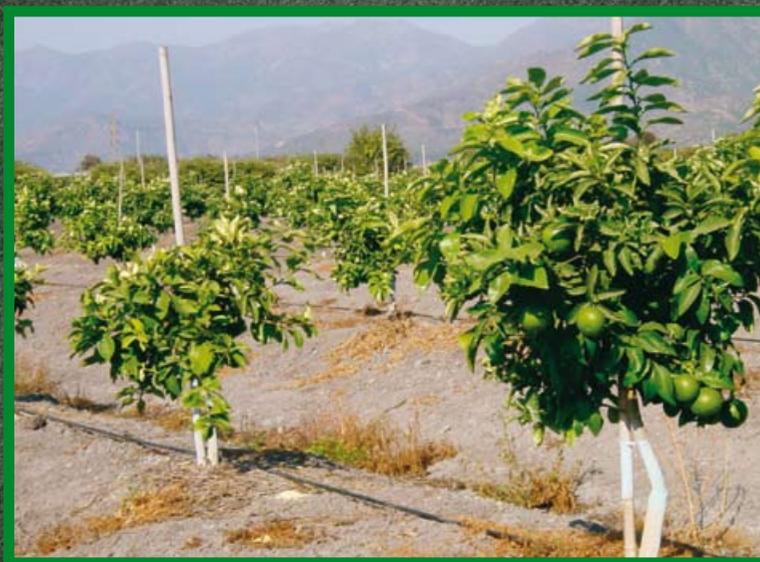


Manuales FIA de Apoyo a la
Formación de Recursos Humanos
para la Innovación Agraria

Manejo de agua en frutales



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola
Departamento de Recursos Hídricos

Manuales FIA de Apoyo a la Formación de Recursos Humanos para la Innovación Agraria

PARA PEQUEÑOS(AS) PRODUCTORES(AS) DE LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA

Manejo de agua en frutales



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería Agrícola
Departamento de Recursos Hídricos

MANUAL

Manejo de agua en frutales

Dirigido a pequeños(as) productores(as) pertenecientes
a la Agricultura Familiar Campesina

Registro de Propiedad Intelectual N° 168.567

ISBN N° 978-956-7874-72-9

Santiago, Chile
Diciembre de 2007

Fundación para la Innovación Agraria - Universidad de Concepción

AUTORA:

Ximena Orrego V.

Ingeniero Civil Agrícola
Facultad de Ingeniería Agrícola
Universidad de Concepción (campus Chillán)

DISEÑO GRÁFICO

Guillermo Feuerhake

CORRECCIÓN

Oscar Aedo I.

IMPRESIÓN

Salviat Impresores

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida,
siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.



Contenidos

Prólogo.....	5
Introducción	7
<hr/>	
CAPÍTULO I.	
Relaciones hídricas en frutales	
1.1. Evaporación en frutales	9
1.2. Necesidades hídricas en frutales.....	16
1.3. Relaciones agua-producción en frutales....	18
1.4. Patrones de extracción de agua	19
<hr/>	
CAPÍTULO II.	
Métodos de riego en frutales	
2.1. Antecedentes básicos del suelo.....	23
2.2. Selección de métodos de riego para frutales	26
2.3. Eficiencia o calidad del riego	29
2.4. Fertirrigación para frutales	30
2.5. Programación del riego.....	32
<hr/>	
CAPÍTULO III.	
Drenaje	
3. Aspectos básicos de drenaje y su impacto en la producción frutícola	35
<hr/>	
CAPÍTULO IV.	
Sustentabilidad de la calidad del recurso hídrico	
4. Riego y contaminación	39
<hr/>	
Bibliografía	42
<hr/>	

Prólogo

En el esfuerzo permanente por fortalecer la agricultura del país como una actividad fundamental no sólo desde el punto de vista económico, sino también desde la perspectiva de un desarrollo territorial socialmente justo y ambientalmente sustentable, la innovación ha tomado una importancia creciente en las políticas sectoriales y en la gestión del Ministerio de Agricultura. En concordancia con ello, se han redoblado también los esfuerzos de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), en su objetivo de impulsar la innovación en las distintas actividades de la agricultura del país.

En este sentido, se ha entendido que el fortalecimiento de los procesos de innovación tecnológica requiere fortalecer también las capacidades de todas las personas que intervienen en dicho proceso. Así, la Fundación para la Innovación Agraria, a través de sus iniciativas de formación, ha orientado una parte de sus esfuerzos en financiar la ejecución de diversos cursos, para distintos públicos objetivos, en una amplia gama de temas productivos vinculados con el sector.

Específicamente, durante el año 2006, FIA llevó a cabo la ejecución de cursos dirigidos a profesionales, técnicos, profesores de Liceos Técnicos Profesionales de especialidad agropecuaria, y representantes de la Agricultura Familiar Campesina. Como resultado de estos cursos se elaboraron diversos manuales, en temas tan diversos como producción ovina, compostaje, elaboración de queso, producción de flores y manejo de agua en frutales.

La Fundación para la Innovación Agraria, consciente de la importancia que tiene para los actores del sector agrícola nacional acceder a información de calidad sobre diversos temas, se propuso editar, publicar y distribuir los manuales elaborados en el marco de los cursos de formación realizados el año 2006.

Específicamente, los manuales que FIA pone a disposición de los actores del sector agrícola son los siguientes:

1. Manual dirigido a profesionales y técnicos:

- “Producción ovina: desde el suelo a la gestión”

2. Manuales dirigidos a productores pertenecientes a la Agricultura Familiar Campesina:

- “Manejo de agua en frutales”
- “Utilización de leche de vaca, cabra y oveja en la pequeña empresa”
- “Elaboración de queso chanco en la pequeña empresa”
- “El compostaje y su utilización en agricultura”
- “Producción de flores cortadas, V Región”
- “Producción de flores cortadas, IX Región”

3. Manuales dirigidos a profesores de la enseñanza media técnico profesional de especialidad agropecuaria:

- “Manejo de agua en frutales”
- “Producción ovina”
- DVD complementario al manual de “Producción ovina”
- DVD “Metodología de la enseñanza de técnicas de elaboración de queso chanco”

Finalmente, es importante señalar que estos manuales estarán disponibles para consulta en cada uno de los Centros de Documentos que FIA tiene en el país, y que también será posible acceder a ellos a través del sitio web de la Fundación.

Introducción

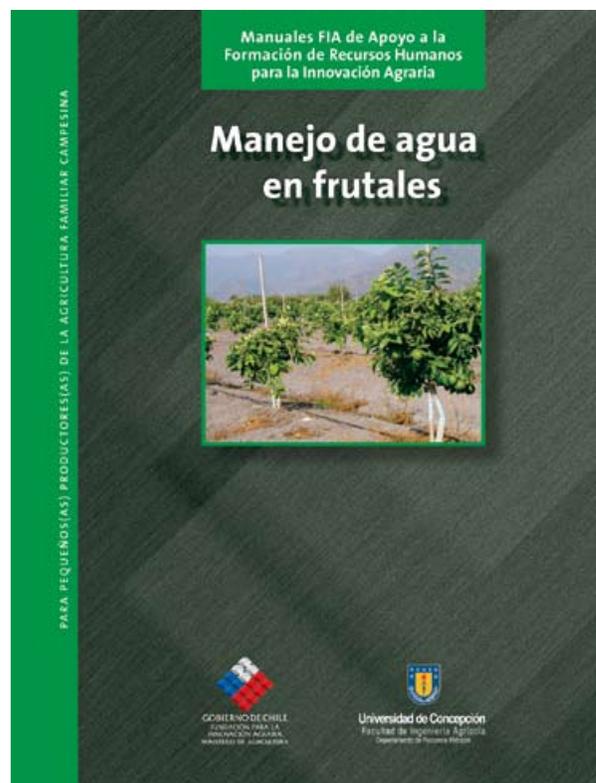
El clima privilegiado y la ubicación estratégica de nuestro país son dos elementos fundamentales en las características de nuestra producción frutícola. Noches frías y días calurosos típicos de la zona central otorgan los requerimientos necesarios de horas de frío para la producción frutícola. Por otra parte, la ubicación geográfica permite ofrecer productos frescos, de alta calidad, a los países consumidores ubicados en el Hemisferio norte cuando se ha terminado la producción local.

Los tratados de libre comercio firmados otorgarán posibilidades excepcionales para que nuestros productores puedan entregar mayor cantidad de producto, en la medida que estos cumplan con los estándares de calidad que se exijan. Ello significa entonces que, ahora más que nunca, los agricultores deberán hacer esfuerzos especiales para manejar en forma óptima los distintos factores que inciden en la producción.

La experiencia indica que entre todos los factores productivos que controla un agricultor, el riego es uno de los cuales en que existe el mayor descuido y falta de conocimiento en cuanto al efecto que tiene el mal manejo del agua, tanto en la cantidad como en la calidad del producto que se desea obtener.

No obstante la importancia que reviste como factor de producción, el uso y manejo del agua de riego a nivel predial es uno de los aspectos de la actividad agrícola nacional aún muy deficitario en cuanto a oportunidad, cantidad de agua aplicada y calidad del riego.

Considerando los aspectos indicados anteriormente, el objetivo general de este Manual de Manejo de Agua en Frutales es presentar y desarrollar los conceptos relacionados con el uso sustentable y manejo óptimo de los recursos hídricos.



CAPÍTULO I. Relaciones hídricas en frutales

1.1. Evaporación en frutales

¿Qué son las plantas?

Son los únicos seres vivos capaces de captar la energía del sol para fabricar materia orgánica y liberar oxígeno. Las plantas nos proporcionan alimentos, medicinas, madera, combustible y fibras, y lo más importante es que son capaces de fabricar su propio alimento.

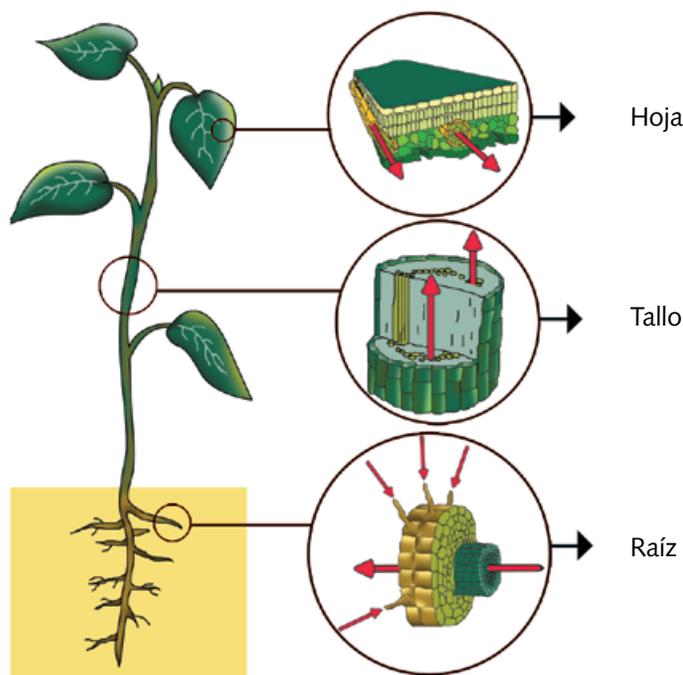
Las plantas están formadas por tres partes, la raíz, el tallo y las hojas (Figura 1). La raíz tiene pelos absorbentes que la planta utiliza para tomar agua y nutrientes (estos nutrientes pueden ser utilizados sólo si están disueltos en agua). El agua sube a través del tallo, repartiéndose por las hojas, flores y frutos. El

exceso de agua que ha servido para transportar los nutrientes es evaporado y expulsado a través del proceso de transpiración. La transpiración es la salida de vapor de agua por unos poros llamados estomas, situados en las hojas.

¿Qué es la fotosíntesis?

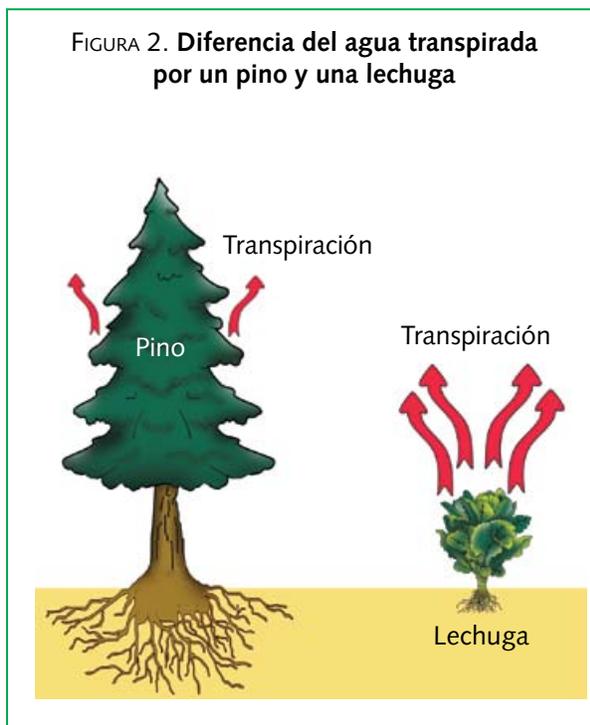
La fotosíntesis es un proceso muy importante que realizan las plantas. Como se mencionó anteriormente, la planta absorbe nutrientes desde el suelo y lo que hace el proceso de fotosíntesis es transformar esos nutrientes minerales en materia orgánica, o sea, los transforma en alimentos. Se debe tener presente que las plantas para producir alimentos necesitan mucha agua, porque sin este vital elemento la planta puede morir.

FIGURA 1. Movimiento de agua en partes de la planta (raíz, tallo y hoja)



¿Todas las plantas transpiran la misma cantidad de agua?

