo se mide en KW o HP, siendo esta ultima notación la más utilizada y su valor está en función de la presión de trabajo (metros de columna de agua) y del caudal que arrojan los emisores en el sector a regar (litros/minuto).

* Antes de iniciar su funcionamiento, la bomba debe ser cebada, es decir, la estructura de la bomba y la tubería de succión deben llenarse de agua (figura 13).

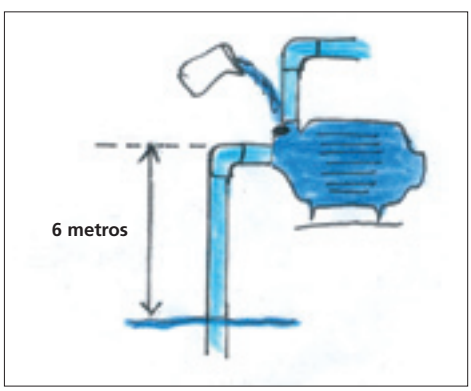


Figura 13

El agua succionada debe recorrer como máximo una diferencia de 6 metros entre el nivel del agua y la bomba (figura 13).
La bomba al estar funcionando siempre debe succionar agua, de lo contrario, al comenzar a succionar aire durante un tiempo prolongado, la bomba puede dañarse de consideración.

Filtros

Su función es impedir el paso de impurezas (arenas, algas, semillas), que puedan tapar el orificio de los goteros o microaspersores. Existen diversos tipos de filtros y la elección de uno de ellos está en función del origen del agua de riego.

A) Filtro de malla
Está constituido por dos cilindros, uno externo de plástico o metal y uno interno que es donde se ubica la malla (foto 7). Este filtro se recomienda en especial en aguas provenientes de pozos o norias.

Foto 7: Filtro de malla

B) Filtro de arena
Son estanques rellenos de arena de cuarzo que filtran tanto por superficie como por profundidad. El agua entra por la parte superior y sale limpia por la parte inferior (foto 8).
Estos filtros son muy eficientes en filtrar aguas superficiales (canales, tranques).

Foto 8: Filtro de arena

C) Filtros de anillas
Está conformado por una carcaza plástica (foto 9) y un cilindro interno. Este cilindro interno está formado por discos plásticos ranurados, que al unirse forman un cilindro poroso (foto 10) que impide el paso de impurezas del agua de riego.

Foto 9: Filtro de anillas

Foto 10: Cilindro interior

* Este filtro es recomendable para todo tipo de aguas (pozo, canal, tranque, etc)

La capacidad de un filtro se mide en **mesh** (foto 11), que corresponde a la cantidad de orificios por pulgada lineal que tiene la superficie filtrante, es decir a medida que aumenta el número de mesh, disminuye el tamaño de los orificios del filtro y por lo tanto puede filtrar partículas de menor tamaño.

Foto 11: Mesh de un filtro

Los filtros deben tener dos manómetros (foto 12), uno a la entrada y otro a la salida del filtro (figura 14).

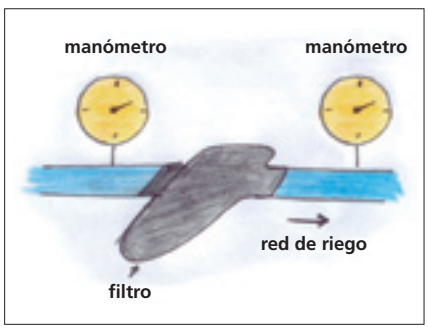


Figura 14

Foto 12: Manómetro

* Si la diferencia de presión entre ambos manómetros es de 1 a 2 metros de columna de agua (m.c.a.) significa que el filtro está limpio. Al aumentar esa diferencia a 5 m.c.a. el filtro debe lavarse manualmente en el caso de los filtros malla y anillas, o haciendo retrolavado en el caso de los filtros de arena, es decir, invirtiendo el flujo para eliminar el agua sucia fuera del cabezal de riego.

Inyección de fertilizantes

Los sistemas para inyectar fertilizantes a la red de riego son básicamente tres:

A) Inyección del fertilizante a la succión de la bomba
Es el sistema más simple y barato, consiste en inyectar el fertilizante a la red de riego en la succión de la bomba (figura 15), sin embargo se corre el riesgo de que al quedar el estanque vacío del fertilizante disuelto, la bomba succione aire y se dañe.

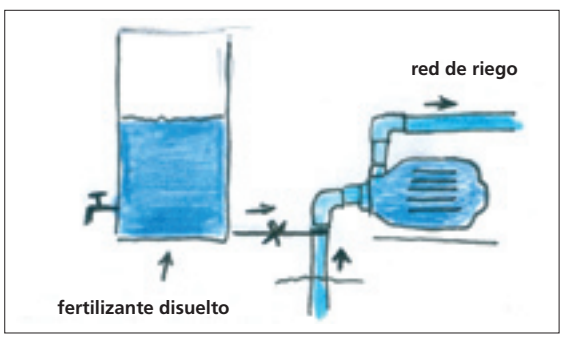


Figura 15

B) Venturi
El venturi (foto 13) es un dispositivo que succiona el fertilizante disuelto en un tanque y lo incorpora a la red de riego (figura 16)

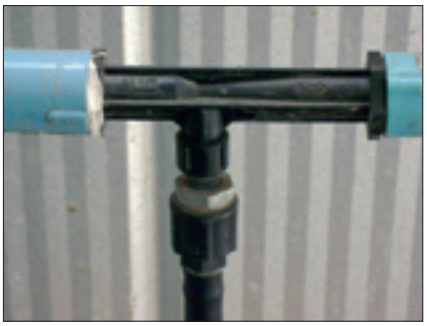


Foto 13: Venturi

Importante: Una de las ventajas es que no consume energía extra para su funcionamiento.

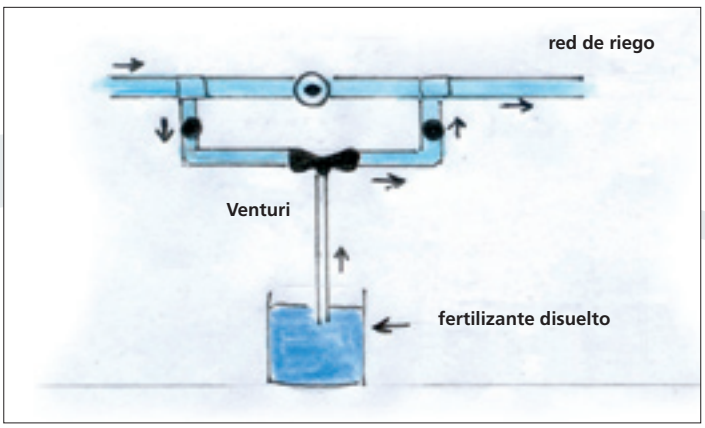


Figura 16

C) Bomba auxiliar
Son bombas especiales que toman el fertilizante disuelto y lo incorporan a la red de riego (figura 17). Son bombas de bajo caudal y alta presión

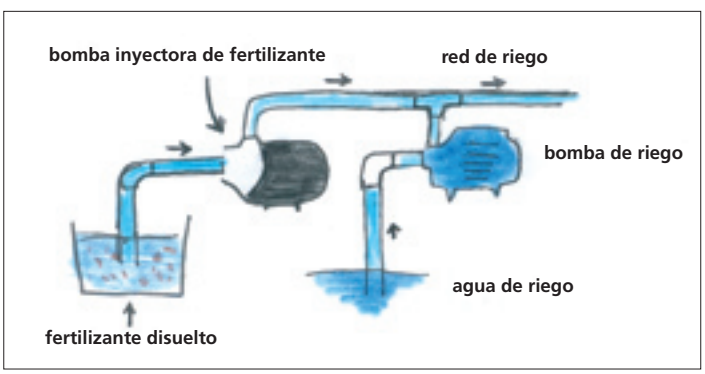


Figura 17

II.- EMISORES

Son dispositivos que controlan la salida de agua desde las tuberías de polietileno, se pueden dividir en dos grandes grupos:
- Goteros
- Microaspersores y Microjets

Goteros

- Clasificación según disposición en la tubería
  - Tipo Botón: Insertos sobre la línea
  - Goteros en línea: Insertos en la línea

Foto 14: Goteros botón y en línea

- Clasificación según relación entre la presión de trabajo y caudal que arrojan los goteros
  - Normales: En estos goteros el caudal que entregan los goteros está directamente relacionado a la presión de trabajo dentro del sistema
  - Autocompensados: En estos goteros la variación de caudal es mínima o no existe al producirse variaciones en la presión de trabajo. El uso de estos goteros es recomendable en terrenos con topografía irregular (cerros, lomajes, etc) y en sectores de longitud considerable (sobre 90 m)

Los goteros en general para funcionar requieren una presión de 10 metros de columna de agua (m.c.a.). En su interior los goteros tienen una serie de laberintos y membranas, de tal manera de disminuir la presión a tal punto que el agua sale al exterior como una gota.

La forma de mojamiento del suelo de los goteros asemeja un bulbo (figura 18) y su ancho está determinado por la textura del suelo y caudal del gotero (cuadro 9). Por este motivo los goteros deben ubicarse de tal manera que la humedad que generen quede traslapada y se forme una franja continua de humedad.

Cuadro 9. Diámetro de los bulbos (m) según textura y caudal de los goteros

Caudal (l/h)	Textura arenosa	Textura franca	Textura arcillosa
2	0.3	0.7	1.0
4	0.6	1.0	1.3
8	1.0	1.3	1.7
12	1.3	1.6	2.0

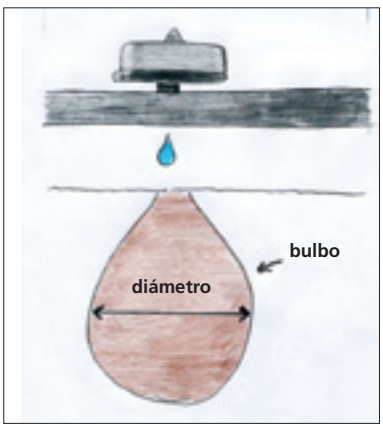


Figura 18

Para el caso de los cítricos, lo recomendable es usar doble línea de goteros, así se humedece un mayor porcentaje de volumen de suelo. En el caso de los paltos, durante los dos primeros años de plantación se pueden regar por goteo.

Microjets y microaspersores

Estos dispositivos aplican el agua como una lluvia muy fina. Los microjets al aplicar agua lo hacen en forma fija, no así los microaspersores que giran al aplicar el agua. Estos emisores son recomendables para paltos debido al gran diámetro de la copa en estado adulto. El caudal que entregan es mucho mayor que los goteros (20 a 100 l/h).

