

# REQUERIMIENTOS DE AGUA Y NUTRICION DE CULTIVOS DE FLORES

Edgar Amézquita, Ph D. <sup>1</sup>

*Agradecimientos: El autor agradece muy comedidamente al "Grupo Chía" al haberle brindado la oportunidad de trabajar con ellos y poder entregar ahora este mensaje a la industria de las flores. Así mismo presenta su agradecimiento a la Sta. Dora Mariana Arias F., próximamente Ingeniero agrónomo por su gran colaboración en la reedición del texto.*

## 1. INTRODUCCION

El presente artículo reúne una serie de experiencias que el autor ha tenido durante su trabajo como asesor en manejo de suelos para el cultivo de flores. En él se discuten aspectos relacionados con la toma de agua por las plantas, se definen algunos términos y propiedades físicas que son de común ocurrencia en el vocabulario del personal que labora en flores, con el fin de uniformizar y de facilitar la toma de decisiones relacionadas con aplicaciones de agua o de soluciones nutritivas. Se enfatiza, además, que los sustratos para flores son en su mayoría predominantemente macroporosos y que por lo tanto la redistribución del agua dentro de las camas tiende a ser vertical y poco horizontal o en forma de bulbo, lo que dificulta el uso de solo riego por goteo y el cual debe ser complementado con aplicaciones de agua con manguera (poma).

El agua es el principal constituyente de los seres vivos. Una planta verde posee en su constitución entre un 90% y un 95% de agua. El porcentaje restante (10-5%) lo constituyen las cenizas, las cuales portan los elementos nutritivos. De esta distribución biológica surge el principio de la esencialidad del agua para las plantas.

En la producción de flores, la esencialidad del agua para obtener altos rendimientos es indiscutible, por cuanto el agua produce la hidratación e hinchamiento de las células y ambos fenómenos causan el crecimiento vegetal, por ello en floricultura es necesaria la relación de riegos frecuentes y eficientes.

El agua es, además, el vehículo de transporte de los elementos nutritivos desde el suelo hasta las raíces y desde éstas a toda la planta. Con el conocimiento, y con la puesta en práctica de estos dos criterios (esencialidad y vehículo de transporte) debe ser manejada el agua en el suelo en floricultura.

Quien maneja el riego debe estar consiente de que tiene en sus manos el factor responsable del 90% de la producción y de la calidad de las cosechas, por eso, debe estar permanentemente informado del estado de humedad y de la succión del agua del suelo y de la hidratación de las plantas. Solo así puede controlar cualquier riesgo de deshidratación de éstas, lo cual traería como consecuencia deficiencias en el transporte y distribución de las sustancias nutritivas, con la consecuente disminución en crecimiento y desarrollo y producción (ver tabla 1).

La tabla muestra que cuando la concentración de fósforo es baja (0.1 ppm) la cantidad absorbida de este elemento por 4 plantas (19.2 y 21.1 mg), no fue influida principalmente por la cantidad de agua transpirada absorbida: 0.7 ó 9.3 g de agua. Por el contrario, bajo alta concentración de fósforo (31 ppm) la cantidad absorbida de este elemento por las raíces y tallo, sí fue influido por la cantidad de agua transpirada: 0.8 u 8.4 g. En el primer caso (0.8 g) la absorción total de fósforo de 141.9 mg y en el segundo caso (8.4 g) de 414 mg. De lo anterior, se concluye que ambas: cantidad de agua transpirada y concentración de nutrientes en la solución, son igualmente indispensables para la nutrición de las plantas.

<sup>1</sup> Físico de Suelos. CIAT. A.A. 6713 Cali. Colombia.

**Tabla 1. Influencia de la Transpiración en la Absorción de Fósforo por Fresa.**

Concentración de P en la solución (ppm)	0.1		31	
Agua Transpirada (g)	0.7	9.3	0.8	8.4
P - Absorbido (mg/4pl)				
Raíz	7.5	9.6	62.1	123
Tallo	11.7	11.5	79.8	291
TOTAL	19.2	21.1	141.9	414

En el proceso de transpiración, el cual es regido por la demanda atmosférica imperante bajo los invernaderos, el agua debe moverse desde el suelo a las hojas y de éstas a la atmósfera en las cantidades que el déficit de saturación del vapor del agua de la atmósfera lo reclame.