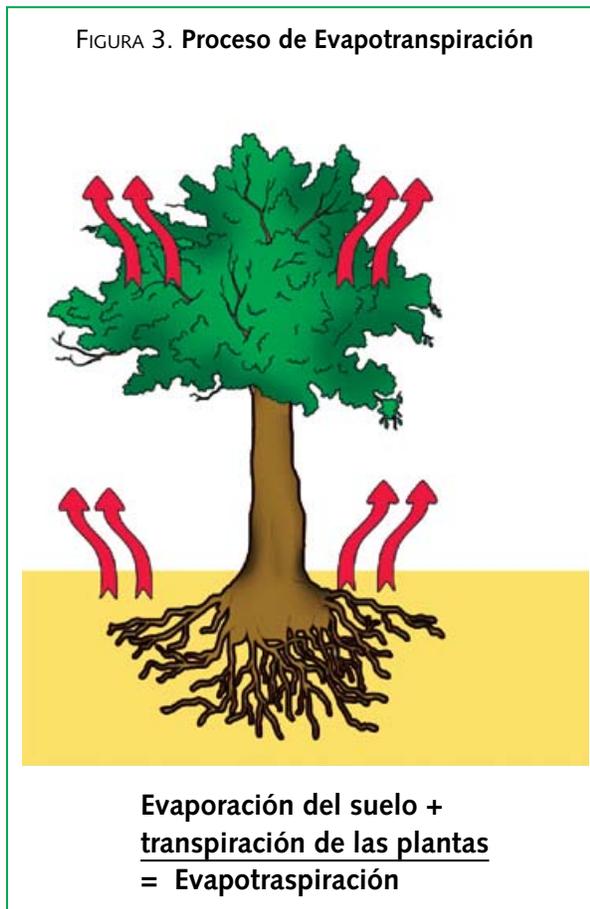
La cantidad de agua que expulsa una planta por transpiración varía mucho una de otra, depende de la especie, tamaño, agua disponible en el suelo y de las condiciones climáticas. Por ejemplo, una planta de hoja ancha y fina como la lechuga, transpira más agua que las de hoja estrecha como el pino y la tuna (Figura 2). Un sauce, álamo o eucaliptos de gran tamaño puede transpirar cientos de litros de agua al día, colaborando en secar los suelos húmedos en exceso.



Ahora veremos qué pasa con la evaporación del agua cuando juntamos la planta con el suelo, proceso llamado evapotranspiración. La importancia de conocer este proceso es para poder estimar la cantidad de agua que necesita un cultivo.

¿Qué es la evapotranspiración?

Evapotranspiración es el término usado para referirse al agua transpirada por el frutal más la evaporada directamente desde la superficie del suelo (Figura 3).



Las plantas, como todo ser vivo, requieren de agua para vivir. El agua cumple diversas funciones, como por ejemplo, regular la temperatura interna del vegetal.

¿Cómo regula la planta su temperatura interna?

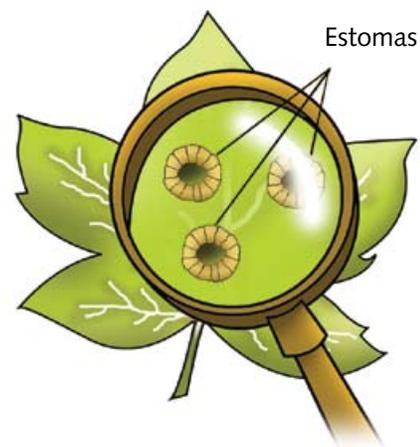
Cuando hace calor, la planta no tiene posibilidad de ponerse a la sombra como lo haría un animal, o beber agua o un refresco como lo haríamos nosotros. La evaporación de agua desde las hojas, proceso conocido como transpiración, ayuda a controlar la temperatura interna de la planta.



En días calurosos, la planta tiene que evaporar más agua para evitar un aumento excesivo de la temperatura interna. Si el suelo está húmedo, el agua pasa desde el suelo a la planta a través de las raíces y luego es conducida hacia las hojas donde se evapora a través de los estomas.

¿Qué son los estomas?

Los estomas son pequeñas "ventanas" que posee la hoja para el intercambio de sustancias como por ejemplo, oxígeno, anhídrido carbónico y vapor de agua.



¿Qué pasa cuando la planta no se riega?

Cuando el suelo tiene poca humedad, el flujo de agua se hace lento y puede detenerse. En ese momento, la planta cierra los estomas y detiene la fotosíntesis (fabricación de alimentos) hasta que se produzcan mejores condiciones ambientales (descenso de la temperatura ambiental). Por lo tanto, el agua es un factor muy importante para la producción de alimentos (fotosíntesis).



Al regar todos los días, se repone el agua utilizada por la planta en el proceso de transpiración, más la que se evapora directamente desde el suelo (Proceso de evapotranspiración), y por lo tanto **la planta crece y se desarrolla**.



¿Cuándo hay mayor evapotranspiración?

- Con altas temperaturas (la planta necesita consumir más agua que en días más fríos).
- Con viento (cuando hay viento la planta consume mayor agua que en días sin viento).
- Con baja humedad del ambiente (Cuando hay poca agua en el aire, significa que el aire está más seco, por lo tanto, la planta necesita mayor cantidad de agua).
- Con días soleados (Cuando el día está caluroso y además con altas temperaturas la planta necesitará mayor cantidad de agua).

Nota: Es importante mencionar que el consumo de agua de un frutal varía dependiendo de la especie, de la variedad y en el estado de desarrollo en que se encuentren (por ejemplo, si la planta se encuentra con sus primeros brotes necesitará menos agua que cuando está formando sus frutos). También influye la época del año. En verano, un frutal requiere más agua que en invierno o primavera.

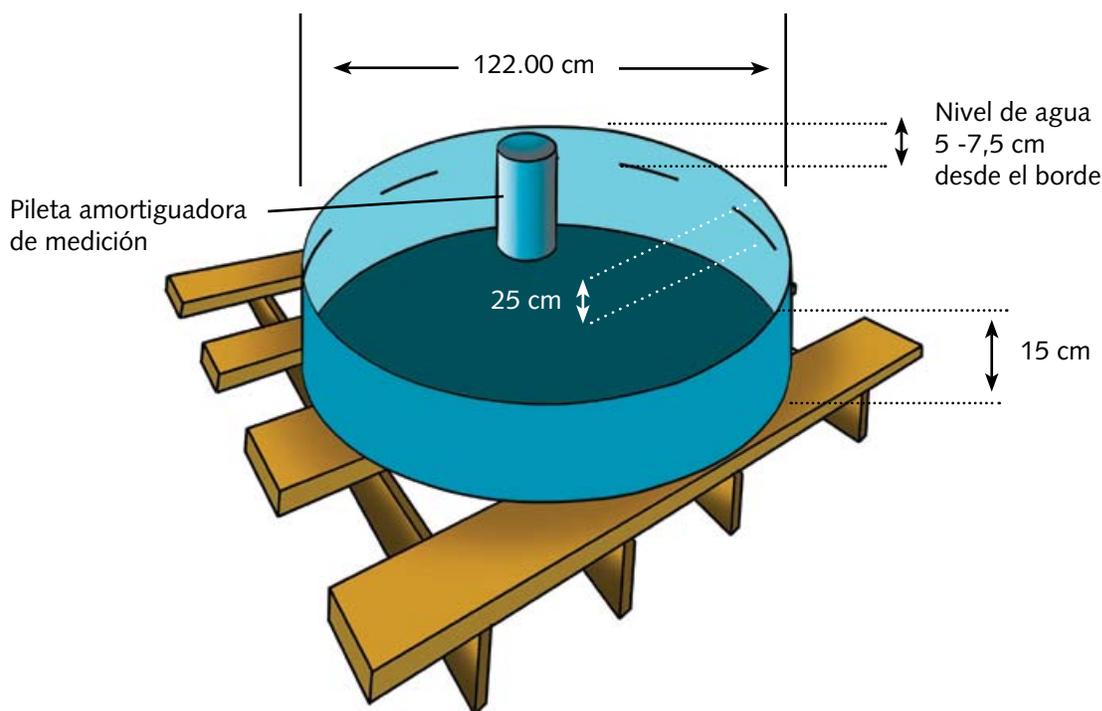
¿Cómo se puede estimar el consumo de agua de una planta?

Para estimarla, lo más sencillo es utilizar el método del Evaporímetro de Bandeja Clase A, ya que es una buena forma de juntar los factores climáticos que afectan a la planta (radiación solar, velocidad del viento, temperatura y humedad del aire). Lo que se trata de medir con una bandeja Clase A es la evaporación del agua y representa la cantidad de agua máxima que se evapora o la cantidad de agua máxima que puede perder una planta.

¿Cómo se construye el evaporímetro de bandeja Clase A?

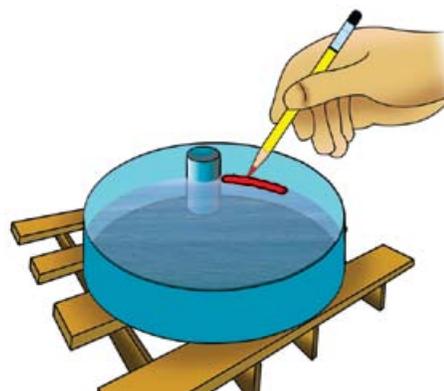
La bandeja Clase A es un recipiente cilíndrico de lata galvanizada de 122 centímetros de diámetro y 25 centímetros de altura, colocado sobre apoyos de madera que descansan sobre el suelo, como se presenta en la Figura 4. El fondo del estanque debe tener una diferencia de altura de 15 centímetros con respecto a la superficie del suelo y se debe llenar con agua limpia, procurando mantener el nivel a una distancia de 5 a 7,5 centímetros del borde.

FIGURA 4. Bandeja de evaporación clase A



¿Cómo medimos la evaporación desde la bandeja Clase A?

Llenar y marcar un determinado nivel de agua dentro del estanque, que servirá de punto de referencia para la medición.



Cada día se llenará el estanque hasta el nivel establecido.



Para la medición se utilizarán envases de 1 y 0,1 litro; cabe destacar que el volumen de agua puede ser expresado en altura de agua, así: un litro de llenado equivale a un milímetro de evaporación en el estanque.



Nota: Es importante que la bandeja se mantenga limpia y que diariamente se llene hasta el nivel de agua que se haya elegido.

Una vez que hemos medido la evaporación, que corresponde a la cantidad máxima de agua evaporada, podemos estimar la evapotranspiración. Para esto, debemos multiplicarla por un factor de bandeja que varía entre 0,6 a 0,8 para condiciones normales de verano (vientos moderados y humedad relativa entre 40 y 50%).

En general, el factor de bandeja varía dependiendo del clima y de la vegetación cercana, por ejemplo, si usamos el factor de 0.6 la cantidad de agua que apliquemos a la planta será menor que si usamos un factor de 0.8, esta elección queda a criterio del agricultor.

En el Cuadro 1 se dan valores de evapotranspiración en milímetros/día (mm/día) y a cuánto equivale en metros cúbico de agua por hectárea de terreno (m³/ha), esto según el factor de bandeja y la evaporación de bandeja que se haya medido.

CUADRO 1 . Evapotranspiración y m³/ha, según el factor de bandeja y la evaporación de bandeja

Evaporación de bandeja (mm/día)	Factor de bandeja	Evapotranspiración (mm/día)	m ³ /ha
3	0.8	2.4	24
	0.7	2.1	21
	0.6	1.8	18
4	0.8	3.2	32
	0.7	2.8	28
	0.6	2.4	24
5	0.8	4	40
	0.7	3.5	35
	0.6	3	30
6	0.8	4.8	48
	0.7	4.2	42
	0.6	3.6	36
7	0.8	5.6	56
	0.7	4.9	49
	0.6	4.2	42
8	0.8	6.4	64
	0.7	5.6	56
	0.6	4.8	48
9	0.8	7.2	72
	0.7	6.3	63
	0.6	5.4	54

Ejemplo:

Si la medición de la evaporación en la bandeja correspondió a 8 mm/día y el factor a utilizar es 0,8, la evapotranspiración de referencia será de 6.4 mm/día. Un milímetro es igual a 1 litro de agua por metro cuadrado de suelo. Por lo tanto, este valor es equivalente a 64 metros cúbicos de agua por hectárea.

Nota: En el cuadro se detalla que, dependiendo del factor por el cual multipliquemos, la cantidad de agua que debemos aplicar será mayor o menor. Por ejemplo, si la evaporación es de 3 mm/día y aplicamos un factor de 0,8, los m³/ha serán 24, en cambio, si aplicamos un factor de 0,6 deberemos aplicar 18 m³/ha.

Una vez estimada la cantidad de agua máxima que necesita un frutal, debemos conocer la cantidad de agua que necesita el frutal a lo largo de la temporada.

¿De qué depende la cantidad de agua que necesita una planta?

1. Del estado de desarrollo del frutal (cuando tiene sus primeras hojas la cantidad de agua que necesita es menor que cuando están creciendo sus frutos).
2. Edad del frutal (la cantidad de agua que necesita un frutal recién plantado será menor que un frutal de 3 años).

3. Condiciones climáticas (la cantidad de agua aplicada a un frutal en el mes de septiembre será menor que en enero, mes de máxima radiación y temperaturas altas).

¿Cuáles son las técnicas para determinar el estado hídrico del frutal?

Para determinar el estado de agua en la planta, o estado hídrico, existen las mediciones directas (en la planta) y las mediciones indirectas (en el suelo).

a) Mediciones directas. El equipo que frecuentemente se utiliza para medir el estado de agua en la planta es la cámara de presión o bomba Scholander (Foto 1).



Foto 1. Bomba Scholander

El uso de instrumentos, como la bomba Scholander, nos da más seguridad, la idea principal de usar estos equipos es para no correr riesgos y esperar que aparezcan síntomas visuales. La planta puede estar sufriendo una falta de agua y puede dañarse en forma irreversible.

b) Mediciones indirectas. Para establecer la humedad usando el suelo como indicador del estado hídrico de la planta existen diversos métodos. El más sencillo y económico es por apreciación visual y al tacto.

Este método consiste en tomar muestras de suelo con un barreno, a distintas profundidades, y con apoyo de una pauta de campo, que define las sensaciones a las distintas texturas, se determina su contenido de humedad (Foto 2). Este método no es exacto, pero con experiencia, se obtiene estimaciones con un 15 a un 20 por ciento de error.



Foto 2. Muestra de suelo a través de un barreno

En el Cuadro 2 se señala una pauta para estimar por sensaciones visuales y de tacto, en forma aproximada, la humedad del suelo tomando una muestra con un barreno. (Términos explicados en el Capítulo II).

¿Cómo utilizar el Cuadro 2?

1. Saque una muestra de suelo con un barreno o con una pala.

2. Tome un poco de esa muestra y empiece a formar una bola en su mano. Si la muestra se moldea fácilmente y se adhiere a la mano, entonces vamos al Cuadro 2 y buscamos a qué textura y humedad aprovechable corresponde.

Nota: Los conceptos Humedad Aprovechable, CC y PMP que aparecen en el Cuadro 2 se verán con mayor detalle en el Capítulo II.