La presión de trabajo también es mayor que los goteros llegando aproximadamente a los 17 m.c.a. como mínimo y a los 45 m.c.a. como valor máximo.

Foto 15. Paltos regados por microaspersión en el sector de Codegua.

Foto 16: Microaspersor

III.- VALVULAS Y MANOMETROS

A) Válvula de compuerta
Son ideales para regular presión y caudal, siempre van al comienzo de un sector de riego. No es necesario abrirlas y cerrarlas periódicamente.

Foto 17. Válvula de compuerta

B) Válvula de Bola
Abren y cierran el paso del agua, su uso es continuo y no regulan presión.

Foto 18. Válvula de bola

C) Válvula solenoide
Abren y cierran el paso del agua accionadas por pulsos eléctricos comandadas por un programador electrónico.

Foto 19. Válvula solenoide

Foto 20: Programador

D) Válvulas de aire
Permiten la salida de aire cuando las tuberías se están llenando de agua y permiten la entrada de aire cuando la tubería se esta vaciando de agua.

Foto 21. Válvulas de aire

E) Válvula reguladora de presión
No permite que la presión aumente más allá de cierto límite, pero si permite el paso de agua.

Foto 22. Válvula reguladora de presión

F) Manómetro
Su función es medir la presión en distintos puntos de la red de riego.

Foto 23. Manómetro

IV.- RED DE DISTRIBUCION

La red de distribución esta formada por tuberías que conducen el agua desde el cabezal o centro de control a las plantas. Las tuberías se pueden clasificar en matrices, submatrices y laterales.

Matrices
- Conducen el agua desde el cabezal a los sectores de riego.
- Estas tuberías van enterradas
- El material de estas tuberías es de P.V.C.
- El diámetro está en función del caudal que transportan

Submatrices
- Conducen el agua dentro de los sectores de riego.
- Estas tuberías van enterradas
- El material de estas tuberías es de P.V.C.
- El diámetro está en función del caudal que transportan

Las tuberías tienen un largo de 6 metros. Los tubos de 50 mm y menores se deben unir con pegamento. A su vez, los tubos de mayor diámetro se unen por presión de gomas que tienen los tubos en uno de sus extremos.

Foto 24. Tubo de P.V.C. utilizado como matriz

Cuadro 10. Clasificación de la tubería de PVC según clase y diámetro

Diámetro exterior (mm)	Diámetro exterior (pulg.)	Clase 4 Espesor / diámetro interno (mm)	Clase 6 Espesor / diámetro interno (mm)	Clase 10 Espesor / diámetro interno (mm)	Clase 16 Espesor / diámetro interno (mm)
20	1/2				1.5 / 17
25	3/4			1.5 / 22	1.9 / 21
32	1			1.8 / 29	2.4 / 28
40	1 1/4		1.8 / 37	2.0 / 36	3.0 / 34
50	1 1/2		1.8 / 47	2.4 / 46	3.7 / 43
63	2		1.9 / 60	3.0 / 57	4.7 / 54
75	2 1/2	1.8 / 72	2.2 / 71	3.6 / 68	5.6 / 64
90	3	1.8 / 87	2.7 / 85	4.3 / 82	6.7 / 77
110	4	2.2 / 106	3.2 / 104	5.3 / 100	8.2 / 94
125	4 1/2	2.5 / 120	3.7 / 118	6.0 / 113	9.3 / 107
140	5	2.8 / 135	4.1 / 132	6.7 / 127	10.4 / 120
160	6	3.2 / 154	4.7 / 151	7.7 / 145	11.9 / 137
200	8	4.0 / 192	5.9 / 189	9.6 / 181	14.7 / 171
250	10	4.9 / 241	7.3 / 236	12 / 226	18.6 / 213
315	12	6.2 / 303	9.2 / 297	15 / 285	23.4 / 267
355	14	7.0 / 341	10.4 / 335	17 / 321	26.3 /303
400	16	7.9 / 385	11.7 / 377	19.1 / 362	29.7 / 341

Los tubos de P.V.C. se comercializan por su diámetro externo, ya sea en pulgadas o mm.

Cuadro 11. Clase de las tuberías

Clase	Kg/cm^2	Lb/pulg^2	m.c.a.
4	4	60	40
6	6	90	60
10	10	150	100
16	16	240	160

Importante: La clase de un tubo corresponde a la presión máxima en kg/ cm^2 que soportan los tubos en su interior. A mayor clase mayor espesor de las tuberías y por lo tanto menor diámetro interno.

Laterales

- Son las que portan los goteros o microaspersores
- Su material es de polietileno
- Se disponen sobre la superficie del suelo
- Su diámetro va de 12 a 20 mm, siendo el diámetro de 16 mm el más utilizado

Foto 25. Gotero insertado en lateral

2.2. Programación del Riego

Para programar el riego como primer paso debemos determinar:
- La Evapotranspiración del cultivo
- El agua disponible para las plantas almacenada en el suelo

Una vez obtenida la evapotranspiración del cultivo y el agua disponible en el suelo, podremos determinar:
- La frecuencia de riego
- El tiempo de riego

La frecuencia y el tiempo de riego también son determinados a través de tensiómetros en solitario, o en combinación con la bandeja de evaporación.

2.2.1. Evapotranspiración del cultivo

La Evapotranspiración del cultivo (ETc), es la cantidad de agua utilizada por un cultivo, y corresponde al agua transferida a la atmósfera (figura 19), tanto por evaporación directa como por transpiración de las plantas.

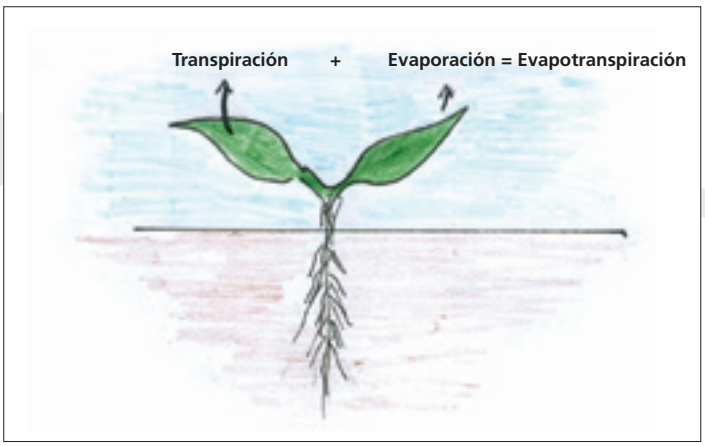


Figura 19

La Evapotranspiración del cultivo (ETc) puede ser estimada a través de una bandeja de evaporación clase A. Esta bandeja es un estanque circular blanco, de hierro galvanizado de 120.65 cm de diámetro y 25.4 cm de profundidad. La bandeja debe estar montada sobre un marco de madera de 15 cm de desde la superficie del suelo (figura 20).

El lugar donde debe instalarse la bandeja, debe estar rodeada de pasto de un radio 10 metros como mínimo. Esta bandeja puede ser comprada a alguna institución como la dirección metereológica de Chile o también puede mandarse a hacer a alguna maestranza.

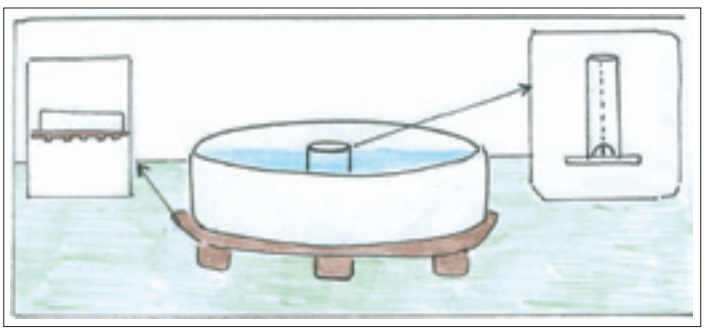


Figura 20

Metodología de medición de la evaporación de bandeja

La bandeja en su interior tiene un cilindro con un fierro terminado en punta (Figura 20).
La determinación de los milímetros (mm) de agua que evaporó la bandeja, se pueden explicar a través del siguiente ejemplo:

Día 1 (8 A.M.)

El nivel del agua se encuentra a ras del extremo superior del fierro dentro del cilindro (figura 21).

Día 2 (8 A.M.)

El nivel del agua dentro del cilindro descendió por evaporación del agua (figura 21). Rellenar hasta cubrir el fierro inserto en el cilindro y registrar la cantidad de agua agregada.

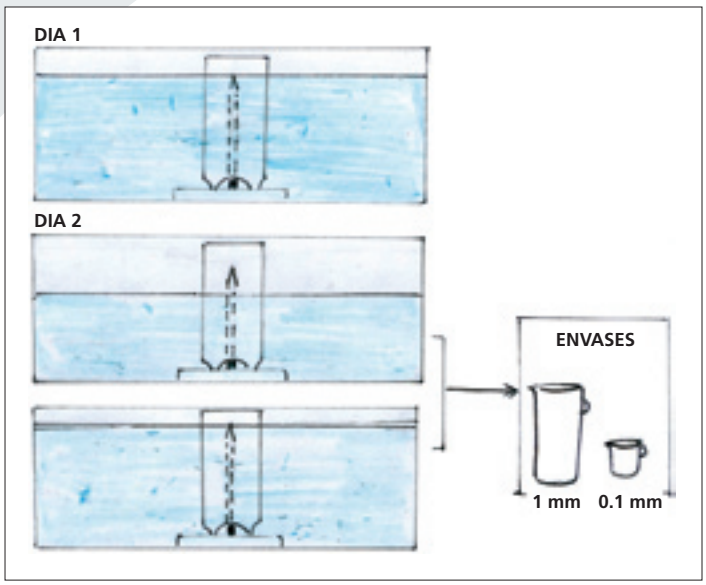


Figura 21

Los milímetros evaporados están en función de la cantidad de agua que se agregó para rellenar la bandeja

Para rellenar la bandeja se tienen 2 envases (figura 21):

- El grande es de 1 litro aprox. y es equivalente a 1 mm de evaporación de bandeja
- El pequeño es de 100 cc aprox. y es equivalente a 0.1 mm (decimales)

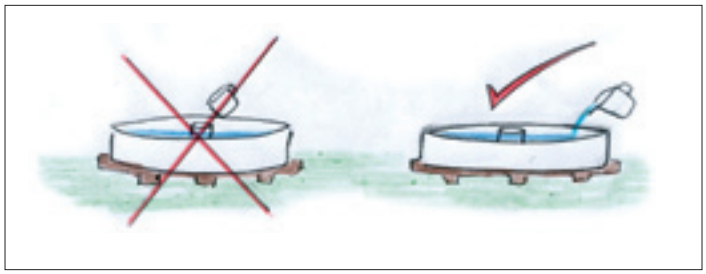


Figura 22

El agua debe agregarse por un costado de la bandeja, no en el centro (figura 22).