Para que este proceso se realice sin limitaciones, debe haber en el suelo suficiente cantidad de agua y poseer éste rápida capacidad de transmisión de ésta (alta conductividad hidráulica no saturada), para que el movimiento se produzca a las velocidades creadas por la demanda atmosférica.

Si falla en el suelo la disponibilidad del agua (cantidad) o su velocidad de movimiento (conductividad), la planta sufre deshidratación en menor a mayor grado y por lo tanto se afecta negativamente la nutrición de la planta y su productividad.

Desde hace mucho tiempo se conoce que por el xilema la planta transporta en forma ascendente el agua y las sustancias nutritivas (sales inorgánicas y algunas sustancias orgánicas) hacia las hojas. Allí estas sustancias son utilizadas para formar sustancias orgánicas (fotosintetatos) de diferente grado de complejidad que bajan de nuevo a la raíz y que se distribuyen en la planta por los conductos del floema (*Figura 1*).

En los conceptos emitidos en el párrafo anterior, radica el principio de producción eficiente de cultivos, el cual en forma práctica se puede

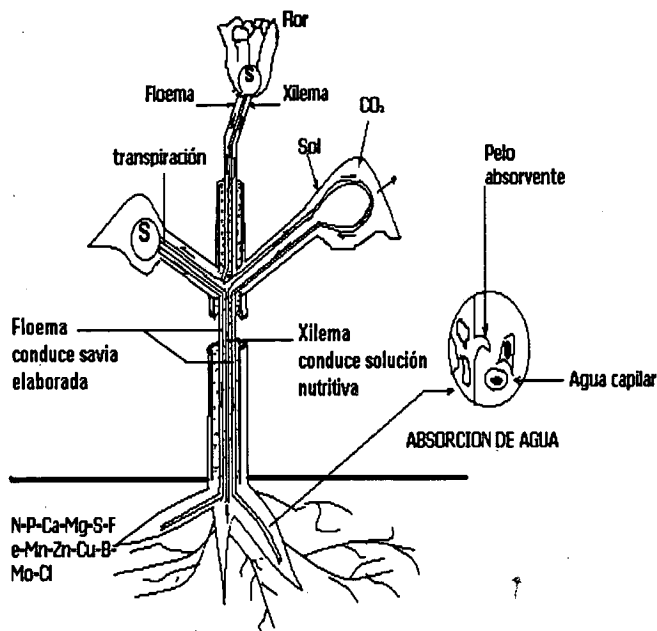
resumir así: por el xilema asciende la solución nutritiva (agua + nutrientes), en las hojas gracias al fenómeno de fotosíntesis se producen fotosintetatos que son distribuidos por el floema para nutrir las plantas y hacerlas producir.

Para que esto ocurra, es necesario que en ningún instante se presenten deficiencias ni nutricionales ni de agua a nivel de suelo. El manejo de suelos por eso tiene como uno de sus objetivos evitar que se presenten limitaciones en el proceso de absorción de agua y de nutrientes por las plantas.

El proceso de transferencia de agua (solución nutritiva) dentro del sistema suelo (planta  $\Rightarrow$  atmósfera) es gobernado por fenómenos capilares y regido por principios de termodinámica y de cambios en el potencial hidráulico dentro del sistema. Para que el fenómeno de absorción de agua y de nutrientes se dé, es necesario que haya continuidad en el tamaño de los poros de la interface suelo - planta (xilema). Si falla la continuidad, falla la absorción. Absorción es el proceso mediante el cual un elemento (M) pasa del sustrato (suelo, solución nutritiva) a cualquier parte de una célula viva (pared, citoplasma o vacuola).

Los requerimientos de agua por los cultivos, deben verse desde esta panorámica y por la influencia de las propiedades físicas del sustrato con los principios expuestos. Solo así, es posible solucionar los problemas de productividad y de calidad de los productos florales exportables.

## ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA ABSORCIÓN Y TRANSLOCACIÓN DE NUTRIENTES



## 2. DEFINICIONES ÚTILES PARA EL MANEJO DE SUELOS EN FLORICULTURA

**Capacidad de Campo:** Cantidad de agua (porcentaje de humedad) que queda en el suelo después de que éste ha sido mojado abundantemente y se ha dejado drenar por 48 horas evitando que haya pérdidas por evaporación. En suelos mezclados con cascarilla y con escoria o con ambas, la capacidad de campo se puede alcanzar después de 4 a 6 horas de haberse regado abundantemente por ser predominante macroporosos.