CUADRO 2. Pauta para estimar por sensaciones visuales y de tacto la humedad del suelo

Humedad aprovechable	Textura gruesa	Textura gruesa moderada	Textura media	Textura fina o muy fina
100% (CC)	Al comprimir una bola de suelo, deja huella húmeda en la mano.	Al comprimir una bola de suelo, deja huella húmeda en la mano.	Al comprimir una bola de suelo, deja huella húmeda en la mano.	Al comprimir una bola de suelo, deja huella húmeda en la mano.
75 a 100%	Tiende a pegarse ligeramente. Permite formar una bola que se disgrega fácilmente.	Permite formar una bola que se disgrega fácilmente. No se adhiere a la mano.	Permite formar una bola que se moldea fácilmente. Muy adhesiva a la mano.	Se forma un cilindro con facilidad al amasarla entre los dedos. Muy adhesiva.
50 a 75%	Seco en apariencia. No se puede formar una bolita al presionarlo.	Al presionarla tiende a formar una bola, pero no mantiene su forma.	Permite formar una bolita, relativamente plástica. Algo adhesiva al presionarla fuerte.	Se forma bolita o pequeño cilindro al amasarla entre los dedos.
25 a 50%	Seco en apariencia. No se puede formar una bolita al presionarlo.	Seco en apariencia. No se puede formar una bolita al presionarlo.	Algo desmenuzable, pero se une al someterlo a presión.	Relativamente moldeable, forma bola al presionarla con fuerza.
0 a 25% (0% PMP)	Seco, suelto, granulado se escurre entre los dedos.	Seco, suelto, se escurre entre los dedos.	Pulverulento, seco, fácilmente desmenuzable.	Duro, compactado, agrietado, con terrones en la superficie.

CC: Contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (luego de un riego, el suelo se deja drenar por 24 horas); PMP: Contenido de humedad del suelo a punto de marchitez permanente (suelo muy seco, la planta puede marchitarse).

1.2. Necesidades hídricas en frutales

Como se ha mencionado anteriormente, todo frutal requiere de una cantidad de agua determinada para crecer, desarrollarse y producir, pero no toda el agua que se aplica en un riego, o que es aportada por las lluvias es utilizada por ellos.

Para que la planta aproveche la máxima cantidad de agua es necesario conocer algunos factores ambientales, como el suelo y el clima, donde la planta se desarrolla.

A continuación se explicarán cuáles son las necesidades de agua netas y brutas de los frutales.

A modo de ejemplo, se entiende como necesidad neta aquella cantidad de agua que utiliza la planta en transpiración y el suelo en evaporación, por lo tanto, corresponde a la evapotranspiración.

Se entiende por necesidad bruta aquella cantidad de agua que se aplica a la planta considerando las pérdidas y la eficiencia del sistema de riego. Por lo tanto, la necesidad bruta será mayor que la necesidad neta de agua.

¿Cuáles son las necesidades hídricas netas de los frutales?

Las necesidades hídricas netas es la cantidad de agua usada por la planta, en transpiración y crecimiento, y además el agua que se evapora directamente desde el suelo (agua de rocío y lluvia). Se expresa normalmente en milímetros por día o por mes.

¿Cuáles son los factores que determinan las necesidades netas de las plantas?

Los factores que determinan la cantidad de agua usada por las plantas (necesidades netas) están definidos por la planta en sí (tipo de frutal y su variedad, estado de desarrollo, profundidad del sistema radicular) y por el clima.

a) Factores de la planta

a) Variedad: Es importante conocer las necesidades de agua de cada variedad y la época recomendada para la plantación, con esto el agricultor puede disminuir los riesgos que existen cuando estamos en un periodo crítico del frutal (donde no puede faltar el agua).

b) Porcentaje de cobertura del frutal: Está dado por la cantidad de follaje (hojas) con relación a la superficie total del suelo. Varía de acuerdo al frutal (de hoja caduca o perenne) y a su estado de desarrollo. A mayor desarrollo del frutal, mayor es el porcentaje de cobertura y mayores son sus necesidades de agua.

c) Desarrollo del sistema radicular del frutal: La distribución y profundidad del sistema radicular de un frutal determinan el volumen o cubo de suelo desde el cual puede extraer agua. Por ejemplo, si las raíces ocupan mayor cantidad de suelo el agua que extraerán será mayor.

¿De qué factores depende el crecimiento radicular en el suelo?

- De las características de la planta y de su estado de desarrollo. Por ejemplo, el desarrollo radicular de un frutal de 3 años será mayor que el de 1 año.
- De las condiciones físicas del suelo donde el frutal se desarrolla. Por ejemplo, la presencia de estratas duras o compactadas limita el desarrollo de las raíces en profundidad, lo mismo ocurre con la presencia de niveles freáticos (napas) en el interior del suelo.
- Del manejo del agua de riego. Normalmente riegos frecuentes y poco profundos tienden a concentrar las raíces cerca de la superficie, en cambio riegos profundos y distanciados favorecen el desarrollo de las raíces en profundidad.

b) Factores climáticos

Las características del clima que afectan la cantidad de agua que necesitan las plantas son la radiación, la temperatura, humedad del aire, el viento y las precipitaciones. En la Figura 5 se esquematizan los factores climáticos que afectan la cantidad de agua que necesitan las plantas.

a) Radiación solar: A mayor radiación o luminosidad, mayor evaporación, por lo tanto, la cantidad de agua que necesitan las plantas es mayor.

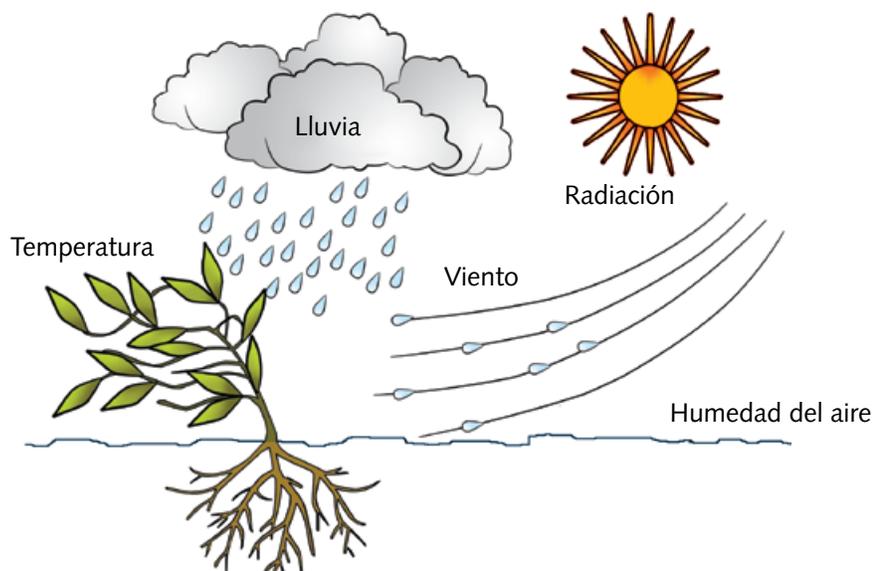
b) Vientos: A mayor velocidad del viento, la superficie del suelo se seca más rápido y las plantas transpiran más, aumentando así su necesidad de agua.

c) Temperatura: En los días calurosos las plantas transpiran más que en días con temperaturas más bajas, por lo que la cantidad de agua que necesitan será mayor.

d) Humedad del aire: Mientras más seco es el aire, las plantas pierden más agua.

e) Precipitaciones: Influyen directamente entregando al suelo, parte del agua consumida por las plantas. Son útiles sólo lluvias sobre 10 milímetros.

FIGURA 5.
Factores climáticos
que afectan la cantidad
de agua que necesitan
las plantas



¿Cuáles son las necesidades hídricas brutas de los frutales?

Las necesidades brutas corresponden a las necesidades netas afectadas por la eficiencia de los métodos de riego utilizados.

Deben tener presente que cuando se aplica agua al predio no es posible lograr un 100% de eficiencia.

¿Por qué no es posible lograr un 100% de eficiencia en la aplicación de agua?

- Por la calidad del diseño del sistema de riego.
- Por la falta de capacitación de la persona que riega.
- Algunas veces por las características de suelo, y
- Por la forma de distribuir el agua en el predio.

Por estas razones, para estar seguros de aplicar la cantidad de agua requerida por un frutal es necesario aplicar una cantidad mayor para compensar las pérdidas, que a veces son inevitables. En el Cuadro 3 se muestran los tipos de riego y su eficiencia.

CUADRO 3. Tipos de riego y su eficiencia promedio

Tipo	Método de Riego	Eficiencia (%)
Gravitacional	Tendido	30
	Surco	60-80
	Borde	50
	Tazas	65
Presurizado	Aspersión	75
	Micro-aspersión	85
	Goteo	90
	Cinta	90

Con el Cuadro 3 se puede tener una idea de las eficiencias de aplicación de agua que tiene cada método de riego. Por ejemplo, si necesitamos aplicar 90 litros por segundo (l/s) en el predio, mediante goteo con una eficiencia del 90%, tendremos que aplicar 100 l/s para poder entregar los 90 l/s que necesitamos.

Luego de estudiar las necesidades hídricas (netas y brutas) de las plantas, veremos lo que sucede cuando les falta el agua (déficit hídrico).

¿Qué es el déficit hídrico?

El déficit hídrico se refiere a la falta de agua de un frutal en un periodo determinado. Esta falta de agua se puede generar cuando los riegos son insuficientes. Esto quiere decir que la aplicación de agua es menor que la que requiere el frutal, o también cuando el riego no se aplica en el día que lo requiere la planta.

¿En qué afecta el déficit hídrico a la planta?

La falta de agua puede afectar negativamente a la planta, por ejemplo el proceso de fotosíntesis es menor obteniendo una menor producción. Además, puede afectar sobre el crecimiento, la reproducción y el desarrollo de la semilla, sin dejar de lado su acción sobre la absorción de elementos nutritivos minerales (por falta de agua en el suelo).

Importancia del agua en periodos críticos en frutales

Todo déficit de agua producirá una disminución en los rendimientos. Sin embargo, hay etapas en el desarrollo de un cultivo, en donde el efecto de la falta de agua es mayor.

¿Cuáles son los períodos críticos o sensibles para la planta?

En general, los períodos más sensibles o críticos son la floración y el crecimiento del fruto, en cambio, los más resistentes son el crecimiento vegetativo y la maduración. Además, se observa que a una determinada falta de agua, la etapa del desarrollo del cultivo que se ve más afectada es la etapa de floración, por lo tanto, en esta etapa la falta de agua provocará la mayor reducción del rendimiento o producción.

Finalmente, se llega a la conclusión que dependiendo de cuándo se produzca el déficit hídrico (en qué etapa de su desarrollo) habrá un efecto en el rendimiento final. En el Cuadro 4 se presentan los períodos críticos ante un déficit hídrico para algunos frutales.

CUADRO 4. Períodos críticos en que el agua no puede faltar en diferentes cultivos

Cultivo	Período crítico
Cerezo	Período de crecimiento rápido del fruto que antecede a la madurez
Duraznero	Período de crecimiento rápido del fruto que antecede a la madurez
Cítricos	Floración y formación del fruto
Damasco	Floración y desarrollo de los botones florales
Frutilla	Desarrollo del fruto a madurez
Vid	Comienzo del crecimiento en primavera hasta pinta del fruto

Nota: La importancia de conocer los periodos críticos del cultivo a la falta de agua es para poder administrar mejor este recurso cuando estemos en periodo de escasez y así poder disminuir los daños a la producción.

A continuación se hablará de la importancia que tiene el agua en la planta para obtener una buena producción.

1.3. Relaciones agua-producción en frutales

¿Cuál es la importancia del agua para las plantas?

- Es un factor importante para el desarrollo y producción de un frutal, fundamentalmente porque forma la mayor parte de los tejidos vegetales.
- Es el medio de transporte de las sustancias nutritivas desde las raíces a las hojas y de éstas a los órganos de reserva (frutos).

Los frutales usan enormes cantidades de agua. La mayoría de esta agua solamente pasa a través de la planta y es transferida a la atmósfera, y sólo una parte, que aproximadamente corresponde al 1% del agua absorbida, es retenida en el tejido de la planta.

Por lo tanto, el riego tiene como finalidad suplir las necesidades de agua de la planta, requerido para la producción y desarrollo vegetativo de ella.

Para obtener una adecuada producción bajo condiciones de riego, el primer requisito es disponer de agua suficiente para los frutales y en el momento oportuno.

¿Qué es la relación agua-producción en frutales y para qué se utiliza?

La relación agua-producción, como su nombre bien lo indica, relaciona el agua que hay disponible para la planta y el rendimiento que es posible obtener. Esta relación se utiliza para poder definir la cantidad de agua que se debe aplicar a la planta para obtener una determinada producción.

¿Cómo varía la relación agua-producción?

- Dependiendo de las condiciones climáticas (por ejemplo, una temporada con temperaturas relativamente altas la producción será mayor).
- De la cantidad de fertilizante aplicado (por ejemplo, si el fertilizante se aplica de manera correcta y cuando realmente lo necesita la planta, la producción será mayor y de mejor calidad). De la variedad y entre otras cosas (por ejemplo, las parras para vino necesitan menos cantidad de agua que las parras para fruta fresca).

Ahora veremos cómo es el movimiento y la absorción de agua en la planta.

1.4. Patrones de extracción de agua

Movimiento y absorción de agua en la planta

Como se mencionó anteriormente, la planta absorbe agua del suelo para mantener su pérdida por transpiración. La absorción y movimiento de agua en la planta es un proceso pasivo y se expresa en términos de potencial de agua. Esto quiere decir que la planta va absorbiendo agua a medida que lo necesita.

a) ¿Qué es el potencial de agua?

El potencial de agua es la capacidad que tiene la planta de absorber el agua por las raíces y transportarla hacia las hojas y sus frutos para luego liberarla al ambiente. También puede ser pensado como la capacidad que tiene el agua almacenada para hacer trabajo.

Por ejemplo, el agua en un estanque abierto, a una altura de 2 metros, tiene un potencial de agua más alto que agua en un estanque abierto a una altura de 1 metro. Si el agua en el estanque superior se deja fluir hacia el estanque inferior, puede efectuar trabajo como una turbina. Por otro lado, para mover el agua desde el estanque inferior al superior se debe efectuar trabajo en éste (bomba), para subir su potencial de agua.

b) ¿Por qué el movimiento de agua es pasivo?

En el sistema suelo-planta, el movimiento de agua se dice que es pasivo porque el agua se mueve desde un potencial de agua mayor hacia un potencial de agua menor (desde la raíz a la hoja). Además mientras mayor sea la diferencia de potencial más rápido se moverá el agua en la planta. En la Figura 6 se muestra el movimiento de agua en la planta, de mayor a menor potencial.

En el ambiente natural, los niveles de absorción de agua y transpiración usualmente no son iguales en una planta. ¿Qué significa esto?, que cuando la absorción de agua desde el suelo es más lenta que la transpiración de la planta, la falta de agua es cubierta por agua del tejido de la planta. Y cuando la absorción de agua desde el suelo es más rápida que la transpiración de la planta, el exceso servirá para que el tejido de la planta se vuelva a llenar de agua.