Los milímetros evaporados están en función de la cantidad de agua que se agregó para rellenar la bandeja (cuadro 12). De tal forma que los milímetros de agua evaporados, deben registrarse diariamente en el cuadro 13.

Cuadro 12. Evaporación de bandeja (mm) en función de los jarros agregados para rellenar la bandeja

Nº Jarro grande	Nº Jarro pequeño	Evaporación (mm)
1	0	1.0
	1	1.1
	2	1.2
	3	1.3
	4	1.4
	5	1.5
	6	1.6
	7	1.7
	8	1.8
	9	1.9
2	0	2.0
	1	2.1
	2	2.2
	3	2.3
	4	2.4
	5	2.5
	6	2.6
	7	2.7
	8	2.8
	9	2.9
3	0	3.0
	1	3.1
	2	3.2
	3	3.3
	4	3.4
	5	3.5
	6	3.6
	7	3.7
	8	3.8
	9	3.9
4	0	4.0
	1	4.1
	2	4.2
	3	4.3
	4	4.4
	5	4.5
	6	4.6
	7	4.7
	8	4.8
	9	4.9
5	0	5.0
	1	5.1
	2	5.2
	3	5.3
	4	5.4
	5	5.5
	6	5.6
	7	5.7
	8	5.8
	9	5.9
6	0	6.0
	1	6.1
	2	6.2
	3	6.3
	4	6.4
	5	6.5
	6	6.6
	7	6.7
	8	6.8
	9	6.9
7	0	7.0
	1	7.1
	2	7.2
	3	7.3
	4	7.4
	5	7.5
	6	7.6
	7	7.7
	8	7.8
	9	7.9

Cuadro 13. Hoja de registro Evaporación de Bandeja

Día /Mes..... Año.....	Evaporación de bandeja(Eb) (mm/día)
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	

Esta ficha puede ser incluida en su cuaderno de registro de campo.

Este registro debe hacerse para cada mes en la temporada de riego.

La formula que determina la cantidad de agua que evapotranspira el cultivo, utilizando la bandeja de evaporación, es la siguiente:

$$ETc\ (mm/día) = Eb \times Kp \times Kc$$

ETc es evapotranspiración del cultivo
Eb es evaporación de bandeja
Kp es coeficiente de bandeja. El valor de este coeficiente para la zona central de Chile es de 0,7
Kc es coeficiente de cultivo

Una vez que determinamos la evaporación de bandeja, podemos determinar la evapotranspiración del cultivo y registrarla en el cuadro 15.

Cuadro 14. Valores mensuales de Kc

Especie / mes	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Palto	0.72	0.72	0.72	0.72	0.75	0.75	0.75	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Cítricos	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

Cuadro 15. Hoja de registro Evotranspiración del Cultivo

Día /Mes..... Año.....	Evaporación de bandeja(Eb) (mm/día)	Evotranspiración de cultivo (ETc) (mm/día) (Eb x 0.7 x Kc del mes)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		

Esta ficha puede ser incluida en su cuaderno de registro de campo.

Este registro debe hacerse para cada mes en la temporada de riego.

2.2.2. Agua disponible para las plantas almacenada en el suelo

El agua disponible de un suelo es un elemento necesario para determinar la frecuencia de riego. Se puede determinar a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Agua disponible de un suelo (mm)} = \frac{\textbf{(CC-PMP) x Da x H x (1- P)}}{\textbf{100}}$$

Los siguientes datos se obtienen a través de análisis físico de laboratorio, a muestras de suelo. Estos análisis pueden hacerse en cualquier época del año, sin embargo lo mejor es tomar las muestras en los periodos de menor transito en el campo y cuando el suelo tenga un nivel de humedad que haga mas fácil sacar las muestras. Lo recomendable es tomar estas muestras cada 4 o 5 años.

CC = Capacidad de Campo (Pw %)
PMP = Punto de marchites permanente (Pw%)
Da = Densidad aparente (gr/cm³)

La densidad aparente de un suelo es la relación que existe entre su peso y su volumen.

Los datos restantes de la formula se obtienen por apreciación visual de las calicatas o también por información obtenida en publicaciones agrícolas, así es el caso de la profundidad de crecimiento de las raíces.

H = Profundidad de crecimiento de las raíces (mm)
P = Pedregosidad (fracción de suelo ocupada por piedras)

2.2.3. Frecuencia de riego

Una vez obtenida el agua disponible para las plantas almacenada en el suelo, podremos determinar la frecuencia de riego, relacionando este valor con la evapotranspiración del cultivo.

Para entender este concepto se puede hacer la siguiente analogía (figura 23):

- El suelo es un estanque que tiene una cierta capacidad de almacenar agua
- El agua almacenada disponible para las plantas en el estanque se mide en mm
- La planta es una bomba que succiona agua del suelo
- El agua succionada también se mide en mm
- Esta agua succionada es equivalente a la evapotranspiración del cultivo

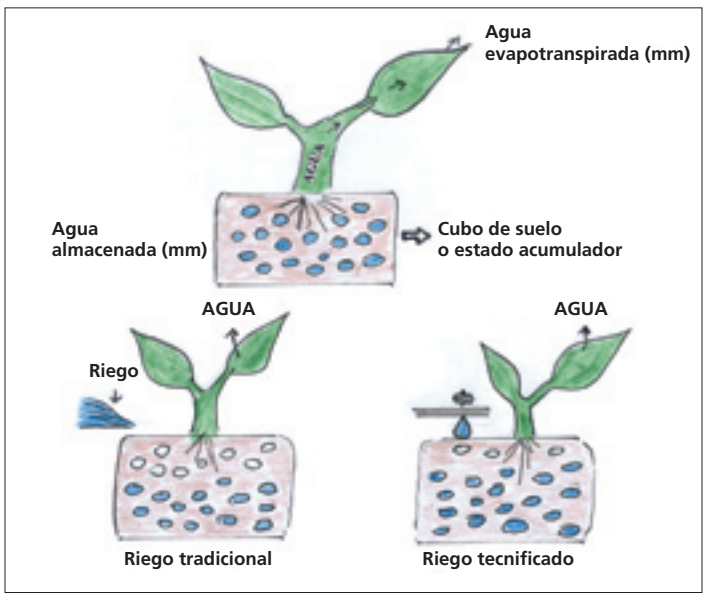


Figura 23

Por convención, en sistemas de riego por surco o tendido, debemos llenar el estanque (regar) no cuando quede vacío, sino cuando se haya agotado la mitad de su contenido.

En sistemas tecnificados debemos llenar el estanque cuando se haya agotado solamente un 10% de su contenido.

* Por lo tanto la frecuencia de riego, para el caso de sistemas de riego tradicional, estará determinada por los días en que se consume el 50% del agua disponible almacenada en el suelo.
En el caso de sistemas de riego tecnificado cuando se haya consumido un 10% del agua disponible almacenada, esto significa riegos más frecuentes para estos últimos.

Riego por surco y tendido

$$\text{Frecuencia de riego (días)} = \frac{\text{Agua disponible del suelo (mm) x 0.5}}{\text{Evapotranspiración del cultivo (mm/día)}}$$

Riego por goteo y microaspersión

$$\text{Frecuencia de riego (días)} = \frac{\text{Agua disponible del suelo (mm) x 0.1}}{\text{Evapotranspiración del cultivo (mm/día)}}$$

2.2.4. Tiempo de riego

Una vez determinada la frecuencia de riego, debemos calcular el tiempo de riego.

Siguiendo con la analogía del estanque o cubo de suelo:
Para saber la capacidad en litros de ese estanque, debemos multiplicar los mm de agua disponible almacenada del suelo por la superficie (m²) del terreno que vamos a regar (figura 24)

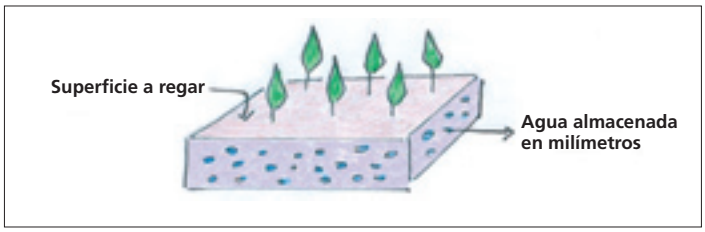


Figura 24

litros = mm x m²

Una vez obtenida la capacidad del estanque en litros, debemos saber en cuanto tiempo podremos reponer el 50% de su capacidad para el caso de riego gravitacional tradicional, y un 10% para sistemas de riego tecnificado.

Para conocer el tiempo de riego, además, debemos saber la cantidad de agua que está ingresando al estanque (es decir al sector del predio que se va a regar).
En el caso del riego por surco y tendido, el agua que ingresa se puede determinar por el método del flotador (figura 25)

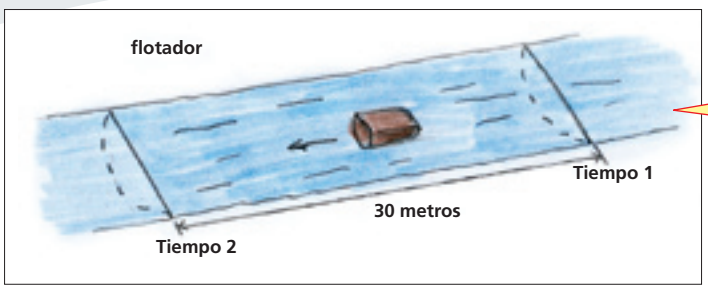


Figura 25

- Si usted realiza estas pruebas, recuerde siempre anotar, tanto los resultados como las condiciones en que se realizó la prueba, en su cuaderno de registro de campo.

El caudal se calcula con la siguiente formula:

$$Q = Vx\ A\ x\ 0.85\ x\ 1000$$

Donde:
Q = Caudal (lt/s)
V = Velocidad del agua (m/s)
A = Sección de la acequia o canal (m²)

La velocidad corresponde al largo del sector, dividido por el tiempo que demora el flotador en recorrerlo.
La sección de la acequia se obtiene multiplicándole ancho (m) por la altura (m) de agua del caudal.