**Punto de Marchitez:** Cantidad de agua (porcentaje de humedad) que queda en el suelo después de que las plantas que en él crecen, mueran por deshidratación.

**Punto de Marchitez Temporal o Punto de Marchitez Agronómico:** Cantidad de agua o porcentaje de humedad que hay en el suelo cuando las plantas empiezan a mostrar síntomas de pérdida de turgencia por deshidratación a medio día, cuando se sucede la mayor intensidad lumínica y ocurren las más altas temperaturas.

**Agua Util o Agua Disponible:** Cantidad de agua que contiene el suelo y que puede ser utilizada por la planta. Desde el punto de vista práctico es la cantidad de agua que se almacena en el suelo entre capacidad de campo y punto de marchitez temporal. En éste volumen de agua se encuentra presente los nutrientes que utilizan las plantas, sea que provengan del suelo o de los fertilizantes, es la solución nutritiva del suelo.

**Humedad Gravimétrica:** Expresión porcentual de la cantidad de agua que posee el suelo expresada en función de peso. Está asociada con la textura y con la mezcla de mejoradores físicos (cascarilla y/o escoria) que se haya utilizado y con la frecuencia del riego. Es de poca utilidad agronómica.

**Humedad Volumétrica:** Expresión porcentual del contenido de humedad del suelo en función de volumen de agua sobre volumen de suelo. Es de gran utilidad agronómica porque permite llevar el contenido de humedad a términos de lámina de agua.

**Lámina de Agua:** Expresión del contenido de la humedad del suelo en términos equivalentes a altura de agua. Entre mayor sea la lámina a capacidad de campo, mayor es la disponibilidad de agua para las plantas y mayor la frecuencia entre riegos sucesivos.

**Capacidad de Almacenamiento:** Cantidad de agua que es necesario aplicar a un suelo para elevar su contenido actual hasta capacidad de campo.

**Riego:** Acción de aplicar agua a un suelo para elevar su contenido de humedad hasta capacidad de campo con el fin de que el cultivo disponga del máximo de agua aprovechable. Esta acción implica que haya mojamiento del suelo en la profundidad en que crecen las raíces.

**Frecuencia de Riego:** Período de tiempo, generalmente en días, que debe transcurrir entre la aplicación de un riego y la necesidad de volver a aplicar otro. Es variable es época de lluvias o de verano.

**Tiempo de Riego:** Tiempo que debe transcurrir para aplicar al suelo la cantidad de agua que éste requiere para llegar a capacidad de campo.

**Aforo:** Determinación de la cantidad de agua que por unidad de tiempo está entregando el sistema de riego al suelo bien sea por cacho, flauta, goteo, microaspersión, etc. Es indispensable hacer aforos diarios para poder saber con cuanta agua se riega cada cama. Por la falta de aforo se cometen muchos errores en riego y en fertirrigación.

**Agotamiento de Agua:** Disminución del contenido de agua del suelo en función de tiempo, por el uso que de ella hacen las plantas durante el proceso evapotranspirativo.

**Perfil de Humedad del Suelo:** Distribución del contenido de humedad del suelo en profundidad por capas u horizontes.

**Fertirrigación:** Aplicación de sales solubles que contienen los elementos nutritivos, en el agua de riego. Se cumplen dos principios fertilización y aplicación de agua.

**Solución Nutritiva de Suelo:** Medio acuoso en el cual se encuentran disueltos los nutrientes que debe tomar la planta. La dinámica del proceso de absorción de nutrientes de esta solución junto con la fotosíntesis, constituye los fenómenos básicos para el crecimiento, desarrollo y producción vegetal y, por tanto, del negocio de la agricultura.

**Riego de Refrescamiento:** riego que se aplica a las plantas recién sembradas o a plantas en crecimiento, cuando la evapotranspiración es muy elevada a medio día, con el propósito de que no se deshidraten. Generalmente se aplica con poma. Las cantidades de agua que se utilizan son bajas.