El movimiento de agua en la planta primeramente está establecido por la radiación solar, a medida que el nivel de luz y temperatura del aire aumentan en la mañana, la transpiración de la planta se acelera y por lo tanto, el agua que consume la planta es mayor. Sin embargo en la tarde la transpiración se hace más lenta debido a la disminución de la radiación solar y temperatura del aire.

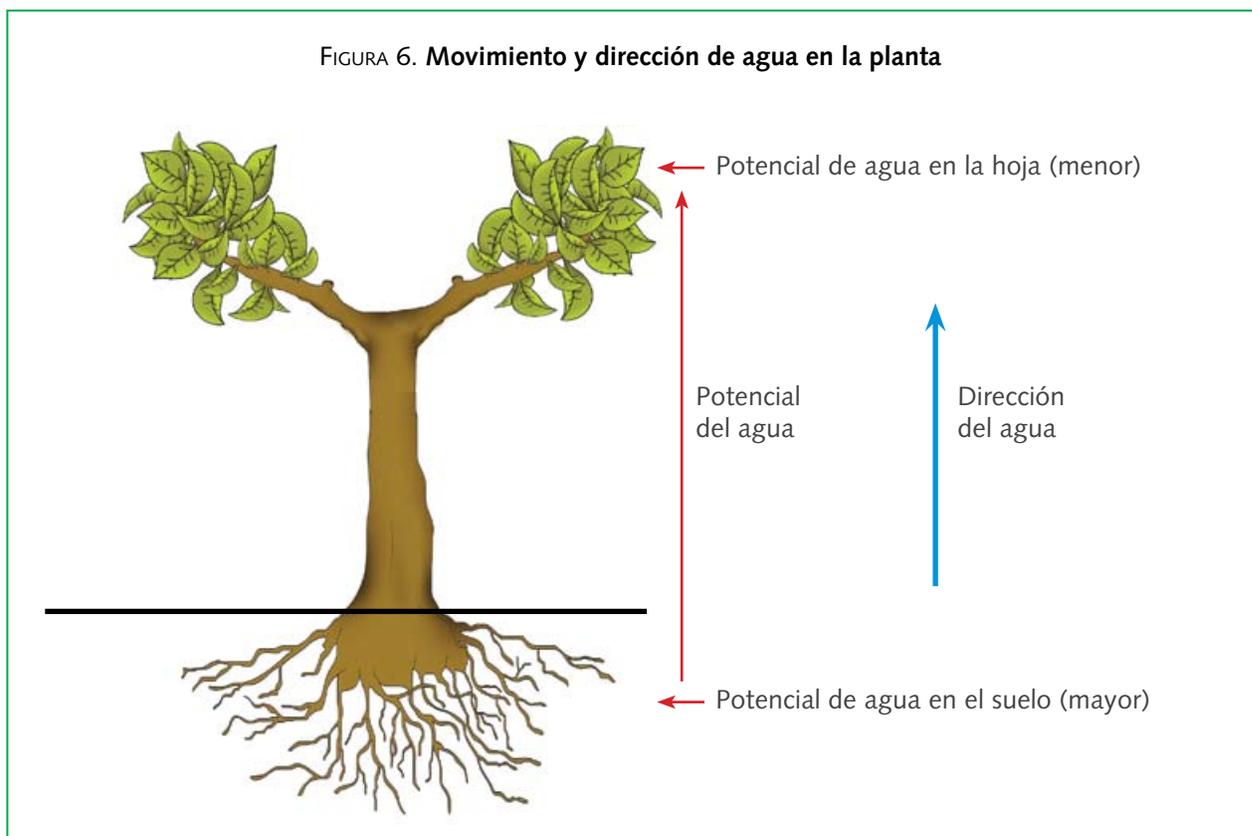
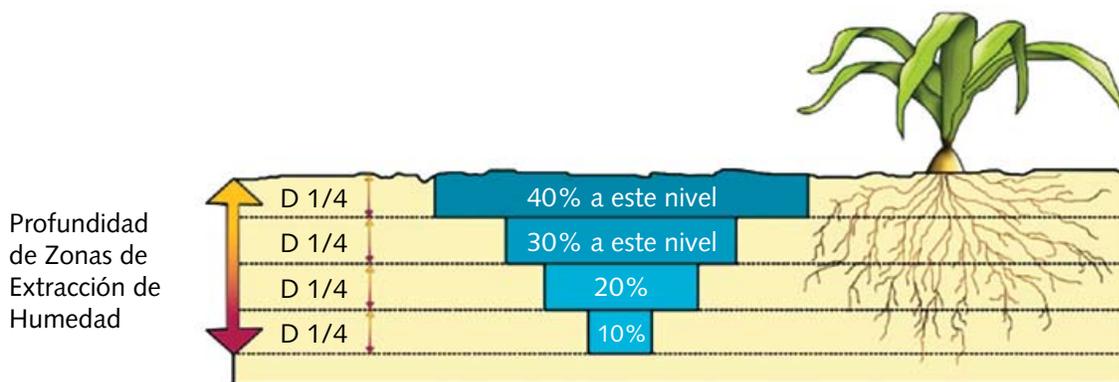


FIGURA 7. Patrón general de la distribución de raíces y de la extracción de agua de los cultivos, en un suelo sin restricción



¿Cuál es la distribución de raíces en el suelo?

El desarrollo del sistema radicular varía según el tipo de suelo y sistema de riego aplicado. Sin embargo, es necesario tener presente que la distribución de las raíces en el suelo no es uniforme: la cantidad total de raíces es mayor en superficie y va disminuyendo en profundidad (Figura 7).

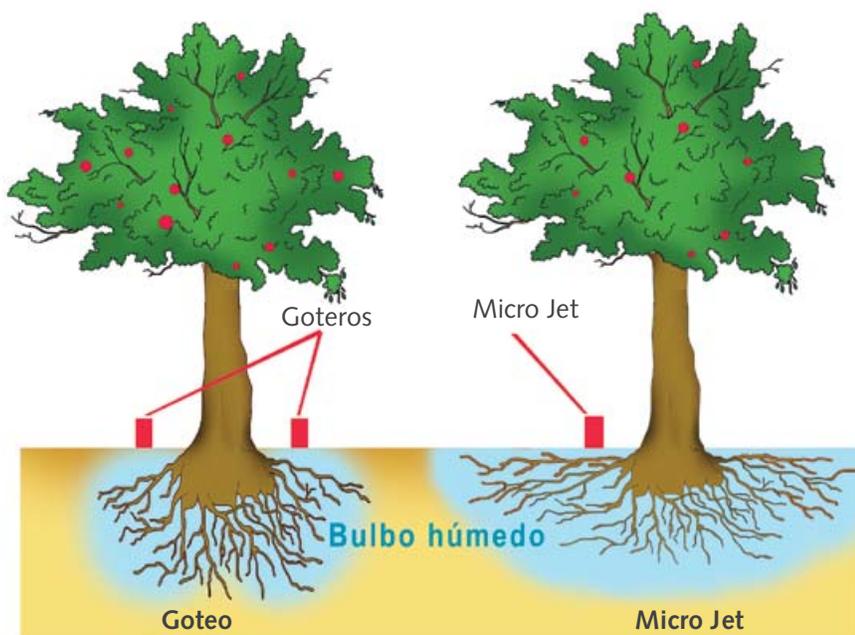
Como se observa en la Figura 7, en general, en el primer cuarto de profundidad de suelo que puede alcanzar el sistema radicular de un cultivo se concentra el 40% de sus raíces, por lo tanto, es de donde extrae el 40% del agua que necesita. En el último cuarto logra extraer sólo el 10% del agua.

Es importante reiterar, que la distribución de raíces puede ser alterada por el régimen de riego que se aplique al frutal, ya que las raíces estarán concentradas donde el agua esté presente.

Por ejemplo, en riego por goteo se crea un bulbo de raíces lo que quiere decir que el riego es aplicado en forma más puntual; sin embargo, el riego por microjet o microaspersión crea raíces más bien superficiales y horizontales (dependiendo del área que moje el emisor). (Figura 8)

Además, en suelos arcillosos, suelo más pesado, las raíces pueden alcanzar la mitad del desarrollo que en un suelo de textura media, más liviano. El suelo arcilloso

FIGURA 8. Desarrollo radicular para riego por goteo y Micro Jet



lloso tiene la capacidad de absorber mayor cantidad de agua y por más tiempo que un suelo arenoso.

También es importante mencionar que, la profundidad radicular en frutales está directamente relacionada con la edad del cultivo, estimándose que el máximo desarrollo radicular coincide con el periodo de máxima producción.

En la Foto 3 se muestra el sistema radicular típico de cítricos para la zona del Río Cachapoal, VI Región.

En general, se observa una gran masa radicular en los primeros 50 centímetros de profundidad con una extensión horizontal de 2 a 3 metros. Esto permite decir que la mayor zona de extracción se encuentra en esa zona y que es importante considerarlo al establecer la zona de aplicación de agua.



Foto 3: Distribución radicular en cítricos.

CAPÍTULO II. **Métodos de riego en frutales**

2.1. Antecedentes básicos del suelo

Propiedades físico-hídricas del suelo

Es muy importante que el agricultor conozca las propiedades físico-hídricas del suelo por varias razones (Figura 9):

- Sirven para sostener la planta.
- Tienen nutrientes y materia orgánica que contribuye a alimentar las plantas.
- Cuando se riegan, almacenan el agua para que las raíces la vayan consumiendo poco a poco, desde que se termina un riego hasta que se riega de nuevo (o sea, durante el período entre dos riegos consecutivos). Esto quiere decir que tienen Capacidad de Retención, la que será distinta si los suelos son muy arenosos o muy arcillosos.

- También permitirán que el agua se introduzca o infiltre en profundidad, en forma rápida o lenta (arenosos o arcillosos), es decir, tienen una determinada Capacidad de Infiltración.

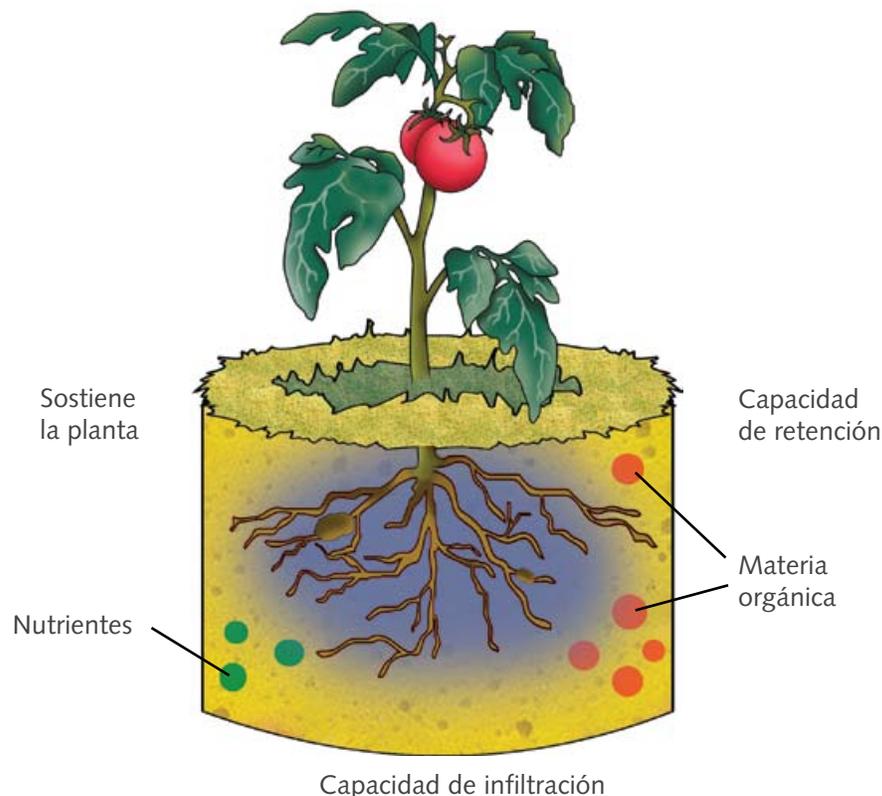
La modificación de algunas de estas propiedades nos permite saber cuánta es la cantidad de agua que puede almacenar el suelo y también su movimiento.

A continuación se definen algunas propiedades del suelo.

a) Contenido de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo se entiende como la cantidad de agua presente en una muestra y se define como el cociente entre la masa de agua y la masa de suelo seco.

FIGURA 9. Importancia de las propiedades físico-hídricas del suelo para el agricultor



b) Densidad aparente

La densidad aparente del suelo se refiere a la cantidad de suelo seco que hay en un volumen conocido de suelo y se expresa como gramos de suelo seco en un volumen conocido (g/cm³).

Por lo tanto, la densidad aparente de los suelos es función del espacio poroso del suelo (cantidad de aire que hay en el suelo el que puede ser llenado por agua). A menor espacio poroso, o menor cantidad de aire, la densidad aparente es mayor.