En el caso de riego tecnificado, el agua que ingresa al sector de riego estará determinada por el caudal que entregan goteros o micro aspersores de la superficie a regar.

Riego por surco

$$\text{Tiempo de riego (horas)} = \frac{\text{Agua disponible del suelo (lt)x 0.5}}{\text{Caudal de entrada (lt/hora)x 0.5}}$$

Riego por Tendido

$$\text{Tiempo de riego (horas)} = \frac{\text{Agua disponible del suelo (lt) x 0.5}}{\text{Caudal de entrada (lt/hora)x 0.4}}$$

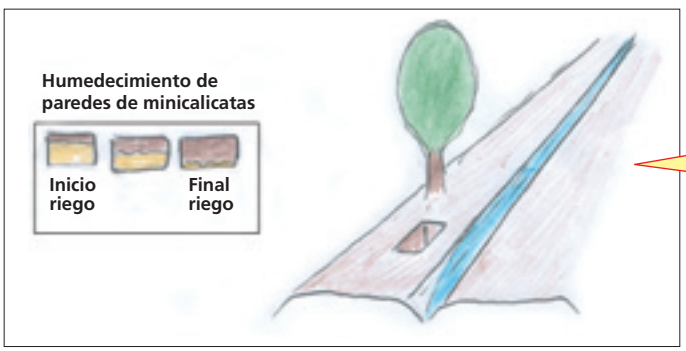
Riego por goteo

$$\text{Tiempo de riego (horas)} = \frac{\text{Agua disponible del suelo (lt) x 0.1}}{\text{Caudal de entrada (lt/hora)x 0.9}}$$

Riego por microaspersión

$$\text{Tiempo de riego (horas)} = \frac{\text{Agua disponible del suelo (lt) x 0.1}}{\text{Caudal de entrada (lt/hora)x 0.85}}$$

Para el caso de riego por surco y tendido, una herramienta útil para determinar el tiempo de riego es el uso de minicalicatas. Estas estructuras son hoyos cuadrados de 30 cm. con una profundidad aproximada de 50 cm. Se deben construir varias en distintos puntos del sector a regar. Las paredes de las minicalicatas se van humedeciendo a medida que transcurre el riego, y una vez que la humedad llega a la profundidad requerida, detenemos el riego (figura 26). Esto debe cumplirse en todas las minicalicatas, sobre todo en la minicalicata construida en el punto más distante de ingreso del agua al potrero.



- Si usted realiza estas pruebas, recuerde siempre anotar, tanto los resultados como las condiciones en que se realizó la prueba, en su cuaderno de registro de campo.

Figura 26

Otra forma de determinar la frecuencia y el tiempo de riego es a través del uso de tensiómetros en solitario o en conjunto con la bandeja de evaporación.

2.2.5. El Tensiómetro

Este instrumento, que permite medir la energía con que el agua es retenida en el suelo, consiste en un tubo en cuyo extremo inferior lleva una cápsula de cerámica porosa y en el extremo superior, herméticamente cerrado, un manómetro de vacío (foto 26).

Foto 26. Tensiómetro

* En árboles frutales, generalmente el tensiómetro ubicado en los primeros 30 cm. es el que determina cuando iniciar y detener un riego, debido a que es en estos primeros cm. donde se encuentra la mayor concentración de raíces. Tensiómetros de mayor longitud (60 cm., 90 cm., 120 cm.) permiten determinar si el riego está llegando a capas más profundas del suelo (figura 27).

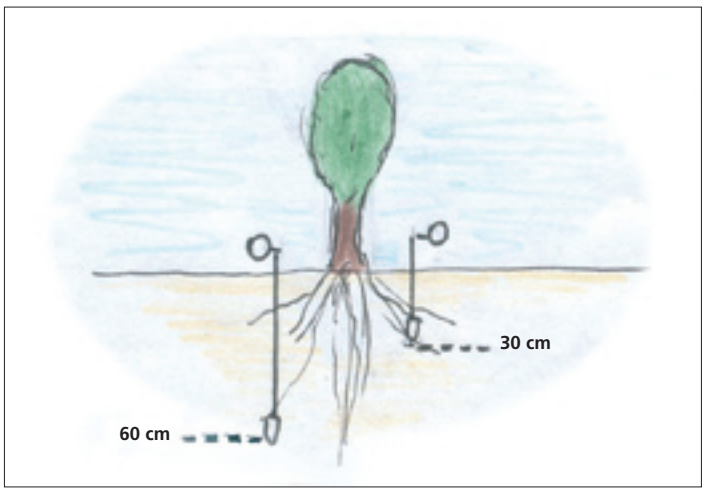


Figura 27

El mecanismo de funcionamiento es el siguiente (figura 28):

- El tensiómetro está lleno de agua
- Al secarse el suelo, el tensiómetro comienza a perder agua a través de la cápsula porosa
- Se forma un vacío que es registrado por el vacuómetro

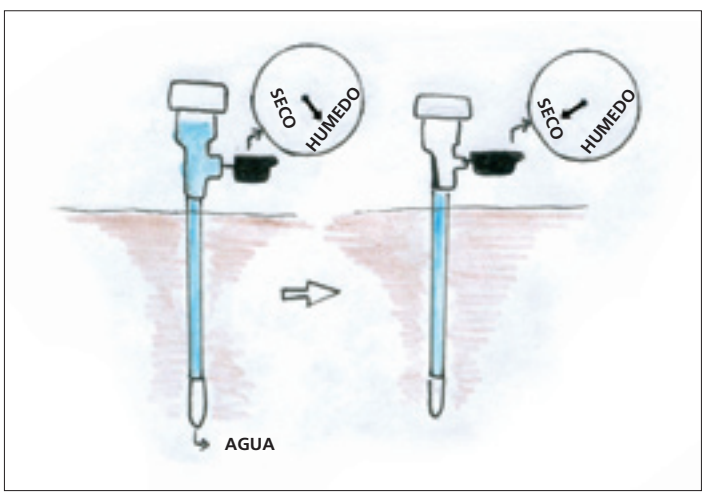


Figura 28

La graduación del tensiómetro va de 0 a 100 en centibares (cb) (foto 27), que es la centésima parte de un bar.

Foto 27. Graduación de un tensiómetro

Interpretación de la lectura:

O cb indica suelo con exceso de humedad (saturado)
10 a 25 cb es un rango adecuado en cultivos regados por goteo o microaspersión
50 a 70 cb es un rango adecuado en cultivos regados por surco o tendido
100 cb corresponde a un suelo con bajo contenido de humedad

* Importante: Estos valores deben adecuarse a cada tipo de suelo y cultivo.

Instalación del tensiómetro (figura 29)

- Llenarlo con agua destilada y dejarlo destapado durante 24 horas en un recipiente con agua destilada
- Se lleva al campo y se instala en una perforación, previamente realizada con un chuzo o barreno de diámetro similar del tubo del tensiómetro
- Una vez instalado el tensiómetro en la perforación, se apisona los costados, de tal manera que no queden bolsas de aire alrededor del tubo
- Por último, antes de tapar el tensiómetro, se debe extraer el aire del interior, con una bomba de vacío, esto se logra llevando por unos segundos el vacuómetro a 80 cb

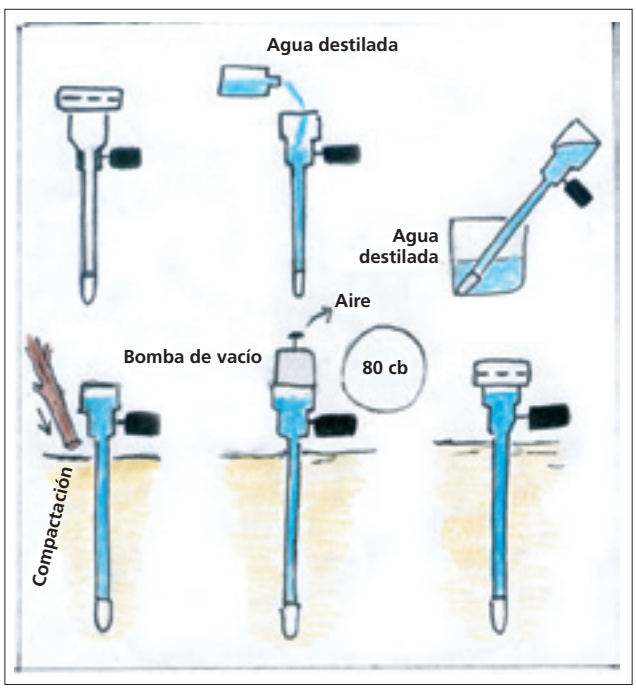


Figura 29

Es importante que el tensiómetro quede bien ubicado (figura 30), es decir:
- No entorpezca el paso de personas y maquinaria
- La cápsula porosa quede localizada en el punto de mayor concentración de raíces del cultivo
- La cápsula porosa quede localizada en un punto donde llegue la humedad del suelo producto del riego

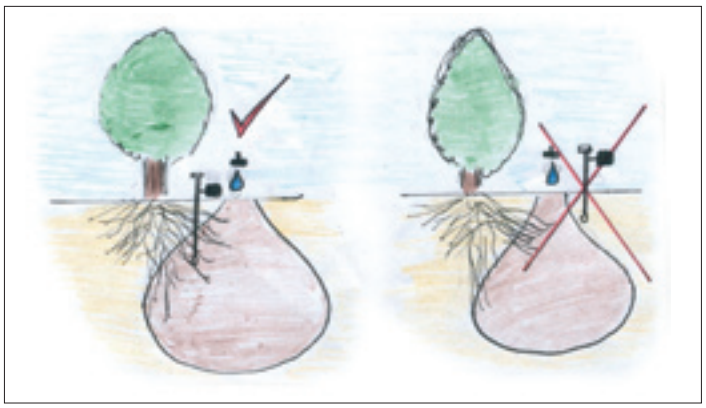


Figura 30

Las lecturas del tensiómetro deben registrarse diariamente (cuadro16), y una vez que el vacuómetro o manómetro indique el valor crítico establecido se debe regar.

Cuadro 16. Hoja de registro mensual de la lectura del tensiómetro

Día /Mes..... Año.....	Tensiómetro Profundidad (cm) ..... Ubicación en el terreno.....	Valor crítico ..... Realizar riego (Si o No)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		

Esta ficha puede ser incluida en su cuaderno de registro de campo.