**Riego de Lavado:** Cantidad de agua que es necesario aplicar en exceso de capacidad de campo para lavar las sales presentes en el suelo. Generalmente se utiliza un 25 a 50% de agua adicional.

**Mojamiento del Suelo:** Capacidad del suelo de imbibirse de agua y de transmitirla en profundidad cuando se riega. El riego cumple su objetivo cuando logra mojar el suelo. Es muy común encontrar suelos que a pesar de que se riegan no se mojan. Es indispensable que el técnico evalúe permanentemente la profundidad de mojamamiento de su suelo y no se confíe de que porque está regando está mojando el suelo.

**Conductividad Hidráulica:** Capacidad del suelo para transmitir el agua por su sistema poroso, tanto cuando el suelo está saturado (conductividad a saturación), como cuando no lo está (conductividad no saturada). La nutrición de las plantas depende mucho de la conductividad hidráulica no saturada y de la composición de la solución del agua del suelo.

**Espacio Aéreo:** Fracción de la porosidad total no ocupada por agua cuando el suelo está a capacidad de campo. Cuando un suelo está inundado su espacio aéreo es cero, cuando está totalmente seco, el espacio aéreo es igual a la porosidad total. Para flores un buen espacio aéreo a capacidad de campo debe estar entre 20% y 25%.

**Densidad Aparente:** Es la relación masa/volumen del suelo. Si la densidad aparente es alta (Ej.: 1.45 g/ml) el suelo está compactado y las raíces de las plantas no pueden crecer. Por el contrario un suelo de baja densidad aparente (Ej.: <1.0) es un suelo ligero de alta porosidad que facilita la penetración de las raíces.

**Porosidad Total:** Es la relación que existe entre el volumen total de poros que tiene un suelo y el volumen de la parte sólida del mismo. Se calcula a partir de la densidad aparente y de la densidad de partículas. Una porosidad alta (Ej.: >55%) garantiza que el suelo es poroso, pero no necesariamente su funcionamiento en relación con el crecimiento de las plantas, para ello, es necesario dividir la porosidad total en clases de poros. Por ejemplo los macroporos son poros grandes que no retienen agua pero sirven para dar aireación al suelo, solo por ellos crecen las raíces. En los mesoporos se almacena el "agua

aprovechable" por las plantas, por lo tanto de su presencia y abundancia depende la nutrición constante y equilibrada de los cultivos. Los microporos no son importantes desde el punto de vista de agua por que son demasiados pequeños, pero en ellos, se realizan las reacciones de reducción del Fe y del Mn, los cuales son esenciales y asimilables solo en forma reducida.

Un buen suelo para floricultura debería contener alrededor de 20% - 25% de macroporos; 20% - 25% de mesoporos y 15% - 20% de microporos. Llegar a conseguir estas proporciones no es fácil, pero la filosofía de preparación de suelos y de camas debe tender a buscar ese fin. Como conclusión, debe tenerse en claro que no es solo la porosidad total, la propiedad que ayuda a obtener buenas cosechas, sino la distribución adecuada de los poros dentro de esa porosidad, la que determina el comportamiento nutritivo y funcional del suelo para las plantas de flores.

**Perfil Cultural del Suelo:** Es la descripción y cuantificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas, que presenta la parte superior del suelo, en relación con la capacidad del suelo para producir cosechas abundantes y rentables bajo determinadas condiciones de clima y de manejo.

### 3. APLICACIONES DE AGUA EN FLORICULTURA

#### 3.1 IMPORTANCIA DEL AGUA PARA LAS PLANTAS

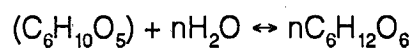
Los organismos vivos por haberse originado y evolucionado en ambientes acuosos, son absolutamente dependientes del agua. Sin la presencia del agua, la vida como se conoce, no existiría.

El agua es esencial para las plantas por las siguientes razones:

a. Es un constituyente primordial para el protoplasma celular, llegando a ocupar hasta 95% de su constitución. Cuando el protoplasma se deshidrata, deja de ser activo y por debajo

de cierto límite de contenido de agua muere. Esto ocurre, por que las sustancias orgánicas hidratadas (carbohidratos, proteínas, ácidos nucleicos, etc.), que se hallan en el protoplasma cambian sus propiedades físicas y químicas al perder el agua.

b. El agua participa directamente en numerosas reacciones químicas que ocurren dentro del protoplasma. Las reacciones de hidrólisis y condensación, son importantes en varios procesos metabólicos, tales como la interconversión de carbohidratos.