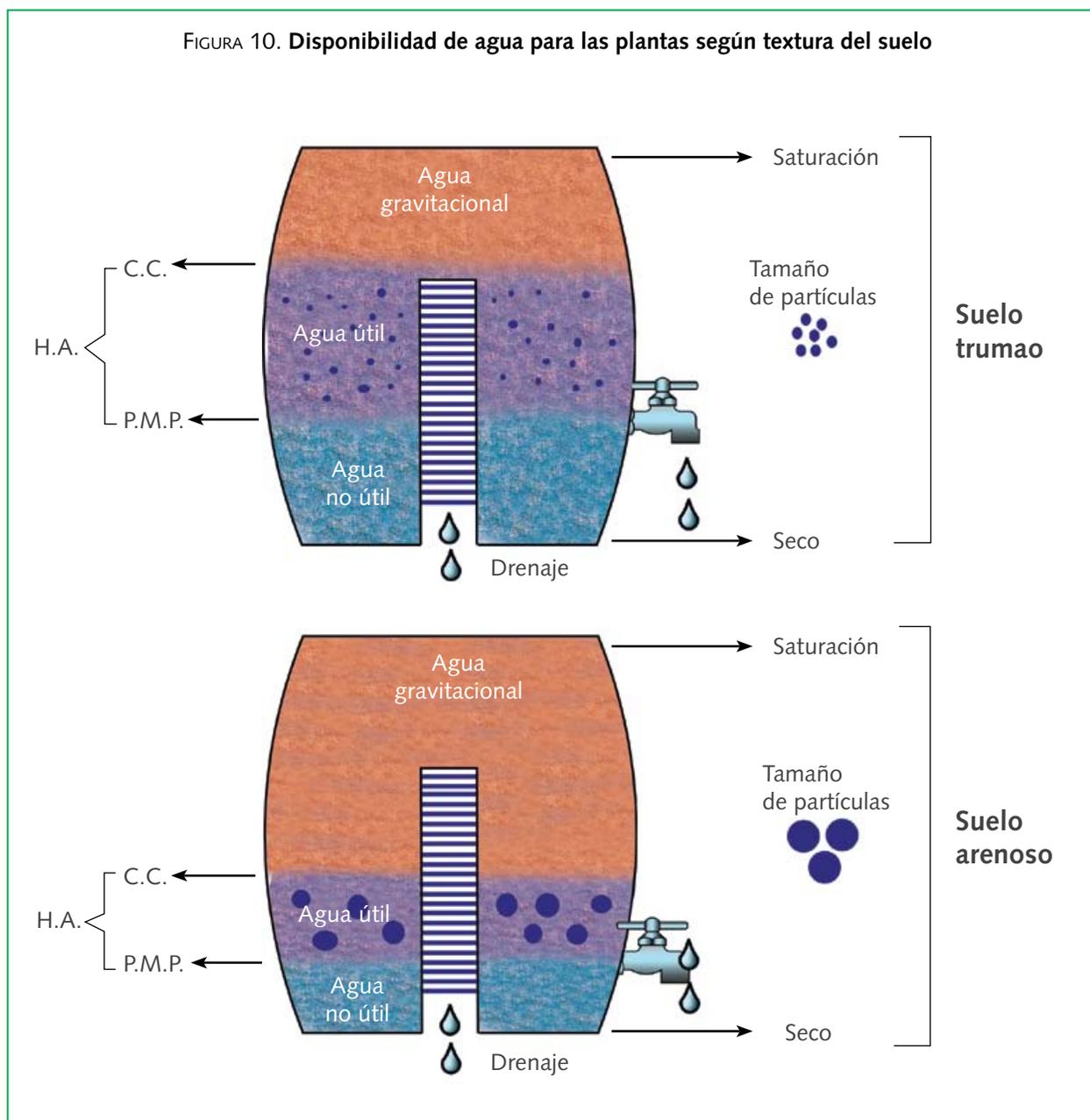
Los valores de densidad aparente varían de acuerdo al tipo de suelo y del manejo a que están expuestos. Valores entre 0,1 y 0,7 g/cm³ son comunes para

suelo orgánico. En suelos minerales, los valores de densidad aumentan desde 0,6 a 0,8 g/cm³ (suelo de cenizas volcánicas), hasta 2,3 g/cm³ en suelos compactados.

c) Humedad aprovechable

La humedad aprovechable o capacidad de retención se define como el agua disponible que hay en el suelo para las plantas, ésta se encuentra definida entre los límites de contenido de humedad a capacidad de campo y punto de marchitez permanente (Figura 10). Este límite variará dependiendo de la textura del suelo. En suelos arcillosos la humedad aprovechable es mayor que para suelos arenosos.

FIGURA 10. Disponibilidad de agua para las plantas según textura del suelo



d) ¿Qué es capacidad de campo?

Es el contenido de humedad de suelo, después que ha sido mojado abundantemente y se ha dejado drenar libremente, alrededor de 24 a 48 horas después del riego o la lluvia. Indica el límite superior o máximo de agua útil para la planta que queda retenida en el suelo contra la fuerza de gravedad.

e) ¿Qué es punto de marchitez permanente?

Es el contenido de agua de un suelo al cual la planta se marchita y ya no recobra su turgencia. Indica el límite inferior o mínimo de agua útil para la planta.

f) Textura del suelo

La textura del suelo se refiere a la proporción en que se encuentran diferentes partículas que lo forman. De acuerdo con ello, existen tres fracciones: arena, limo y arcilla, las que combinadas en distintas proporciones definen las diversas texturas, suelos arenosos, suelos francos, suelos arcillosos y las posibilidades intermedias de combinación.

¿Cómo determinar la textura de un suelo en forma práctica?

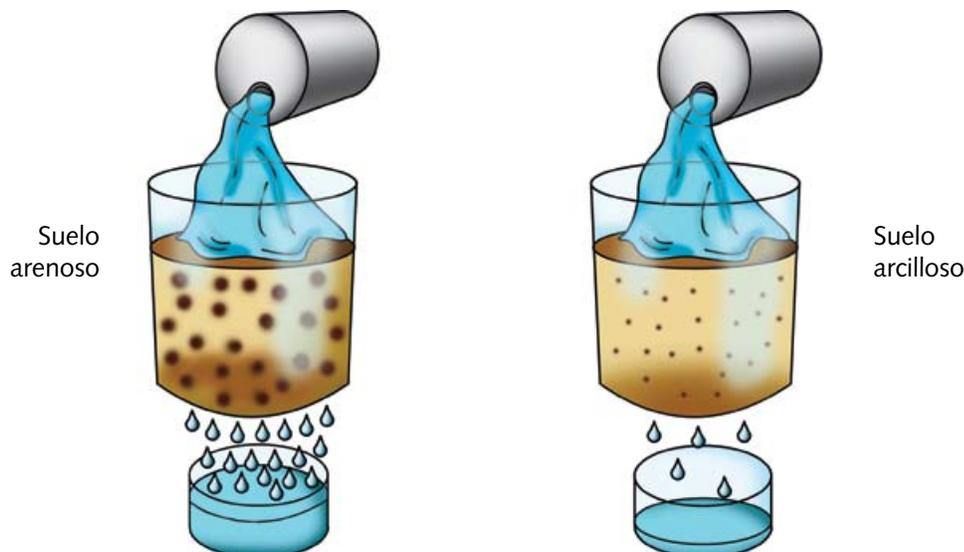
Una forma de conocer la textura de un suelo en la práctica, se puede hacer frotando entre las yemas de los dedos una muestra de suelo húmedo. Si la sensación al tacto es áspera, significa que el suelo posee un mayor porcentaje de arena; si es pegajosa, la que predomina es la arcilla; y si es muy suave, similar a la harina o talco, es el limo el que está en mayor proporción.

Pasos a seguir para determinar la textura de suelo:

1. Al determinar la textura por el tacto se recomienda, primero, haber experimentado con suelos de texturas ya conocidas.
2. La muestra debe estar húmeda, con la cantidad justa de agua de modo que la consistencia sea semejante a una masa de cemento lista para la construcción.
3. Se amasa la muestra entre el pulgar y los demás dedos, tratando de formar gradualmente una cinta o cilindro (lulo).
4. Si ésta se forma, pero se rompe fácilmente, es probable que el suelo tenga arcilla, pero también bastante arena, por eso se rompe (por ejemplo un franco arcilloso).
5. Si no se forma, se trata de un suelo con mucha arena y poca arcilla (por ejemplo un franco arenoso).
6. Así, para saber con qué tipo de terreno se trabajará, lo primero que se debe determinar es si se trata de una textura media (franca), fina (franca-arcillosa o arcillosa) o gruesa (arenosa).

Los suelos, mientras más arenosos, si bien tienen una buena aireación, generalmente son menos fértiles y poseen poca capacidad de retención de agua, es decir, ésta se absorbe rápidamente e infiltra en profundidad lavando los nutrientes. Por el contrario, cuando el suelo es de partículas más finas, como las arcillas, la infiltración es más lenta y los suelos poseen mayor capacidad de retención de agua y de nutrientes. (Figura 11)

FIGURA 11. Representación de capacidad de retención de un suelo arenoso y uno arcilloso



g) ¿Qué es la velocidad de infiltración?

La infiltración se refiere a la entrada vertical de agua en un suelo o cualquier otro material poroso. Al mismo tiempo, se entiende por velocidad de infiltración al volumen de agua que se mueve hacia el interior del suelo por unidad de área y por unidad de tiempo.

Así, cada suelo tiene una velocidad de infiltración determinada, variando desde aquellos de infiltración excesiva (suelos arenosos gruesos) hasta los de infiltración extraordinariamente lenta (suelos arcillosos densos).

La importancia de conocer la velocidad de infiltración es que determina la posibilidad de aplicar el riego con una determinada eficiencia y además es uno de los factores más importantes en la selección del método de riego a emplear.

A continuación identificaremos los factores en los que hay que fijarse para seleccionar un método de riego para frutales.

2.2. Selección de métodos de riego para frutales

Selección de métodos de riego

Para poder seleccionar un método de riego se deben considerar aspectos técnicos y económicos.

Los aspectos técnicos más importantes que deben considerarse son los siguientes:

a) Disponibilidad de agua: Se refiere a la cantidad de agua disponible que existe en el predio para regar.

¿En qué nos debemos fijar?

- En la eficiencia de riego del sistema, ya sea superficial o presurizado, por ejemplo, si pensamos en riego por surco la eficiencia de aplicación puede estar entre el 50 al 80%, en cambio con un sistema por goteo o aspersión podemos llegar a un 90% de eficiencia.
- En la calidad del agua. El agricultor se debe fijar en la calidad química (aporte de nutrientes) y física (sedimentos) del agua.

b) Tipo de suelo: El agricultor se debe preocupar de la topografía del terreno, de la capacidad de infiltración y de la profundidad efectiva de suelo.

- Topografía del terreno: si se desea utilizar un método superficial es muy importante conocer la pendiente del terreno, para que el agua pueda escurrir y no provoque apozamiento o, por el contrario, para que el agua no alcance una alta velocidad y estemos perdiendo el agua. Por ejemplo, el sistema de riego por surco funciona muy bien en terrenos planos. Si la topografía es muy distinta en el predio y con pendiente fuerte, lo mejor es utilizar algún sistema de riego presurizado.
- Capacidad de infiltración: este factor es también importante, por ejemplo, si tenemos un suelo con una alta velocidad de infiltración (arenoso) es mejor instalar un sistema de riego presurizado, por el contrario, los métodos superficiales no se ajustan bien.
- Profundidad efectiva de suelo: dependiendo de este factor se puede decidir qué cultivo plantar (por el desarrollo radicular). Actualmente en frutales se utilizan “los camellones”, que es una forma de aumentar la profundidad efectiva y también mejoran la relación agua-aire del suelo.

c) Cultivo: En general los frutales son plantados en forma de hileras, por lo tanto, pueden ser regados tanto por un método de riego superficial como presurizado.

Deben tener presente que para establecer la forma de aplicación de agua (riego superficial o presurizado) deben fijarse dónde está la zona de extracción de agua por las raíces.

¿Por qué es importante fijarse en la zona de extracción de agua por las raíces?

Para mantener una buena relación agua-aire en las raíces, evitando algún tipo de enfermedad y así obtener una buena producción y de alta calidad.

Nota: Otros aspectos, relacionados con el aspecto económico, que se deben tomar en cuenta son la disponibilidad de mano de obra, la energía y por supuesto el costo de implementar uno u otro sistema de riego.

A continuación se verá con un poco más de detalle los sistemas de riego superficial y presurizados.

Métodos de riego

¿Cuál es el objetivo principal del riego?

El riego tiene como objetivo principal suplir la falta de agua que se produce cuando la evapotranspiración de los cultivos es mayor que la precipitación.

¿Qué son los métodos de riego y cómo se clasifican?

Los métodos de riego son técnicas que se utilizan para poder aplicar agua al suelo; y se clasifican de acuerdo a la manera en que se aplica el agua en, superficial, subsuperficial y presurizados. En este manual, sólo se mencionan los métodos de riego superficial y presurizado.

a) Riego superficial: Es el método de riego más antiguo y el más usado. Su principio básico es que el agua es ingresada al campo en el punto más alto, fluyendo hacia los sectores más bajos en la medida que se infiltra en el suelo a través del avance.

El riego superficial se puede realizar de varias maneras. Los más recomendados para frutales son: riego en contorno, riego por bordes, y riego por surcos.

A continuación se describirá el riego por surco, que es el más utilizado en la actualidad.

Riego por surco: consiste en la entrega de agua a través de pequeños canales o surcos, trazados en la misma dirección de la siembra o plantación, a los que se ingresa el agua desde una acequia o tubería madre. (Foto 4) Este método se adapta bien a cultivos sembrados en hileras como hortalizas, chacras y frutales en general.

Ventajas del riego por surco

- Comparado con otros métodos de riego superficial, la eficiencia de aplicación del riego por surco está entre un 60 y un 80%, pudiendo calificarse de buena.
- Además, es posible utilizar implementos de control de bajo costo como tubos, sifones y compuertas que permiten tener un buen control sobre el agua de riego.

Limitaciones

- Una de las principales limitaciones del riego por surco es el peligro de erosión y arrastre de partículas bajo condiciones de pendientes fuertes (> 1 por mil).
- Generalmente se producen pérdidas por escurrimiento para uniformar la aplicación de agua.

Foto 4: Riego por surco.



b) Riego presurizado: Los métodos de riego presurizado se caracterizan por tener un sistema de distribución bajo presión. Entre los métodos presurizados tenemos, goteo, aspersión y microaspersión.

Riego por goteo y microaspersión: Consiste en aplicar frecuentemente agua (previamente filtrada) al suelo en pequeñas cantidades a través de una red de tuberías y dispositivos especiales denominados emisores, que están ubicados a lo largo de la línea de distribución. (Fotos 5)

Nota: Las ventajas o desventajas que puedan presentar estos sistemas siempre dependerán del diseño y de la operación.

A continuación veremos cómo medir la eficiencia o la calidad del riego.

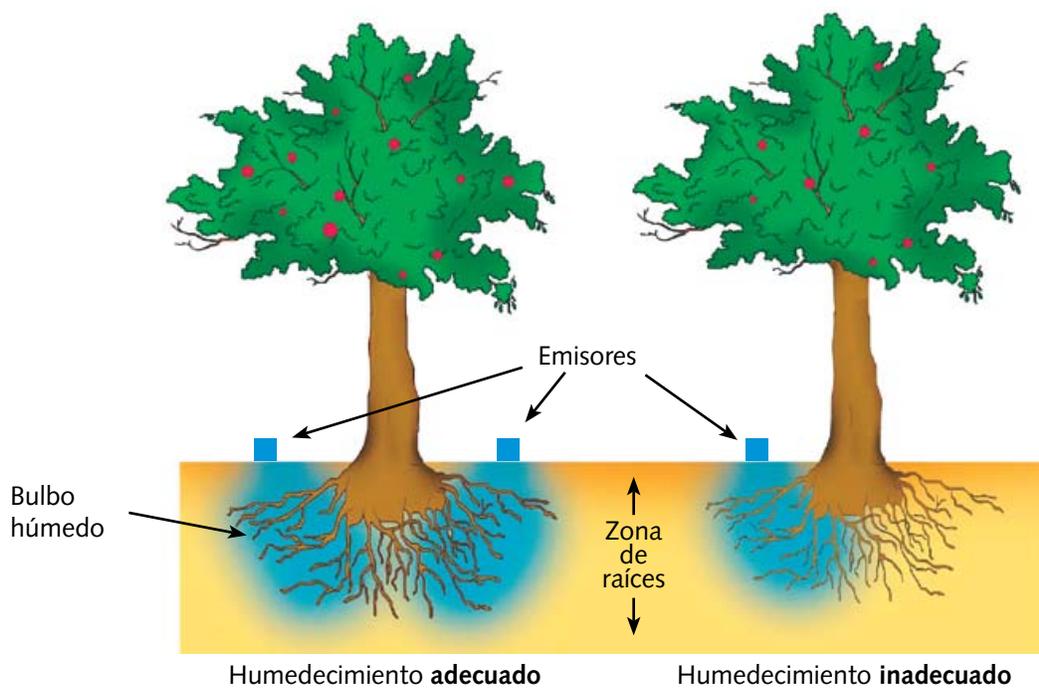


Foto 5a. Microaspersión



Foto 5b. Goteo

FIGURA 12. Área de suelo humedecido con riego localizado (goteo o micro-jet)



2.3. Eficiencia o calidad del riego

¿Para qué medimos la calidad del riego?