2.2.6. Determinación de la frecuencia y tiempo de riego utilizando en conjunto tensiómetros y bandeja de evaporación.

El uso de estos dos instrumentos en conjunto se adapta mejor a cultivos regados por goteo o microaspersión.

Al utilizar la bandeja de evaporación en conjunto con los tensiómetros, la frecuencia de riego, es decir cuando iniciar un riego, sigue siendo determinado por el tensiómetro más superficial. A su vez el tiempo de riego será determinado indirectamente por la bandeja de evaporación.

Frecuencia de riego
Determinado por el tensiómetro superficial, según lectura de vacuómetro.

Tensiómetro → Frecuencia de riego
Bandeja de evaporación → Tiempo de riego

Tiempo de riego
Para determinar el tiempo de riego se considerará:

- La evapotranspiración del cultivo
- El tamaño del árbol (figura 31)
- La cantidad de agua que entregan los goteros o microaspersores

La evapotranspiración de cultivo utilizada en la determinación del tiempo de riego, será la acumulada entre riego y riego. De tal manera que el tiempo de riego es:

Riego por goteo

$$\text{Tiempo de riego (h)} = \frac{\text{Evapotranspiración acumulada (mm) x Tamaño árbol (m) x Tamaño árbol (m)}}{\text{Nº goteros/ árbol x caudal de cada gotero (litros/hora) x 0.9}}$$

Riego por microaspersores

$$\text{Tiempo de riego (h)} = \frac{\text{Evapotranspiración acumulada (mm) x Tamaño árbol (m) x Tamaño árbol (m)}}{\text{Nº microaspersores/ árbol x caudal de cada microaspersor (litros/hora) x 0.85}}$$

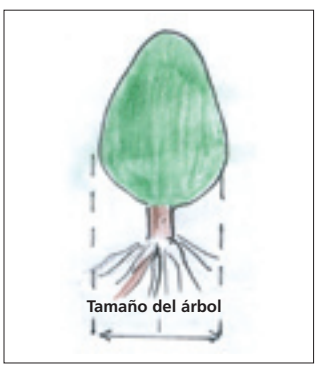


Figura 31

El caudal de los goteros o microaspersores viene indicado por fábrica, si este valor no es conocido se pueden aforar los emisores, midiendo la cantidad de agua que arrojan en un cierto tiempo (figura 32), ya sea 1 o 5 minutos, y así determinar la cantidad que entregan en 1 hora.

Figura 32

CAPITULO III:

Fertilización y nutrición de cultivos

III. Fertilización y nutrición de cultivos

3.1. Nutrientes

La planta para su desarrollo necesita de una serie de elementos químicos. Estos elementos se dividen en tres categorías.

Primera Categoría:
Elementos Estructurales. Son obtenidos por la planta del aire y el agua:

Carbono (C), Oxígeno (O) e Hidrógeno (H)

Segunda Categoría
Macroelementos. Estos elementos los necesita la planta en grandes cantidades para su desarrollo:

Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S)

Tercera Categoría
Microelementos. Estos elementos las plantas los necesitan en bajas cantidades, sin embargo la ausencia de uno de ellos provoca una disminución en la producción:

Fierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B), Molibdeno (Mo), Cloro(Cl), Níquel (Ni)

3.1.1. Funciones de los nutrientes esenciales de las plantas

Nitrógeno

Es uno de los elementos más importantes en la nutrición vegetal
Este elemento en el suelo se encuentra en diversas formas:

- Nitrato (NO_3^-)
- Amonio (NH_4^+)
- Amoniaco (NH_3)
- Forma elemental (N_2)
- Forma orgánica (restos vegetales y animales)

Sin embargo, la planta lo absorbe de dos formas:
Amonio y Nitrato, siendo esta última la principal y más rápida forma de ingreso a la planta.

* Una mayor presencia de nitrato en el suelo, en relación a las otras formas de nitrógeno presentes en el suelo, es favorecida por altas temperaturas y altas concentraciones de oxígeno en el suelo. Estas condiciones se logran removiendo el suelo y regando en forma adecuada los cultivos.

La absorción por parte de las plantas de Nitratos (NO_3^-), provoca un aumento del pH del suelo, pues se liberan hidróxidos $(OH)^-$ y bicarbonatos $(HCO_3)^-$ desde las raíces.
Por otra parte la absorción por parte de las plantas de Amonio $(NH)_4^+$, provoca una disminución del pH del suelo, pues se libera Hidrógeno $(H)^+$ desde las raíces.

Nitrógeno
Funciones del Nitrógeno:
- Participa en la formación de enzimas
- Es constituyente de ácidos nucleicos
- Es constituyente de hormonas (citocininas)
- Es constituyente de la clorofila

Potasio
Funciones del Potasio:

- Importante en procesos como la fotosíntesis
- Intensifica el transporte de azúcares desde la hoja al fruto
- Favorece la acumulación de carbohidratos (azúcares) en frutos
- Participa en la apertura y cierre estomático
- Aumenta la rigidez de los tejidos

* En resumen, el Potasio es altamente importante en el desarrollo y calidad de los frutos.

Fósforo
Funciones del fósforo:

- Acumula y transporta energía
- Estimula el crecimiento, en especial el de las raíces
- Promueve la formación de semillas

* Debido a su baja movilidad en el suelo, su absorción depende de un buen desarrollo radicular.

Calcio
Funciones del Calcio:

- Nutriente esencial en la cementación de las células a través de los pectatos de calcio
- Ayuda a la estructura y a la permeabilidad de las membranas celulares, y a la división y elongación celular

Magnesio
Funciones del Magnesio:

- Forma parte de la molécula de clorofila, por lo tanto es muy importante para el proceso de fotosíntesis
- Interviene en la síntesis de otros pigmentos

Zinc
Funciones del Zinc:

- Vital en el crecimiento de hojas, frutos y brotes

Fierro
Funciones del fierro:

- Participa en la síntesis de clorofila
- Participa en los procesos de respiración

Manganeso
Funciones del manganeso:

- Participa en la fotosíntesis
- Participa en el proceso de respiración

Boro
Funciones del Boro:

- Agiliza la germinación del polen
- Interviene en la absorción del calcio
- Participa en los procesos de crecimiento de ápices de brotes y raíces

3.1.2. Demanda de los nutrientes en relación a la fenología del cultivo

La demanda de los nutrientes durante la temporada está en función de la fenología del cultivo. Para algunos elementos existen períodos bien definidos en los cuales se intensifica su demanda, así tenemos que:

La demanda de Nitrógeno:

- Es mayor cuando la planta presenta la más alta tasa de crecimiento vegetativo, es decir en periodo de crecimiento acelerado de brotes y ramas
- Es menor en los periodos de cuaja y crecimiento del fruto

La demanda de Fósforo:

- Es mayor en períodos de crecimiento radicular
- Es mayor en períodos de floración

La demanda de Potasio:
- Es mayor en períodos de cuaja de frutos
- Es mayor en períodos de crecimiento de frutos
- Es mayor en períodos de movimiento y acumulación de azúcares en los frutos

Luego para hacer un programa de fertilización de mayor precisión, es de vital importancia conocer el ciclo de vida o la fenología del cultivo.

Fenología palto y cítricos

Cuadro 17. Nivel de desarrollo de paltos de razas mejicanas (Mexicola, Princesa Eugenia, Champion)

Estado Fenológico	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Crecimiento de brotes	bajo	medio	alto	alto	medio	bajo	medio	alto	alto	medio	nulo	nulo
Crecimiento de raíces	nulo	nulo	bajo	medio	medio	alto	medio	bajo	medio	alto	bajo	nulo
Floración	nulo	medio	alto	medio	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Cuaja	nulo	medio	alto	medio	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Crecimiento de fruto	nulo	nulo	nulo	medio	alto	alto	alto	alto	medio	bajo	nulo	nulo

Cuadro 18. Nivel de desarrollo de paltos de razas híbridas (Fuerte, Negra de la Cruz, Bacon)

Estado Fenológico	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Crecimiento de brotes	bajo	medio	alto	alto	medio	bajo	medio	alto	alto	medio	nulo	nulo
Crecimiento de raíces	nulo	nulo	bajo	medio	medio	alto	medio	bajo	medio	alto	bajo	nulo
Floración	nulo	nulo	medio	alto	medio	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Cuaja	nulo	nulo	medio	alto	medio	bajo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Crecimiento de fruto	bajo	nulo	nulo	nulo	medio	alto	alto	alto	alto	medio	bajo	bajo

Cuadro 19. Nivel de desarrollo de paltos de razas guatemaltecas (Hass, Nabal)

Estado Fenológico	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Crecimiento de brotes	bajo	medio	alto	alto	medio	bajo	medio	alto	alto	medio	nulo	nulo
Crecimiento de raíces	nulo	nulo	bajo	medio	medio	alto	medio	bajo	medio	alto	bajo	nulo
Floración	nulo	nulo	nulo	medio	alto	medio	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Cuaja	nulo	nulo	nulo	medio	alto	medio	bajo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Crecimiento de fruto	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	medio	alto	alto	alto	alto	medio	medio

Cuadro 20. Nivel de desarrollo de cítricos de maduración temprana

Estado Fenológico	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Crecimiento de brotes	nulo	bajo	bajo	alto	medio	nulo	bajo	medio	nulo	bajo	alto	medio
Crecimiento de raíces	nulo	nulo	nulo	nulo	medio	alto	medio	nulo	medio	alto	alto	medio
Floración	nulo	nulo	nulo	nulo	alto	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Cuaja	nulo	nulo	nulo	nulo	alto	bajo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Crecimiento de fruto	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	alto	alto	alto	alto	medio	nulo	nulo

Cuadro 21. Nivel de desarrollo de cítricos de maduración tardía

Estado Fenológico	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Crecimiento de brotes	nulo	bajo	bajo	alto	medio	nulo	bajo	medio	nulo	bajo	alto	medio
Crecimiento de raíces	nulo	nulo	nulo	nulo	medio	alto	medio	nulo	medio	alto	alto	medio
Floración	nulo	nulo	nulo	nulo	alto	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Cuaja	nulo	nulo	nulo	nulo	alto	bajo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo	nulo
Crecimiento	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	alto	alto	alto	alto	medio	bajo	bajo

3.1.3. Síntomas de deficiencia de los nutrientes en las plantas

La deficiencia de ciertos elementos, provoca en las plantas síntomas visuales que pueden ser identificados usando la siguiente clave.