Almidón                  Glucosa

c. El agua es el solvente en el cual muchas sustancias están disueltas y en el cual se llevan a cabo reacciones químicas.

d. Gran parte del agua en las plantas, se presenta en las vacuolas siendo las responsables de mantener la turgidez de las células y por lo tanto de toda la planta.

e. Las láminas delgadas y continuas de agua que rodean cada célula de la planta, crean microespacios entre el material sólido y la pared celular, permitiendo la entrada y movimiento de sustancias a través de la planta.

f. El agua es el medio en el cual se mueven las sustancias disueltas en el xilema y floema. Es el medio en el cual los gametos móviles efectúan la fertilización y en el que se sucede la diseminación de esporas, frutos y semillas.

El consumo de agua por los cultivos agrícolas normalmente se refiere a toda el agua perdida a través de las plantas por transpiración y gutación, del suelo por evaporación más el agua retenida en los tejidos vegetales.

El agua retenida por los tejidos vegetales es alta, sin embargo, es generalmente menor del 10% del total de agua evapotranspirada durante el ciclo de crecimiento de un cultivo. La *figura 1*, muestra

diagramáticamente las cantidades relativas de agua transpirada, retenida y consumida por el maíz.

### 3.2 AGUA DE EL SUELO

El agua en el suelo es retenida por fuerzas de adhesión, cohesión y capilaridad. El fenómeno de adhesión ocurre cuando láminas moleculares de agua se ponen en contacto con partículas del suelo, el de cohesión cuando más láminas de agua se unen a las láminas adheridas y el de capilaridad cuando las láminas cohesionadas encuentran los capilares (poros) del suelo.

Desde el punto de vista agrícola es interesante considerar tres tipos de tamaño de poros en el suelo: macro, meso y microporos. Por los primeros el agua se mueve libremente obedeciendo a la ley de gravedad. Son los poros de drenaje y de aireación del suelo. Por otro lado, son los poros por los cuales crecen los pelos radiculares, se constituyen así, en definitivos para permitir el desarrollo de las raíces y con ello de contribuir a la capacidad de absorción de agua y de nutrimento por las plantas.

En los segundos, los mesoporos, se almacena el agua aprovechable, la cual es definida como la cantidad de agua (volumen o lámina), que ocurre capacidad de campo (cc) y punto de marchitez permanente (PMP). La capacidad de campo, es la máxima cantidad de agua (%) que un suelo puede retener contra la gravedad después de que se ha mojado abundantemente y ha drenado por 48 o 72 horas. Preferiblemente debe determinarse en el campo con las condiciones de manejo de suelos de cultivos existentes.

El PMP se ha definido como la cantidad de agua presente en el suelo cuando un cultivo se marchita permanentemente. Involucra muerte en la planta en una atmósfera de alta humedad relativa (cerca al 100%). Agronómicamente debe determinarse el punto de marchitez temporal (PMT) que corresponde al contenido de humedad el suelo cuando los cultivos en el campo pierden la turgencia al medio día.

Usualmente estos puntos de humedad tan importantes, se han determinado en el laboratorio sometiendo muestras disturbadas o indisturbadas a equilibrio con presiones correspondientes a 0.3 (cc) y 15 (PMP) bares (30 y 1500 K Pa), sin embargo, esta metodología no puede ser tan precisa como hacerlo con las condiciones de campo y de manejo en que esté trabajando.

La interpretación agronómica del agua presente en los mesoporos, depende de qué tan grande es la diferencia de contenido de humedad volumétrica entre CC y PMT. Por ejemplo, Un suelo que presente una diferencia de 20% tendrá una humedad aprovechable mayor que otro cuya diferencia sea de 15%. Para fines prácticos de uso consuntivo estos valores deben convertirse a términos de lámina multiplicando la humedad aprovechable en términos unitarios (0.20 a 0.15) por la profundidad de enraizamiento.

Un ejemplo, ilustra mejor esta situación si para ambos casos se considera una profundidad de 25 cm.

$$25 \text{ cm.} \times 0.20 = 5.0 \text{ cm.}$$

$$25 \text{ cm.} \times 0.15 = 3.75 \text{ cm.}$$

El primer suelo tendrá una lámina correspondiente a 5.0 cm., y el segundo de 3.75 cm. a una profundidad de 25 cm.