La calidad del riego es una forma de evaluar si el riego ha cubierto los requerimientos de agua de la planta y qué tan bien es distribuida el agua en el campo.

¿Qué requisitos debe cumplir el agua aplicada durante el riego?

- Suministrar a la planta el agua requerida.
- Estar distribuida uniformemente sobre el área de riego.
- No exceder la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo para impedir que se vaya a capas más profundas (percolación profunda).
- Minimizar la erosión y el deterioro de la estructura del suelo.

¿Cómo podemos determinar la calidad del riego?

La calidad del riego puede ser determinada usando varios modelos, pues uno sólo no es capaz de entre-

gar una buena respuesta. A continuación se comentarán algunos de los modelos que más se utilizan.

a) Eficiencia de aplicación: se define como la razón entre la cantidad de agua retenida en la zona radicular después del riego y el volumen total de agua aplicada en un riego. (Figura 13)

b) Eficiencia de requerimiento: Se define como la razón entre la cantidad de agua almacenada en la zona radicular y el volumen de agua requerida por la planta. La eficiencia de requerimiento es importante cuando el agua almacenada en la zona radicular es insuficiente para cubrir los requerimientos del cultivo. (Figura 14)

Nota: La importancia de conocer algunos modelos de calidad del riego es para saber si estamos aplicando la cantidad de agua correcta a la planta y para saber si se está distribuyendo bien en el predio.

A continuación mostraremos el proceso de fertirrigación en frutales. La importancia de conocer este proceso es porque mediante él se aplican los elementos nutritivos que requieren las plantas.



2.4. Fertirrigación para frutales

¿Qué es la Fertirrigación?

Fertirrigación es el proceso mediante el cual los fertilizantes o elementos nutritivos que necesita una planta son aplicados junto con el agua de riego. (Figura 15)

¿Cuáles son las ventajas de la fertirrigación?

Entre las ventajas que presenta la aplicación de fertilizantes a los cultivos, por medio de un sistema de riego, se encuentran las siguientes:

- La planta aprovecha una mayor cantidad de fertilizantes con respecto al total aplicado.
- La aplicación de fertilizantes puede hacerse según la planta lo requiera, esto significa que se aplicará según su estado de crecimiento vegetativo, por ejemplo, floración, cuajado del fruto y poscosecha.
- El fertilizante puede ser aplicado en suelos pedregosos o muy arenosos (suelos poco fértiles), pudiendo cultivar sin problemas y obtener de ellos altas producciones.
- Se produce un ahorro de trabajo (se requiere menor mano de obra) y la aplicación se puede realizar a cualquier hora del día.
- Como no es necesario utilizar maquinaria agrícola se reduce la compactación (endurecimiento) en el terreno.
- Por lo tanto, existe una baja probabilidad que se produzcan daños en las plantas.

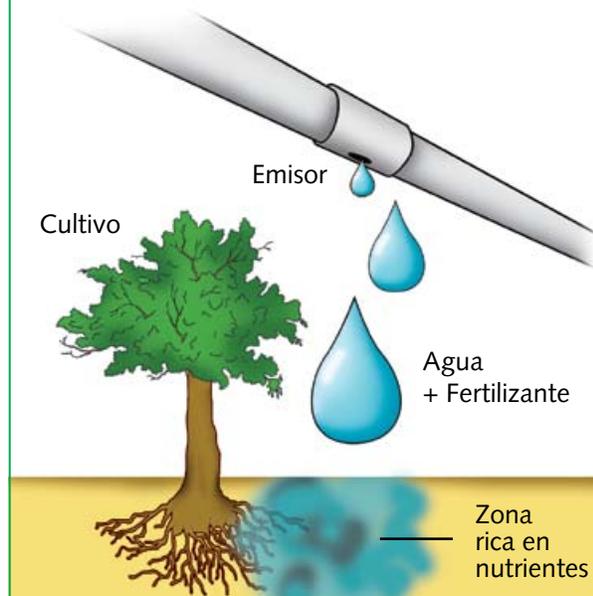
¿Cuáles son los inconvenientes de la fertirrigación?

En general, los inconvenientes no se deben al método en sí, sino que al manejo incorrecto o bien al desconocimiento de los nutrientes que necesitan las plantas.

Los principales inconvenientes son:

- Obstrucción en tuberías y/o emisores, esto se produce debido a que existe incompatibilidad de algunos fertilizantes generando una especie de costra y finalmente tapando el sistema.
- Se debe realizar una correcta dosificación de los fertilizantes para no producir daño al cultivo. Si se aplican productos químicos en exceso la planta se puede intoxicar y por lo tanto, la producción será mucho menor.

FIGURA 15. Esquema de la fertirrigación en el riego localizado



¿Cuáles son los sistemas de riego aptos para la fertirrigación?

En general, todos los métodos de riego son buenos, siempre y cuando el agua sea aplicada en forma correcta, o sea, lo que las plantas necesitan.

Los métodos de riego gravitacionales (regados por gravedad) o superficiales son menos eficientes y en promedio, por cada 100 litros de agua aplicados al predio, alrededor de 40 a 50 son aprovechados por la planta, el resto se pierde. Por el contrario, los métodos de riego presurizados son más eficientes y se aprovecha casi la totalidad del agua aplicada.

¿Por qué generalmente se utiliza la fertirrigación en riego presurizado?

- El costo de los fertilizantes es bastante alto y perder la mitad del producto no tiene sentido. Como el sistema de riego presurizado aplica el agua con mayor eficiencia nos aseguramos que la planta aprovechará al máximo el producto.
- Este tipo de riego permite que la aplicación de fertilizante junto con el agua de riego sea óptima. Por lo tanto, cómo las raíces se desarrollan donde el agua está presente encontrará fácilmente los nutrientes, obteniendo finalmente una alta producción.

- No obstante lo anterior, es importante señalar que no todos los fertilizantes pueden ser aplicados por esta vía.

¿Cómo funciona un sistema de fertirriego?

- Se prepara la solución agua-fertilizante en un balde o tambor, que recibe el nombre de “solución madre” y esta es inyectada al sistema de riego.
- Luego la mezcla de agua más la solución madre se hace circular por las tuberías y se conoce como “solución fertilizante”.
- Finalmente, la solución es localizada en el suelo (por los emisores) muy cerca de las raíces, que se conoce como “solución suelo”, que alimenta la planta.

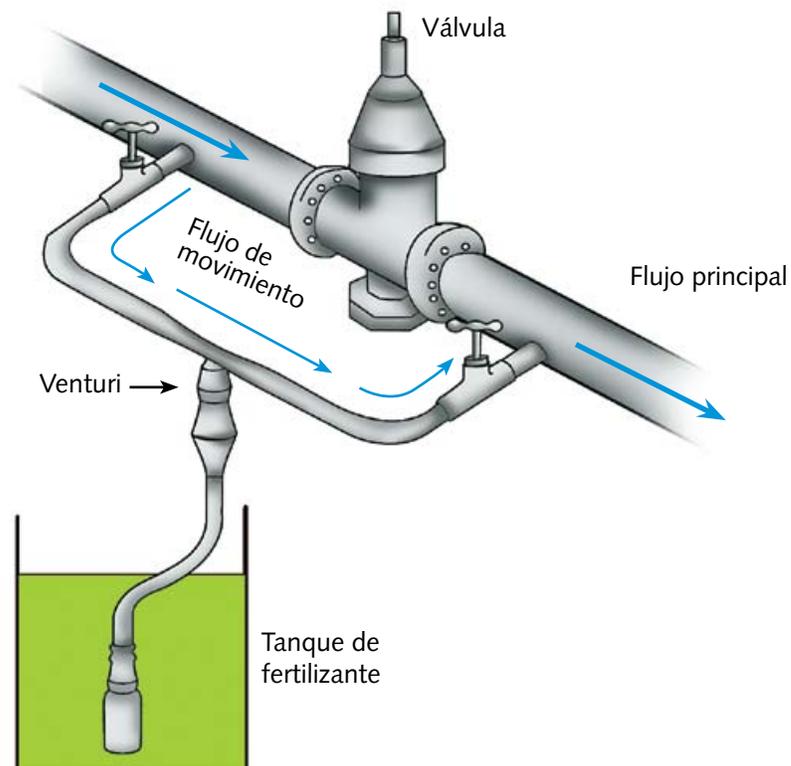
Existen dos clases de aparatos para la incorporación de abonos al agua: los tanques de fertilización y los inyectores de abono. En este documento se hará mención sólo al tanque de fertilización tipo Venturi.

¿Cómo funciona el tanque de fertilización tipo Venturi?

Son dispositivos muy sencillos que consisten en una pieza en forma de T con un mecanismo Venturi en su interior. El mecanismo Venturi aprovecha un efecto vacío que se produce a medida que el agua fluye a través de un pasaje convergente que se ensancha gradualmente (Figura 16). El Venturi funciona cuando hay diferencia entre la presión del agua entrante y la de la combinación de agua y fertilizante saliente al sistema de riego.

A continuación veremos la importancia de programar correctamente el riego.

FIGURA 16. Funcionamiento del Venturi para la inyección de fertilizante



2.5. Programación del riego

¿Cómo programar el riego?

La programación de riego es una metodología que nos permite determinar el nivel óptimo de agua a aplicar a los cultivos. Esta consiste en establecer la frecuencia (¿Cuándo regar?) y tiempo de riego (¿Cuánto regar?) de acuerdo a las condiciones de suelo y clima del predio.

Una apropiada programación del riego permite optimizar el uso del agua y maximizar la producción y calidad de los productos agrícolas.

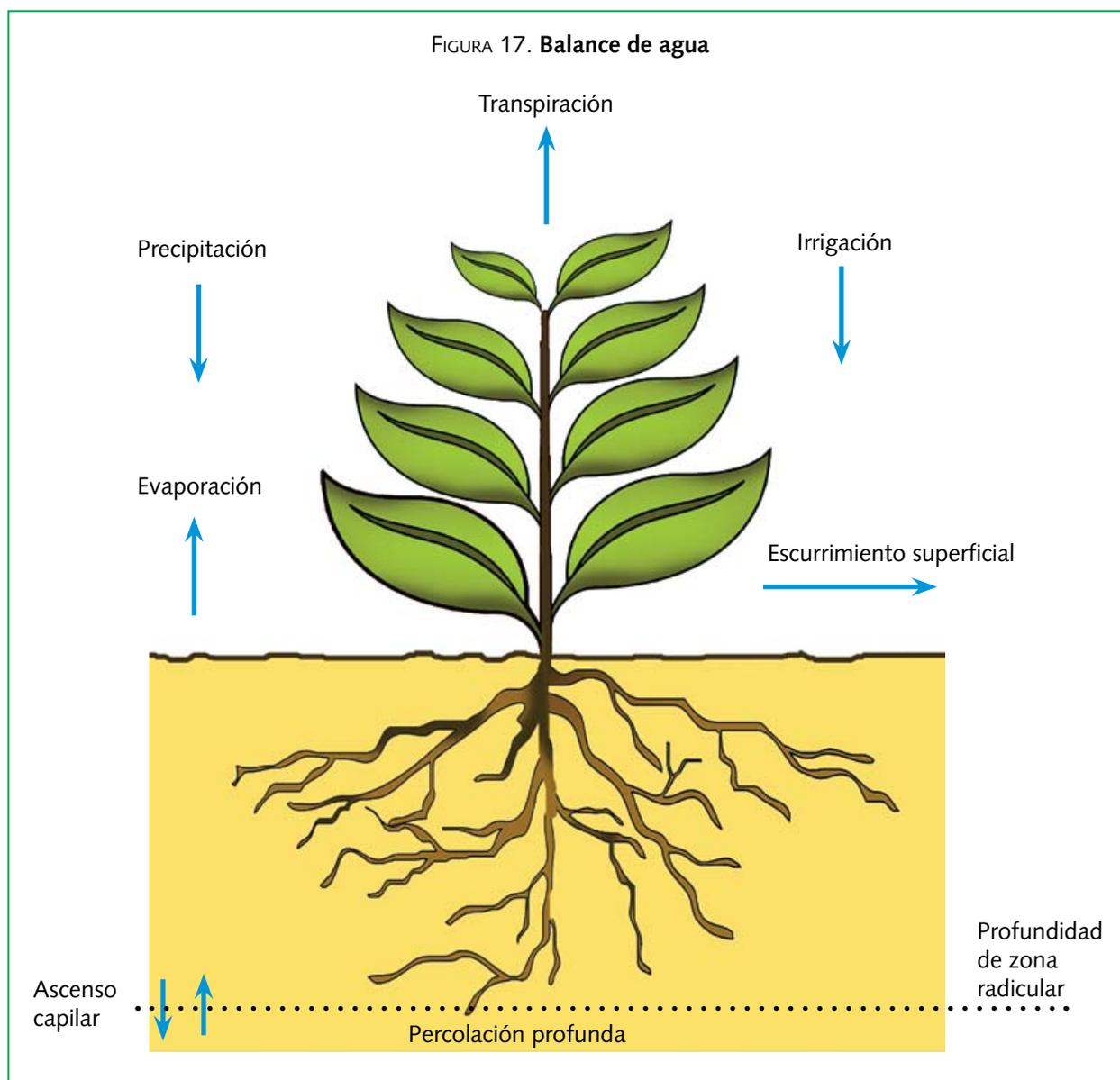
Para programar el riego es esencial estimar tanto el agua que consumen los cultivos (evapotranspiración) y la cantidad de agua que puede almacenar el suelo explorado por las raíces del cultivo.

¿Cuál es el método más utilizado para programar el riego?

Uno de los métodos más usados es el “balance de agua” (Figura 17), y consiste en determinar todas las entradas y salidas de agua del predio. La idea de este método es mantener el suelo con un contenido de humedad adecuado para el frutal.