Clave sintomatológica para la identificación de deficiencias minerales

I. Hojas más viejas presentan primero los síntomas
   A. Clorosis o necrosis entre nervaduras principales (esqueleto de pez) ....**Magnesio**
   B. Márgenes cloróticos o necróticos, hojas curvadas para arriba y algo chicas ....**Potasio**

II. Hojas más nuevas presentan primero los síntomas
   A. Clorosis marcada
      1. Entrenudos cortos, roseta de hojas chicas, bronceamiento hojas viejas ....**Cinc**
      2. Entrenudos normales, clorosis entre venas o total, hojas verdecen con edad ....**Hierro**
      3. Hojas cloróticas con nervaduras verdes, suele morir el ápice del brote ....**Cobre**
   B. Clorosis leve o no existe
      1. Curvatura como bote, se dobla punta del brote, muere yema Terminal y brotes nuevos ...**Boro**
      2. Nervios centrales de hojas son más cortos y los extremos redondeados ...**Molibdeno**

III. Síntomas en cualquier parte de brotes y de la planta
   A. Hojas pequeñas de color verde claro, crecimiento reducido del brote
      1. Color púrpura inicial en pecíolos, debajo de nervadura y brotes, desaparece después...**Fósforo**
      2. Color pálido aumenta a clorosis con edad de hoja, defoliación basal anticipada ....**Nitrógeno**
   B. Hojas tamaño normal, palidez entre nervaduras principales y clorosis después ....**Manganeso**

IV. Los síntomas se presentan principalmente en frutos
   A. Frutos nuevos con lesiones corchosas internas, escasa fructificación .....**Boro**
   B. Frutos con depresiones corchosas superficiales, más en zona distal .....**Calcio**

* En **cítricos**, las deficiencias más frecuentes de nutrientes que se presentan en la zona central del país corresponden a Zinc, Magnesio, Fierro y Nitrógeno.

  Para el **palto**, las deficiencias más frecuentes corresponden a Zinc, Fierro, Boro, Manganeso y Nitrógeno.

  El exceso de **cloro** en el agua de riego produce una necrosis del borde y punta de hojas adultas.

3.2. Fertilizantes

Los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta vienen incorporados en compuestos químicos denominados fertilizantes.

El nombre del fertilizante va acompañado de un paréntesis con tres números:

Nombre del compuesto (%-%-%)

El primer número corresponde al contenido en porcentaje de Nitrógeno
El segundo número corresponde al contenido en porcentaje de Fósforo, en la forma de P2O5
EL tercer número corresponde al contenido en porcentaje de Potasio, en la forma de K2O

Ejemplo 1 (foto 28)
NITRATO DE POTASIO (13,5 – 0 – 45)

En este caso el fertilizante contiene:
- 13,5% de Nitrógeno
- 0% de Fósforo en la forma de P_2O_5
- 45% de Potasio en la forma de K_2O

Ejemplo 2
UREA (46 – 0 – 0)

En este caso el fertilizante contiene:
- 46% de Nitrógeno
- 0% de Fósforo en la forma de P_2O_5
- 0% de Potasio en la forma de K_2O

Foto 28. Saco de fertilizante de Nitrato de Potasio

3.2.1. Listado de fertilizantes

Nitrato de Amonio (34-0-0)	Fosfato diamónico (16-48-0)
Nitrato de Potasio (13-0-45)	Superfosfato Normal (0-20-0)
Nitrato de Calcio (15.5-0-0)	Superfosfato triple (0-46-0)
Urea (46-0-0)	Cloruro de potasio (0-0-60)
Cloruro de Potasio (0-0-60)	Acido Sulfúrico (0-0-0)
Sulfato de Amonio (21-0-0)	Acido Fosfórico (0-54-O)
Sulfato de Potasio (0-0-50)	Acido Bórico (0-0-0)

Estos fertilizantes son compuestos que en presencia de agua se disocian para formar iones, (moléculas con carga positiva o negativa), que son absorbidos por las plantas.

- El fertilizante que usted utiliza en la temporada debe ser registrado en su cuaderno de registro de campo.

Ejemplo:

El fertilizante Nitrato de Potasio (KNO_3) se disocia en NO_3- (ión negativo) y K^+ (ión positivo)

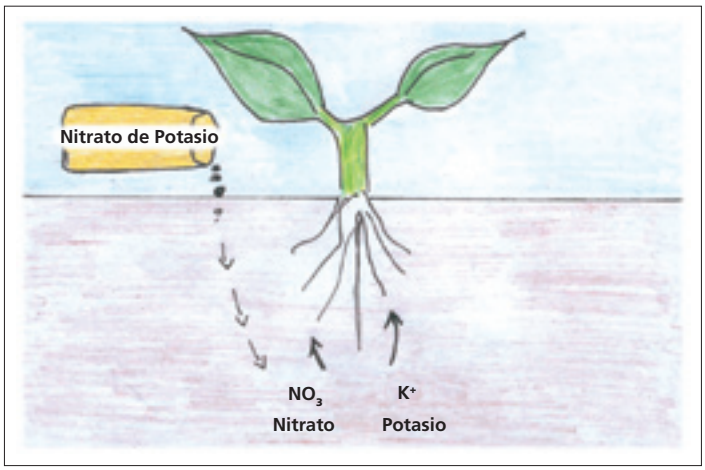


Figura 33

Alguno de estos iones compiten entre si por entrar a la planta desde el suelo.
Este fenómeno se conoce como **antagonismo:**

Cuadro 22. Antagonismo

Ión		Ión	
K^+	Potasio	Ca^{+2}	Calcio
Na^+	Sodio	Mg^{+2}	Magnesio
NH_4^+	Amonio	K^+	Potasio
NH_4^+	Amonio	Ca^{+2}	Calcio
NH_4^+	Amonio	Mg^{+2}	Magnesio
K^+	Potasio	Mg^{+2}	Magnesio
Ca^{+2}	Calcio	Mg^{+2}	Magnesio
Cl^-	Cloruro	$H_2PO_4^{-2}$	Fosfato
Cl^-	Cloruro	NO_3^-	Nitrato
Cl^-	Cloruro	SO_4^{-2}	Sulfato
SO_4^{-2}	Sulfato	NO_3^-	Nitrato

En cambio otros iones se ayudan entre sí para entrar a la planta.
Este fenómeno se conoce como **sinergismo:**

Cuadro 23. Sinergismo

Ión		Ión	
K^+	Potasio	NO_3^-	Nitrato
Mg^{+2}	Magnesio	NO_3^-	Nitrato
NH_4^+	Amonio	NO_3^-	Nitrato
Ca^{+2}	Calcio	NO_3^-	Nitrato

Importante: En razón de lo anterior, al elegir un fertilizante debemos saber qué iones forma al entrar en contacto con el agua.

3.2.2 Organización de un plan de fertilización para los cultivos

I.-Determinar la dosis por hectárea de los nutrientes

$$\text{Dosis (kg/ha)} = \frac{\text{Demanda del cultivo} - \text{Aporte del suelo} - \text{Aporte del agua} \times 100}{\text{Eficiencia de aplicación del nutriente}}$$

Demanda del cultivo

* La demanda del cultivo es la cantidad de nutrientes contenidos en los tejidos (frutos) que serán sacados del huerto. No se consideran hojas, tallos, flores, ni raíces que quedan finalmente en el suelo.

Este valor se puede determinar a través de la siguiente ecuación:

Demanda del cultivo (kg) = Demanda del elemento (kg) por tonelada de fruta x Nivel de producción (ton)

Cuadro 24. Demanda del elemento

Elemento	Demanda (kg) por tonelada de fruta de Palto por hectárea
N	11
P	1
K	7
Ca	1.5
Mg	0.4
Zn	2.5
B	0.05

Ejemplo:
Si mi promedio por hectárea de paltos es 8 ton., entonces necesito 8 x 11 = 88 Kg de N

Cuadro 25. Demanda del elemento

Elemento	Demanda (kg) por tonelada de fruta de Naranjo por hectárea	Demanda (kg) por tonelada de fruta de Limonero por hectárea
N	1.8	1.6
P	0.2	0.2
K	2.7	1.7
Ca	0.7	0.5
Mg	0.2	0.1
Fe	0.003	0.002
Mn	0.0008	0.0004
Zn	0.0014	0.0007
B	0.0028	0.0005

Aporte del suelo
El aporte del suelo se puede determinar por la siguiente formula:

Aporte del suelo (kg/ha) = 0.15 x densidad aparente (gr/cc) x contenido del elemento (mg/kg)

La densidad aparente del suelo corresponde a la relación entre la masa y el volumen de suelo. La densidad aparente (gr/cc) y el contenido del elemento (mg/kg), son obtenidos por análisis de laboratorio a muestras de suelo obtenidas en los primeros 30 cm. del perfil.

Aporte del agua
El aporte del agua de riego se puede determinar por la siguiente fórmula:

Aporte del agua (kg/ha) = (Litros por hectárea/temporada) x (Contenido del elemento (mg/l) x 0.00000015)

El contenido del elemento (mg/l), se puede determinar por análisis de laboratorio a muestras del agua de riego.

Eficiencia de aplicación de los nutrientes.

Cuadro 26. Eficiencia de aplicación de los fertilizantes en porcentaje

Nutriente	Fertilización directa al suelo	Fertirrigación	Foliar
Nitrógeno	50	80	80-90
Fósforo	30	40	80-90
Potasio	40	60	80-90
Azufre	35	80	80-90
Calcio	40	60	80-90
Magnesio	40	60	80-90
Micronutrientes	40	60	80-90

II.- Trasformar el elemento a unidad de nutriente

Cuadro 27. Unidad de nutriente

Elemento	Multiplicar por	Se obtiene
N	1.00	N
P	2.29	P_2O_5
K	1.20	K_2O
Mg	1.65	MgO
Ca	1.39	CaO

La unidad de nutrientes es la composición química de los nutrientes dentro de los fertilizantes.