En la interpretación también debe tenerse en cuenta el clima o demanda atmosférica bajo la cual crece el cultivo.

Los microporos aunque son muy importantes desde el punto de vista mineralógico, no lo son desde el punto de vista agrícola funcional.

### 3.3 MOVIMIENTO DE AGUA DENTRO DEL SISTEMA SUELO-PLANTA-ATMOSFERA

El movimiento del agua dentro del sistema suelo - planta - atmósfera, obedece a diferencias de potencial de humedad entre los componentes de este sistema. El potencial de humedad en la atmósfera es creado por el comportamiento instantáneo de la humedad relativa. Cuando la humedad relativa es baja (media día) se produce un potencial atmosférico más negativo y aumenta

la demanda transpirativa de los cultivos. Si la conductividad hidráulica del suelo y de la planta es alta el agua fluye dentro del sistema para suplir la demanda transpirativa, pero si es baja, la rata de flujo es baja y la planta tiende a ceder agua de sus tejidos perdiendo su turgidez y originando el punto de marchitez temporal.

Una planta que pierde turgidez disminuye o anula su actividad fotosintética y por lo tanto, deja de producir materia verde afectándose negativamente los rendimientos.

## **4. TIPOS DE RIEGO EN FLORICULTURA**

### **4.1 RIEGOS PRESIEMBRA**

En floricultura, dependiendo de qué tan fácil se moja el suelo y de las necesidades de agua que presentan los cultivos, de acuerdo a su estado de desarrollo, se deben dar riegos pesados que lleven el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo por lo menos hasta unos 20 cm. o 30 cm. de profundidad o suministrar riegos suaves o ligeros que ayuden a mantener el suelo a capacidad de campo.

En suelos con características de livianos o francos el riego presiembra puede ser pesado, pero en suelos de comportamiento arcilloso debe ser ligero para evitar que en la labor de siembra, se adhiera el suelo a las manos a los operarios y se dificulte la labor.

Después del riego de presiembra el suelo debe quedar mojado suficientemente (sin excesos) por lo menos hasta la profundidad que tengan las raíces de las plantas que se van a sembrar, para evitar que el prendimiento sea poco o no se dé por falta de mojamiento del suelo.

El riego de presiembra debe mojar al suelo en profundidad (es necesario evaluarlo en el campo) y debe ser hecho 2 o 3 días antes de la siembra en suelos arcillosos y 1 a 2 días antes de la siembra, en suelos livianos o medios.

El objetivo principal del riego presiembra es el de mojar el suelo en profundidad, para poderlo

manejar en el futuro con riesgos complementarios. El riego presiembra puede hacerse con flauta o aspersión. En cualquiera de los casos debe evitarse que el agua aplicada golpee con alta intensidad la superficie del suelo para evitar el encostre superficialmente.

### **4.2 RIEGOS REFRESCANTES**

El riego de refrescamiento se hace en floricultura con el objetivo de mantener una humedad relativa alta alrededor de las plantas recién sembradas o estresadas, para que no se deshidraten. Este riego humedece muy superficialmente al suelo, el agua se pierde muy rápidamente por evaporación y no ayuda al mantenimiento de un buen nivel de humedad en el suelo (cercano a capacidad de campo) en profundidad.

El riego de refrescamiento es absolutamente indispensable en floricultura en las etapas de prendimiento y en los días calurosos (hacia medio día). En ambos casos para controlar la deshidratación de las plantas y no para mojar el suelo. Puede hacerse con poma, flauta o aspersión, es un riego de corta duración que moja planta y superficialmente al suelo.