Nota: Para utilizar este método es muy importante conocer el consumo de agua de las plantas (evapotranspiración = evaporación + transpiración).

Otros aspectos que hay que considerar para la programación del riego son la humedad aprovechable del suelo (porcentaje de humedecimiento, sistema de riego), datos climáticos e información del cultivo (evapotranspiración, profundidad radicular, marco de plantación, porcentaje de cobertura)



¿Cómo controlar la programación del riego?

La programación del riego que se realiza en base a factores climáticos y del frutal es una buena aproximación para determinar los requerimientos hídricos de los frutales y el momento de su aplicación.

Para poder controlar si el riego se está realizando de buena forma existen algunos instrumentos sencillos de utilizar.

¿Cómo comprobar si el riego en frutales se está realizando de buena forma?

1. En el caso de los métodos de riego superficial, como surco y tendido, es conveniente comprobar si el riego humedeció la zona radicular. Para ello se puede muestrear el suelo (barreno) hasta la profundidad máxima de raíces y comprobar que el suelo este húmedo.

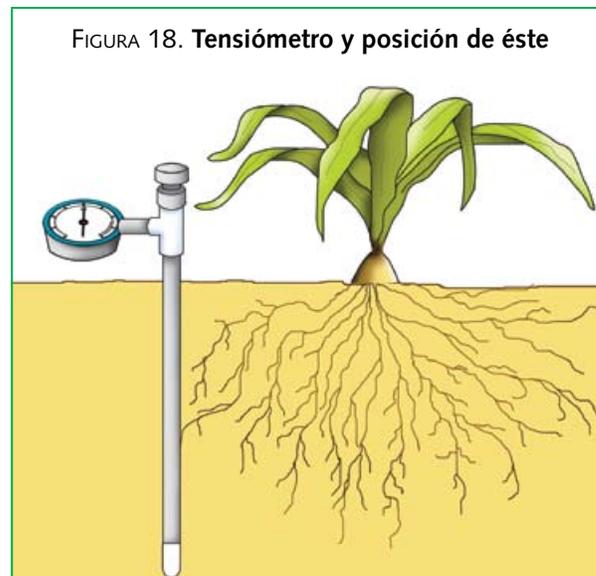
- Si el suelo no está húmedo significa que tenemos que aumentar el riego.
- Si el riego mojó hasta una profundidad mayor significa que el tiempo de riego se debe disminuir.

2. Para comprobar el momento de aplicar el agua se puede utilizar el tensiómetro.

¿Qué es el tensiómetro?

El tensiómetro (Figura 18) es un instrumento que mide la fuerza con que el agua está retenida en el suelo. Este instrumento está graduado entre 0 y 100 centibares. Cuando el instrumento marca 0, significa

que el suelo está saturado (recién regado). Valores entre 10 y 30, indican que el suelo está a capacidad de campo y todavía no requiere de riego. Valores mayores indicarán que el agua está retenida en el suelo fuertemente y que dependiendo del frutal habrá que regar o no.



3. En el caso de riego por goteo, donde la aplicación de agua es en general diaria, el tensiómetro sirve para comparar si la programación de riego con la bandeja de evaporación fue correcta. En este caso, el tensiómetro debe marcar valores entre 15 y 30 centibares.

Nota: La instalación del tensiómetro debe ser en la zona donde moja el gotero, cercano a la tubería portagoteros.

CAPÍTULO III. Drenaje

3. Aspectos básicos del drenaje y su impacto en la producción agrícola

¿Qué significa drenaje inadecuado?

El drenaje inadecuado (Foto 6) significa que hay un exceso de agua en el interior o en la superficie del suelo (el suelo se encuentra saturado).

¿Cómo puede afectar el exceso de agua a la planta?

Como el suelo se encuentra lleno de agua, no hay oxígeno disponible para las raíces de las plantas, por lo tanto, puede afectar su crecimiento y desarrollo.

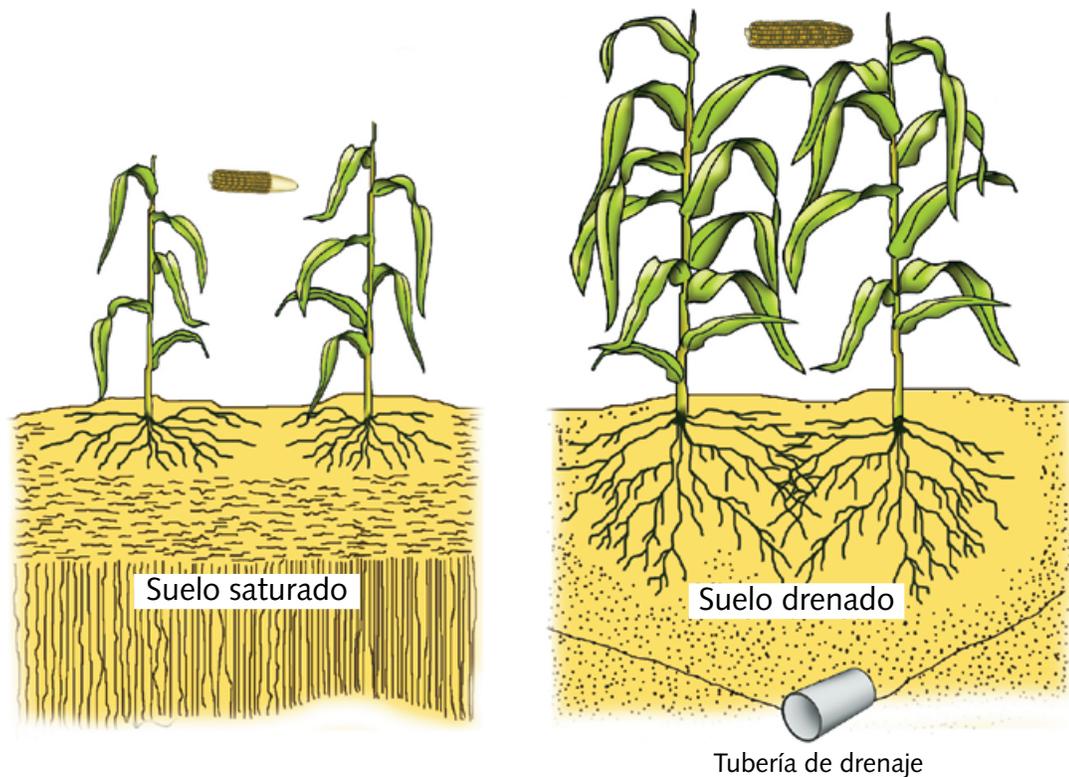
Entonces, cuando existen problemas de drenaje, el objetivo es evacuar el exceso de agua del agua del suelo y así tener una buena aireación.



FOTO 6: Drenaje inadecuado en una zona agrícola

En la Figura 19 se muestra la diferencia en el crecimiento de las raíces con un suelo saturado y otro drenado.

FIGURA 19. Diferencia de crecimiento radicular bajo condiciones de suelo saturado y suelo drenado



¿Cuáles son las causas del mal drenaje?

El exceso de agua sobre el suelo o en el interior del mismo puede ser ocasionado principalmente por la unión de uno o más de los siguientes factores: precipitaciones, inundaciones, riegos, suelo, topografía y filtraciones.

Precipitaciones. Cuando ésta excede la evaporación, en zonas húmedas, el suelo se satura y al ocurrir nuevas lluvias, el agua no puede ser absorbida, aumentando el escurrimiento de agua y produciendo acumulación en los terrenos ubicados en posición más baja.

Inundaciones. Éstas generalmente se producen en los terrenos cercanos a ríos y esteros. Por ejemplo, al producirse una lluvia de gran intensidad, éstos pueden desbordarse.

Riegos. El uso de prácticas inapropiadas tales como: riego tendido, riego nocturno, tiempos excesivos y volúmenes incontrolables, provocan pérdidas excesivas por escurrimiento superficial (acumulación de agua) y por percolación profunda (elevan el nivel freático).

Suelos. Los suelos de textura fina (arcillosas) tienen una baja velocidad de infiltración, por lo tanto, cuando hay exceso de agua ésta se apoza en la superficie y no permite que el agua ingrese al interior del suelo. En general, cuando tenemos suelos que forman una especie de costra se producen los problemas de drenaje.

Topografía. Cuando la topografía es muy plana el agua se mueve lentamente y por lo tanto, se queda estancada. Lo mismo ocurre cuando el terreno tiene muchas lomas, el agua se queda en la parte más baja, provocando problemas de drenaje.

Filtraciones. Los canales de riego están contruidos generalmente de tierra y estos presentan filtraciones que hacen aumentar el nivel de la napa freática.

¿Cuáles son las consecuencias del mal drenaje?

Usualmente, se considera que el principal efecto o consecuencia que tiene el mal drenaje es el daño a la productividad agrícola. A continuación se explicarán las consecuencias del mal drenaje en las plantas.

a) Relación entre el exceso de agua y la aireación del suelo.

Como se mencionó anteriormente, las raíces necesitan oxígeno para su crecimiento. Ellas son las encargadas de absorber el agua y los nutrientes disueltos

que están en el suelo. Además de esto las plantas necesitan calor, luz y oxígeno para realizar el proceso de fotosíntesis (producción de alimentos).

El exceso de agua en el suelo afecta la aireación y por lo tanto, controla la disponibilidad de los factores esenciales, como luz, calor, nutrientes y por supuesto el oxígeno.

¿Qué pasa con las raíces cuando el suelo se encuentra lleno de agua?

- Las raíces no pueden respirar (se asfixian y mueren). Generalmente, primero mueren las raíces más finas y las más gruesas pueden quedar seriamente afectadas, por lo tanto, se puede afectar una parte del sistema radicular o en su totalidad.
- Si el daño producido a las raíces no es demasiado grande, éstas se pueden regenerar, siempre y cuando se mejoren las condiciones de suelo (sistema de drenaje).
- Finalmente, si el daño al sistema radicular es muy alto, la planta puede morir irremediablemente.

b) ¿Cuál es el efecto sobre la producción frutícola?

Los frutales, en general tienen un sistema radicular con raíces activas a escasa profundidad, por lo tanto, pueden ser fácilmente afectados por un suelo con mal drenaje, disminuyendo la producción.

Además deben tener presente que, si afecta o no el mal drenaje a un frutal dependerá de la especie, variedad, edad y clima. Así por ejemplo, las raíces del manzano sufrirán un daño mayor por exceso de agua en verano que en invierno ya que en este último periodo la planta se encuentra en estado de receso (la planta está inactiva).

En frutales, se han obtenido rendimientos adecuados sólo en árboles que crecen en terrenos con napas a profundidades mayores a 1 metro.

Si el árbol crece bajo condiciones de nivel freático alto, tiende a desarrollar un sistema muy superficial lo que puede provocar la caída de éste.

Finalmente, el mal drenaje además de afectar los rendimientos puede crear las mejores condiciones para el desarrollo de enfermedades. Ejemplo: Phytophthora

Obras de drenaje más utilizadas

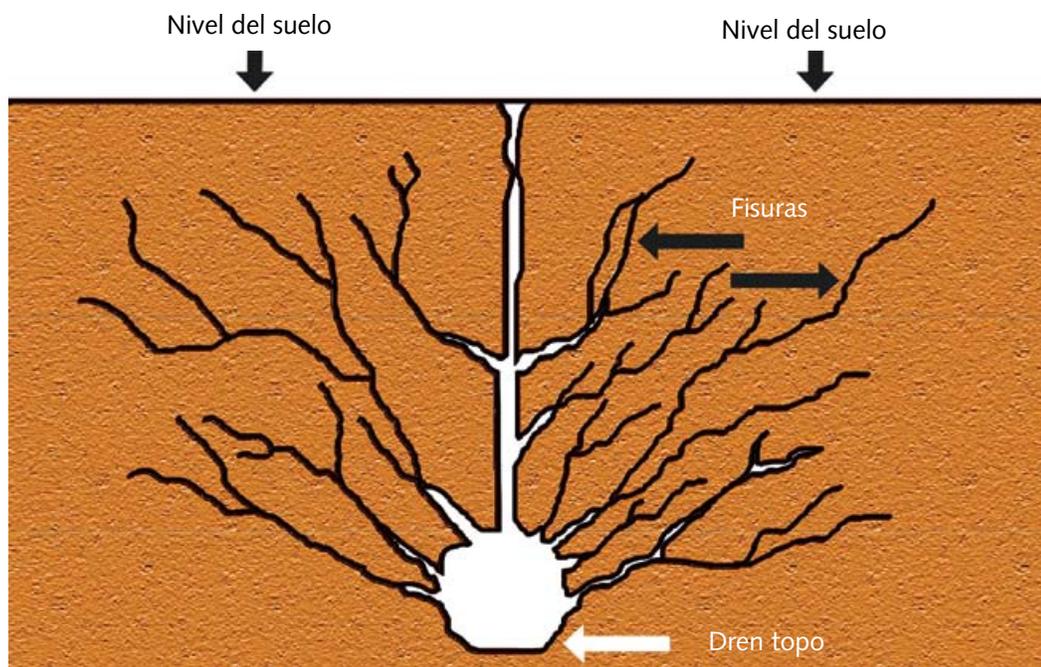
Entre los sistemas de drenaje más utilizados están los drenes zanja, drenes topo, drenes en V, y drenes entubados de diferentes materiales y formas. El uso de uno u otro dependerá del problema a resolver y de las condiciones del productor.

- **Drenes zanja:** corresponden a colectores que se trazan en el terreno conformando una red de drenaje. (Foto 7)
- **Drenes topo:** galerías subterráneas construidas en el interior del suelo, de aproximadamente 7,5 cm de diámetro, que están rodeadas de fisuras periféricas para lograr la recolección de los excedentes de agua que se acumulan en la zona radicular. (Figura 20)



Foto 7. Preparación de un dren tipo zanja.