III.- Determinar los fertilizantes que contienen la unidad de nutriente

IV.-Distribuir los fertilizantes según requerimiento de cada estado fenológico

3.2.3. Programas de fertilización

Cuadro 28. Programa de fertilización de palto con riego tecnificado

Producto	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Nitrato de Magnesio (Kg.)	-	1.7	2.3	0.8	0.8	0.8	-	-
Nitrato de Calcio (Kg.)	-	-	6.7	-	-	-	3.3	3.3
Nitrato de Amonio (Kg.)	1.3	1.3	5.3	1.3	1.3	3.3	3.3	1.3
Nitrato de Potasio (Kg.)	-	5.3	8.0	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Fosfato Monoamónico (Kg.)	0.3	1.0	1.3	2.3	2.7	1.3	0.7	1.7
Sulfato de Zinc (kg.)	0.7	1.0	1.3	1.7	1.7	1.7	1.3	1.0
Acido bórico (Kg.)	-	0.07	0.13	-	-	-	-	0.2

Cuadro 29. Programa de fertilización de palto con riego gravitacional

Producto	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Urea (Kg.)	-	11.0	-	-	5.3	-	11.0
Súper Fosfato Triple (Kg.)	-	-	4.0	4.0	-	-	8.0
Nitrato de Potasio (Kg.)	-	-	13.0	6.7	6.7	6.7	6.7
Sulfato de Zinc (Kg.)	-	2.0	2.0	4.0	2.0	2.0	2.0
Sulfato de Magnesio (Kg.)	-	2.0	2.0	2.0	2.0	-	-
Boronat 32 (Kg.)	-	0.15	-	-	-	-	0.15

Cuadro 30. Programa de fertilización de naranjos con riego tecnificado

Producto	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Nitrato de Magnesio (Kg.)	-	0.4	1.0	0.2	0.2	0.2	-	-
Nitrato de Calcio (Kg.)	-	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Nitrato de Amonio (Kg.)	0.2	0.2	1.5	0.4	0.4	0.4	1.5	0.4
Nitrato de Potasio (Kg.)	-	0.5	0.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0
Fosfato Monoamónico (Kg.)	-	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
Sulfato de Zinc (kg.)	-	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	-	-
Acido bórico (Kg.)	-	0.02		-	-	-	-	0.02

Cuadro 31. Programa de fertilización de naranjos con riego gravitacional

Producto	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Urea (Kg.)	-	2.0	-	-	-	-	2.0
Súper Fosfato Triple (Kg.)	-	-	0.4	0.4	-	-	0.6
Nitrato de Potasio (Kg.)	-	-	6.0	2.0	2.0	1.5	1.5
Sulfato de Zinc (Kg.)	-	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Sulfato de Magnesio (Kg.)	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Boronat 32 (Kg.)	-	0.04	-	-	-	-	0.04

Cuadro 32. Programa de fertilización de limoneros con riego tecnificado

Producto	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Nitrato de Magnesio (Kg.)	-	0.2	0.5	0.1	0.1	0.1	-	-
Nitrato de Calcio (Kg.)	-	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Nitrato de Amonio (Kg.)	-	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
Nitrato de Potasio (Kg.)	-	0.8	1.5	1.5	1.0	0.8	0.8	0.8
Fosfato Monoamónico (Kg.)	-	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
Sulfato de Zinc (kg.)	-	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	-	-
Acido bórico (Kg.)	-	0.004	-	-	-	-	-	0.004

Cuadro 33. Programa de fertilización de limoneros con riego gravitacional

Producto	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Urea (Kg.)		2.0					2.0
Súper Fosfato Triple (Kg.)			0.4	0.4			0.6
Nitrato de Potasio (Kg.)			3.0	2.0	1.5	1.5	1.5
Sulfato de Zinc (Kg.)		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	
Sulfato de Magnesio (Kg.)		0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	
Boronat 32 (Kg.)		0.005					0.005

Nota:
-Estos programas son una referencia y deben ajustarse según tipo de suelo, vigor de los árboles y resultados de análisis foliares.
-Estos programas están hechos para una 1 tonelada, por lo tanto si la producción esperada es otra, debemos multiplicar cada uno de los valores por el nivel de producción. Por ejemplo si el nivel de producción es de 5 toneladas debemos multiplicar cada uno de los valores del programa por 5.

- Su programa de fertilización debe ser anotado en su cuaderno de registro de campo.

3.2.4. Análisis foliar

Objetivo:
Determinar el nivel de nutrientes en los árboles frutales, para ratificar o corregir el programa de fertilización

Metodología
- La muestra debe tomarse de un suelo homogéneo no mayor a 10 hectáreas.
- Deben tomarse muestras separadas para cada variedad existente en el predio
- Si dentro del sector existen árboles con características visuales diferentes, estas deben muestrearse por separado.
- Se deben tomar de 4 hojas por árbol en su periferia (en los 4 puntos cardinales), a una altura aproximada de 1.5 m.
- Si se toman muestra a 25 árboles en equis (X), se juntaran 100 hojas para ser enviadas al laboratorio.
- Finalmente las hojas se colocan en bolsas de papel identificadas y protegidas del sol.

Identificación de muestra
- Propietario
- Rut
- Nombre Predio
- Ubicación del predio (Localidad, pueblo, comuna, región)
- Ubicación dentro del predio (Cuartel u otra identificación)
- Especie
- Variedad
- Edad del frutal

● Todos los análisis deben ser incluidos en su cuaderno de registro de campo.

Cuadro 34. Epoca de muestreo y órgano del árbol que se debe recolectar

Especie	Organo	Epoca de muestreo
Palto	Hoja de 6 a 7 meses de edad, del brote de primavera sin fruto	Marzo - Abril
Naranjo	Hoja de 5 a 7 meses de edad, del brote de primavera sin fruto	Enero a Marzo
Limonero	Hoja recién expandida del brote primaveral, sin fruta	Enero a Marzo

3.2.5. Formas de aplicación de los fertilizantes

La forma como se aplica el fertilizante está en función de diversos factores, tales como el sistema de riego empleado el tipo de nutriente que entregamos a la planta, etc.

FERTIRRIGACION

Fertirrigación es el proceso mediante el cual los fertilizantes son aplicados junto con el agua de riego.

Metodología
1º Determinar el tipo de fertilizante a agregar, en cuanto a:
- Nutrientes que contenga (Nitrógeno, Potasio, Calcio, etc.)
- Solubilidad

Cuadro 35. Solubilidad y fertilizante

Fertilizante	Solubilidad (gr/l)
Nitrato de amonio	1185
Sulfato de amonio	700
Fosfato monoamónico	225
Fosfato diamónico	413
Nitrato cálcico	1020
Nitrato potásico	135
Nitrato Sódico	730
Urea	780
Fosfato monocálcico	Insoluble
Fosfato dicálcico	Insoluble
Superfosfato simple	20
Superfosfato triple	40
Sulfato potásico	67
Sulfato magnésico	700
Sulfato de manganeso	517
Sulfato de cobre	220
Sulfato de hierro	290
Sulfato de cinc	750
Cloruro sódico	360
Cloruro potásico	277
Cloruro cálcico	600
Bórax	25
Yeso	Insoluble

* **Importante:** Los productos de baja solubilidad no deben ser utilizados en fertirrigación. Para determinar la cantidad de agua necesaria para disolver una cierta cantidad de fertilizante se puede emplear la siguiente ecuación.

$$\text{Volumen de agua estanque (Litros)} = \frac{\text{Fertilizante a aplicar (Kg) x 1200}}{\text{Solubilidad del fertilizante (gr/l)}}$$

Como norma práctica se puede establecer que 1 kg de fertilizante se disuelve en 10 litros de agua

Compatibilidad con otros fertilizantes

Algunos fertilizantes al entrar en contacto con el agua y mezclarse, producen precipitados insolubles por una alta afinidad de cargas de los iones que forman.

Cuadro 36

Ión	Ión
Ca^{+2}	HPO_4^{-2}
Ca^{+2}	SO_4^{-2}
Mg^{+2}	SO_4^{-2}
Zn^{+2}	HPO_4^{-2}
Ca^{+2}	BO_3^{-2}

* Como norma general evitar mezclar sulfatos con fertilizantes que contengan calcio o magnesio y fosfatos con fertilizantes que contengan calcio o zinc. También evitar mezclar fertilizantes que contengan calcio con fertilizantes que contengan boro.

2º Determinar la cantidad del fertilizante a aplicar junto con el riego

Para determinar la cantidad de fertilizante, debemos:
- Determinar el requerimiento del nutriente por mes y por hectárea
- Determinar la superficie a regar
- Determinar el requerimiento del nutriente por mes en la superficie a regar
- Conocer el contenido del nutriente en el fertilizante a aplicar
- Determinar el requerimiento de fertilizante por mes en la superficie a regar
- Conocer la cantidad máxima de fertilizante que se puede aplicar en cada riego según estado fenológico

Cuadro 37. Cantidad aplicada de fertilizante en el riego

Estado fenológico	Gramos de fertilizante / litros de agua aplicada
Brotación	0.5
Crecimiento de brotes	1.0
Floración	1.0
Desarrollo del fruto	1.5
Cosecha	-
Postcosecha	1.5

Ejemplo:
Si estamos en la etapa de desarrollo del fruto y vamos a aplicar 2.000 litros de agua durante el periodo de inyección de fertilizante, debemos aplicar como máximo 3.500 g. de fertilizante (2.000 litros x 1.5 g/l)

Para un sector de riego, los litros de agua aplicada es el resultado de multiplicar el número de emisores (goteros o microaspersores) por el caudal (lt/hora) que arrojan durante el tiempo (horas) de inyección del fertilizante. El tiempo de inyección del fertilizante corresponde a la mitad del tiempo de riego, distribuido de la siguiente manera:

- Primer 1/4 de tiempo de riego: aplicación solo de agua de riego
- Segundo 1/4 de tiempo de riego: aplicación de fertilizante junto con el agua de riego
- Tercer 1/4 de tiempo de riego: aplicación de fertilizante junto con el agua de riego
- Cuarto 1/4 de tiempo de riego: aplicación solo de agua de riego

3º Otras operaciones

- Pesar el fertilizante a emplear en cada riego
- Agregar agua hasta la mitad del estanque
- Agregar el fertilizante
- Disolver el producto agitando o revolviendo la mezcla
- La agitación puede ser manual para el caso de recipientes pequeños
- La agitación debe ser mecánica para recipientes de mayor volumen
- Agregar agua hasta completar el volumen requerido
- Agitar nuevamente
- Inyectar la solución al sistema de riego

4º Limpieza de tuberías

La limpieza de las tuberías es específica según el tipo de partícula que se eliminará:

Eliminación de partículas contenidas en el agua de riego
Pasos:
- Abrir tuberías matrices y laterales
- Dejar escurrir el agua por algunos minutos hasta que el agua comience a salir limpia

Eliminación de algas y bacterias
Pasos:
- Inyectar a la red de riego hipoclorito de sodio durante los últimos 10 a 15 minutos de riego
- Dejar el producto en la red de riego entre 8 y 12 horas
- Abrir las laterales y dejar escurrir el agua durante algunos minutos

Dosis: 100 cc de hipoclorito de sodio / m³ de agua de riego.
Los m³ de agua se determinan multiplicando el caudal que arrojan los emisores durante los 10 o 15 minutos que se inyecta el hipoclorito de sodio, por el número de emisores del sector de riego
Hay que recordar que un m³ es equivalente a 1000 litros.

Eliminación de precipitados químicos al interior de las tuberías.
Pasos:

- -Inyectar a la red de riego ácido (fosfórico o sulfúrico) durante los últimos 10 a 15 minutos de riego
- -Dejar el producto en la red de riego entre 8 y 12 horas
- -Abrir las laterales y dejar escurrir el agua durante algunos minutos

Dosis: 22.5 cc. de acido fosfórico por metro cúbico de agua de riego
Dosis: 28.0 cc. de acido sulfúrico por metro cúbico de agua de riego
Estas dosis disminuyen en 1.5 el pH del agua. Para lograr una dosis exacta se debe enviar una muestra de agua de riego a análisis de laboratorio.

APLICACION DIRECTA AL SUELO (Riego por surco y tendido)

El fertilizante debe ser aplicado el la parte final del riego con la última lamina de agua, para que el fertilizante baje a la zona de raíces (figura 34).

Cada dosis dividirla en dos mitades iguales y aplicar una a cada lado del árbol, distribuyéndola en todo el largo del surco frente a cada árbol (1 metro).

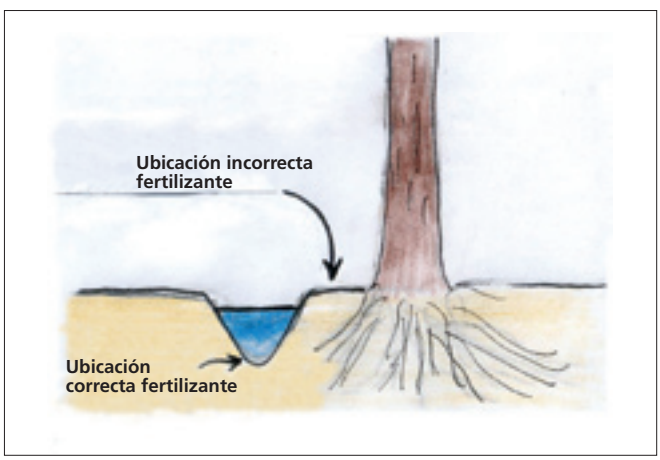


Figura 34

Elementos de baja movilidad como Fierro y Fósforo pueden incorporarse a más profudidad en el suelo, haciendo hoyos alrededor del tronco.

APLICACION FOLIAR

Es la aplicación de fertilizantes al follaje que penetran a la hoja por su epidermis y estomas.
Estas aplicaciones deben hacerse durante el día, temprano en la mañana o en la tarde, nunca en las horas de mayor calor del día.

La solución asperjada debe tener un pH entre 6.5 y 6.8, y una concentración no superior al 1%, es decir como máximo 1kg. de fertilizante por 100 litros de agua.

La fertilización foliar está enfocada principalmente a la aplicación de microelementos.

Es importante llevar un registro de la fertilización realizada:

Cuadro 38. Registro de fertilización

Predio..... Sector..... Superficie..... Fecha(dd/mm/aa).....	Producto Aplicado	Vía Aplicación: - Suelo - Foliar - Fertirrigación	Cantidad (Kg)	Nombre del Aplicador

Esta ficha puede ser incluida en su cuaderno de registro de campo.

Anexos

Tabla 1. Superficie de Riego y Secano Valle de Peumo, según capacidad de uso de suelo

Capacidad de Uso	Hectáreas	Subtotal
I riego	4144.2	
II riego	7075.1	
III riego	4956.1	
IV riego	1888.9	18064.3 Riego
I secano	0.0	
II secano	0.0	
III secano	0.0	
IV secano	0.0	0.0 Secano
V secano	0.0	
VI secano	3259.8	
VII secano	39113.1	
VIII secano	1057.7	43430.6 Secano
	TOTAL Riego -Secano	**61494.9**

Tabla 2. Características hídricas de algunas series de suelos del Valle de Peumo

Comuna	Sector	Serie de Suelo	Capacidad de Uso	Textura	Capacidad de Campo CC %	Punto marchitez permanente PMP %
Peumo	La Cantera	La Lajuela	VII	Franco arenoso	23.9	12.9
Peumo	Aguas Claras	La Rosa	II	Franco arcilloso	26.7	18.6
Peumo	Rosario Cerro	La Rosa	II	Franco arcilloso	19.1	10.3
Peumo	Rosario Río	La Rosa	II	Franco arcilloso	21.9	13.6
Las Cabras	La Esperanza	La rosa	II	Franco arcilloso limoso	23.6	14.8
Peumo	Codao Río	La Rosa	II	Franco arcilloso	23.1	20.4
Peumo	Codao Cerro	La Rosa	II	Franco	20.1	11.6
Las Cabras	La Esperanza	Lo Vásquez	VI	Franco arenoso	10.4	60.4
Las Cabras	Las Cabras	Pataguas	I	Franco arcilloso limoso	25.3	16.8
Peumo	Concha y Toro	Pataguas	II	Franco arcilloso	15.6	7.1
Peumo	Codao	Peumo	II	Franco	20.3	11.3
Las Cabras	Las Cabras	Peumo	II	Franco	19.3	10.6
Peumo	Codao Río	Peumo	II	Franco arcilloso	25.0	15.5
Peumo	Aguas Claras	Peumo	I	Franco arcilloso limoso	26.2	21.7
Las Cabras	Las Cabras	Peumo	III	Franco arcilloso limoso	28.7	20.9
Peumo	Rosario Río	Peumo	II	Franco arcilloso	22.5	12.3
Peumo	Codao Río	Peumo	II	Franco arcilloso limoso	26.2	17.8
Peumo	Rosario Río	Peumo	II	Franco arcilloso limoso	24.2	18.7
Peumo	La Granja	Peumo	II	Franco arcilloso	24.1	12.3
Peumo	Los Eucaliptus	Peumo	II	Franco arcilloso	23.1	16.7
Peumo	Sofruco	Peumo	II	Franco arcilloso arenoso	15.8	9.3
Peumo	Codao Cerro	Pimpinela	II	Franco arcilloso limoso	23.1	14.4
Peumo	Codao Río	San Vicente	III	Franco limoso	19.6	13.4
Peumo	Cancha Carrera	Terraza Aluvial	IV	Franco arcilloso limoso	24.1	12.3
Peumo	Los Molinos	Terraza Aluvial	IV	Franco arenoso	20.4	13.5

3. Características de las clases de uso de suelo:

Esta clasificación se basa en la capacidad de los suelos para sustentar actividades agropecuarias. Se dividen de acuerdo a sus potenciales y limitaciones para la producción de cultivos en una zona determinada, para mantener vegetación permanente. Según estos criterios existen varias categorías de suelos arables. Las características principales, de acuerdo a su capacidad de uso, son:

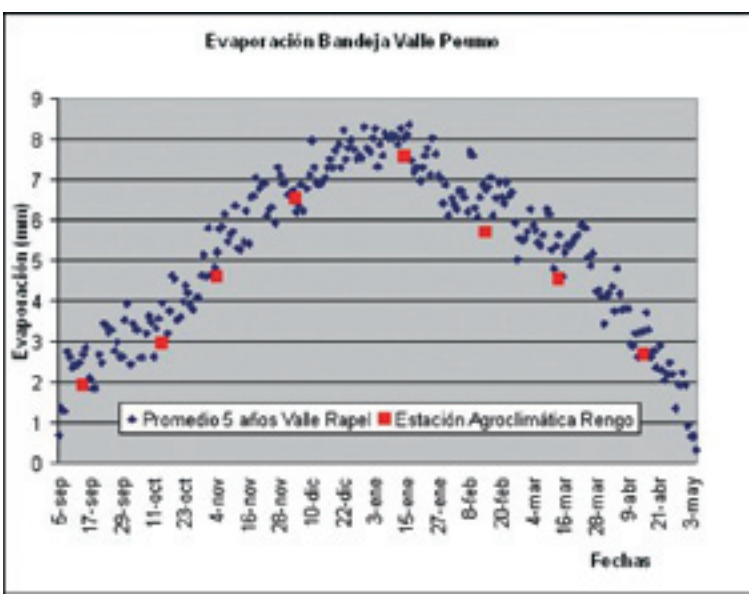
Clases I a III:
Son suelos arables, de buena calidad para los cultivos, con poco o nula pendiente, ofrecen una adecuada productividad y prácticamente no tienen limitaciones de uso. Se encuentran en general en las llanuras y valles del país.

Clases IV y V:
Estos suelos se localizan en terrenos que presentan serias limitaciones para el cultivo. En general los suelos clase IV poseen una pendiente moderadamente pronunciada, con pedregosidad, clima riguroso viento o frío.

Clase VI y VII:
Son suelos no arables, con serias limitaciones para los cultivos y principalmente destinados a la forestación o ganadería. Se localizan en terrenos de mayor pendiente, asociados a los cordones de la Cordillera de la Costa y Pre-cordillera de los Andes.

Clase VIII:
Son suelos que no poseen potencial para ningún fin agrícola o forestal, debido a sus severas limitaciones originadas por sus altas pendientes. Son suelos destinados a usos como vida silvestre, recreación, y protección de cuencas hidrográficas. Se localizan generalmente, en los cauces de los ríos y zonas húmedas.

4.- Tabla 3. Promedios de evaporación bandeja en el Valle de Peumo entre los meses de septiembre y mayo. Estación agroclimática Rengo.



Bibliografía

- Ferreyra, R. 1989. Curso de tecnificación de riego a nivel predial. INIA. Santiago, Chile.

- Gil, G. 2000. Fruticultura, la Producción de frutas. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

- Honorato, R. 1999. Manual de Edafología. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

- Martínez, L. 1998. Manual de fertirrigación. INIA. Santiago, Chile.

- Medina, J. 1997. Riego por goteo. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España.

- Rojas, C. 2002. Tecnologías prácticas en el manejo de los recursos naturales para la recuperación de los suelos degradados. INIA. Santiago, Chile.

- Soquimich. 2001. Agenda del Salitre. Santiago, Chile.

- Vinilit- Duratec. Línea de Presión. Boletín Técnico. Santiago, Chile.

- www.sinia.cl

Visítenos en:
www.citricosypaltos.cl

Derechos Reservados. Registro de Propiedad Intelectual en trámite. Prohibida su reproducción total o parcial sin expresa autorización de FDF.