FIGURA 20. Corte transversal de un dren topo



- **Drenes en V:** zanjas que se caracterizan por poseer taludes amplios que fluctúan entre 8:1 y 10:1, lo cual permite el libre tránsito de maquinaria y ganado. Son soluciones adecuadas en sectores que presentan topografía ondulada, ya que permiten mantener la continuidad de los potreros y adecuarse a la topografía natural. (Figura 21)

- **Drenes de tubería:** consisten en una tubería de drenaje enterrada en una zanja y revestida por un material filtrante. (Figura 22)

FIGURA 21. Sección transversal de dren en V

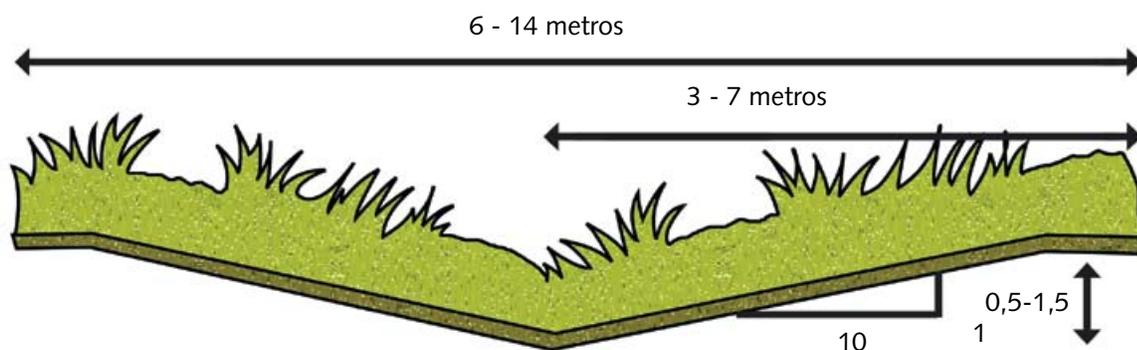
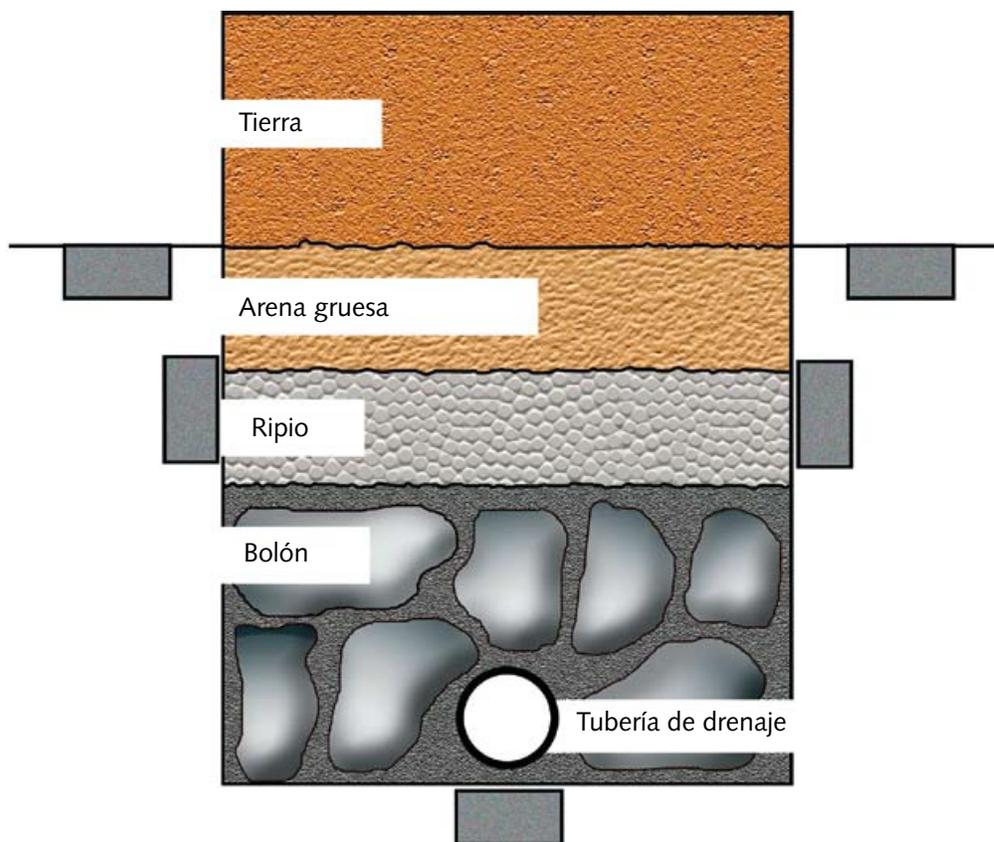


FIGURA 22. Sección transversal de dren de tubería



CAPÍTULO IV.

Sustentabilidad de la calidad del recurso hídrico

4. Riego y Contaminación

¿Cuál es la importancia del agua para la vida?

El agua es un recurso natural único y escaso, esencial para la vida e indispensable para el hombre. La calidad del agua tiene directa relación con la salud de las personas, su mal o indiscriminado uso puede provocar la contaminación del recurso con el consecuente deterioro de la calidad de los demás recursos naturales, desequilibrio ecológico y pérdida irremediable de ecosistemas y también del paisaje.

Algunos factores como el crecimiento demográfico, la industrialización y la concentración urbana, han contribuido al deterioro de las masas de agua y su medio ambiente.

Contaminación de las aguas

¿Qué es la contaminación del agua?

La contaminación del agua es cualquier cambio químico, físico o biológico en la calidad del agua que tiene un efecto dañino en cualquier cosa viva que consume esa agua. Cuando los seres humanos beben el agua contaminada tienen a menudo problemas de salud.

¿Cuál es el origen de la contaminación de las aguas?

En Chile, la contaminación de las aguas tiene su principal origen en:

- Las descargas directas (contaminación puntual) de aguas servidas domésticas y residuos industriales líquidos a las aguas superficiales, terrestres o marítimas, sin previo tratamiento;
- Y a las descargas difusas (contaminación difusa) derivadas de actividades agrícolas o forestales, que llegan de forma indirecta a las corrientes de agua superficiales y también a las subterráneas. Todo esto nos lleva a que actualmente nuestro país posea cuerpos de agua deteriorados que deben ser recuperados.

¿Qué es la contaminación puntual? Es la contaminación como consecuencia de la incorporación de sus-

tancias líquidas, sólidas o gaseosas desde fuentes estacionarias e identificables. Por ejemplo las descargas de aguas servidas fábricas, plantas de tratamientos de aguas residuales, pozos de petróleo, entre otros. (Figura 23)

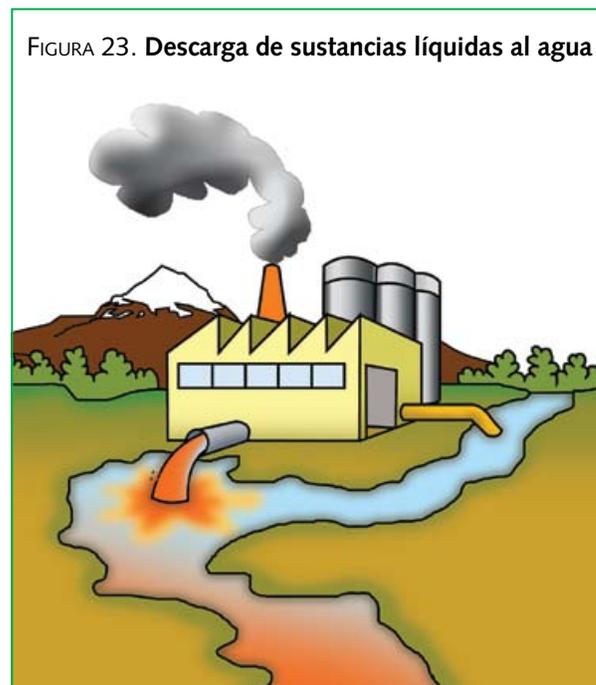


FIGURA 23. Descarga de sustancias líquidas al agua

Nota: Las aguas residuales son aquellas que han sido utilizadas para uso doméstico o industrial, por lo tanto, para poder usarlas deben ser tratadas previamente.

¿Qué es la contaminación difusa? Es la contaminación como consecuencia de múltiples descargas desde diversas fuentes no identificables que tienen los siguientes factores en común:

- No ocurren desde un mismo sitio;
- Son de distinto tipo y no actúan de manera continua ni periódica;
- Son de baja cantidad, por lo que no es el aporte individual, si no la sumatoria de ellos el que altera la calidad de las aguas.

Un ejemplo de contaminación de las aguas es la aplicación de plaguicidas (Figura 24) y fertilizantes.

FIGURA 24. Contaminación de las aguas por aplicación de plaguicidas



Contaminación del agua de riego

a) Principales contaminantes en el agua de riego

Los principales contaminantes del agua de riego son:

- Aguas residuales con alto contenido de elementos orgánicos y microorganismos;
- Basura doméstica e industrial;
- Nutrientes que estimulan el crecimiento de plantas acuáticas, por ejemplo, los nitratos y fosfatos presentes en los fertilizantes;
- Productos químicos (metales pesados, pesticidas, detergentes y productos resultantes de la descomposición de compuestos orgánicos);
- Aceites, grasas y otros derivados del petróleo;
- Minerales orgánicos;
- Partículas de suelo arrastradas por escurrimiento superficial, desde suelos erosionados, por ejemplo, los sedimentos (Foto 8).

Foto 8: Contaminación del agua de riego



b) Manejo agrícola que contribuye a la mala calidad del agua de riego.

Las prácticas agrícolas que más contribuyen a la contaminación difusa son:

- Fertilización excesiva al suelo;
- Exceso de insumos y aplicación descuidada para el control de plagas (plaguicidas);
- Pastoreo en suelos con cuerpos de agua vulnerable (con posibilidad de contaminarse).
- Exceso de labranza y preparación del suelo (erosión);
- Mal diseño del sistema de riego y aplicación deficiente de agua.

Contaminación de agua por aplicación de fertilizantes

En Chile, los fertilizantes empleados en mayor cantidad son los nitrogenados y los fosforados. El problema es que los fertilizantes nitrogenados son los más importantes en la contaminación difusa debido a las características del nitrógeno, que son las siguientes:

- Es el nutriente que los cultivos requieren en mayor cantidad, por lo que se aplica abundantemente.
- Es el nutriente más móvil (rápido movimiento) y soluble (se disuelve fácilmente en agua), por lo tanto, las plantas no lo aprovechan bien, se infiltra rápidamente en el suelo.
- Su exceso genera restricciones al consumo humano, debido a que es un elemento definido como cancerígeno por la Organización Mundial de la Salud.
- Es extremadamente sensible: cambia de forma química y de estado físico (sólido y gaseoso).

La contaminación de las aguas por fertilizantes se debe principalmente por la aplicación excesiva y por la falta de un programa de fertilización.

Recomendaciones para disminuir la contaminación del agua por fertilizantes

- Calcular la dosis de fertilizantes según la capacidad de uso del suelo, las necesidades del cultivo y las producciones esperadas.
- Realizar la fertilización en la época más recomendable para el cultivo.

- Evitar la aplicación de fertilizantes si hay pronóstico de lluvia las próximas 72 horas.
- Evitar fertilizantes de alta solubilidad (nitrogenados) en sitios con napa freática alta (es decir, a 1 m de profundidad o menos).
- Aplicar uniformemente el fertilizante en el suelo.
- Mantener el suelo cubierto con vegetación a fin de capturar el exceso de nitratos.
- Evitar el riego excesivo, ya que favorece la lixiviación (lavado del suelo).
- Aplicar el riego de manera uniforme, considerando las depresiones y la pendiente del terreno.
- Almacenar el fertilizante de manera que no sea alcanzado por las aguas, animales domésticos o animales-plagas.
- En caso de fertirrigación con riego presurizado, usar concentraciones adecuadas al cultivo.

¿Qué son las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)?

Las Buenas Prácticas Agrícolas son una serie de labores que se deben realizar en el predio para garantizar la calidad del producto al consumidor.

Las Buenas Prácticas Agrícolas incluyen acciones involucradas en la producción primaria de frutas, desde la preparación del terreno hasta la cosecha, el proceso de embalaje o packing y el transporte de éstas, de forma tal, que se asegure la pureza del producto, conservación de los recursos utilizados en la producción y seguridad de las personas involucradas en las labores productivas.

Es importante señalar que la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas estará sujeta a la voluntad del productor y al compromiso que adquiera para su implementación.

Bibliografía

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO. Manual de Manejo de Agua para la Agricultura Limpia.

HOLZAPFEL E., JARA J., MONTES L., JOUBLAN J. y MATTA R. 2001. Efecto del Nivel de Agua Aplicada en la Producción y Desarrollo de Naranjos Cultivar Thompson Navel. *Agro-ciencia* 17(1): 69-78.

HOLZAPFEL H. EDUARDO. Riego por Goteo y Microjet. Departamento de Recursos Hídricos Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción.

HSIAO T. 1990. Fisiología General, absorción de agua por las plantas, Curso internacional Manejo de Agua en Frutales. Departamento de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción.

JARA J., HOLZAPFEL E. y VALENZUELA A. 1987. Diseño de Métodos de Riego: Información básica. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Departamento de Ingeniería Agrícola. *Boletín de Extensión* N ° 25.

JARA R. J. y VALENZUELA A. A. 1998. Necesidades de agua en los cultivos. Comisión Nacional de Riego. Departamento de Recursos Hídricos, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción.

MALDONADO I., ISAAC (Ed.) 2001. Riego y Drenaje. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile..

MARTÍNEZ B. LEONCIO. 1998. Manual de Fertirrigación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación INTIHUASI.

MARTÍNEZ B. LEONCIO. 2000. Operación y Mantenimiento de Equipos de Riego para Pequeños Agricultores. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación INTIHUASI. *Boletín Técnico*.

MILLAR, AGUSTÍN A. 1993. Manejo de Agua y Producción Agrícola. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Oficina en Chile. 556p.

ORTEGA C. L. y SALGADO S. L. 2001. Drenaje en Suelos Agrícolas. Comisión Nacional de Riego. Corporación de Fomento de la Producción. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA-CARILLANCA.

ORTEGA F. S. y ACEVEDO O. C. 1999. Programación del Riego. Comisión Nacional de Riego. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias.

SALGADO L. 1991. Drenaje en Frutales. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Departamento de Ingeniería Agrícola. *Boletín de Extensión* N ° 49.

SALGADO L. 2000. Manual de Estándares Técnicos y Económicos para Obras de Drenaje. Comisión Nacional de Riego. Chillán 314 p.

SILVA C.P., ACEVEDO H.E. y SILVA R.H. 2000. Manual de Estudios y Ejercicios. Laboratorio Relación-Suelo-Agua-Planta, Facultad de Cs. Agronómicas, Universidad de Chile. ANTUMAPU.

VILLALOBOS F., MATEOS L., ORGAZ F. y FERERES E. 2002. *Fitotecnia "Bases y Tecnologías de la Producción Agrícola"*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México.



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Fundación para la Innovación Agraria

Loreley 1582, La Reina, Santiago
Fono (2) 431 30 00 - Fax (2) 431 30 64
www.fia.gob.cl

Centro de Documentación en Santiago

Loreley 1582, La Reina, Santiago
Fono (2) 431 30 96

Centro de Documentación en Talca

6 Norte 770, Talca
Fonofax (71) 218 408

Centro de Documentación en Temuco

Bilbao 931, Temuco
Fonofax (45) 743348