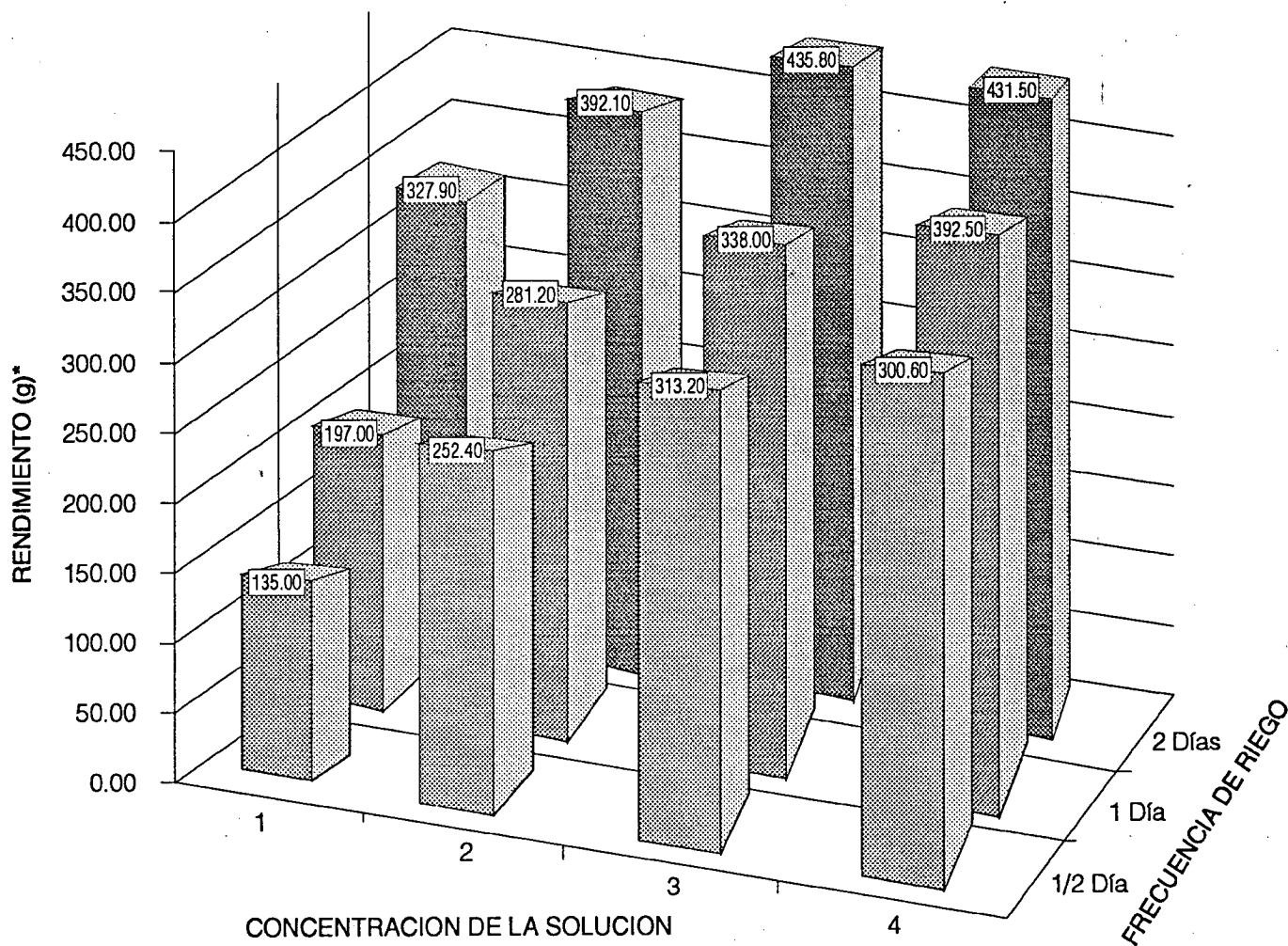
### **4.3 RIEGO DE PRODUCCION**

Es el riego diario o interdiario que se aplica a los suelos que se aplica a los suelos que se cultivan con flores, para que las plantas dispongan de la cantidad adecuada de agua que necesitan para su crecimiento y desarrollo. El crecimiento de las plantas se basa en la hidratación, hinchamiento y estiramiento de las células, gracias al ingreso del agua absorbida por las raíces, la cual como se explicaba en la introducción es, además, portadora de elementos nutritivos y otras sustancias indispensables para crecimiento y desarrollo de los vegetales.

El riego de producción debe cumplir con el objetivo de mantener tan permanentemente como sea posible el contenido de humedad del suelo a o muy cerca de capacidad de campo. A capacidad de campo el agua es muy fácilmente tomada por las raíces y transportada a la parte aérea. A capacidad de campo la conductividad hidráulica no saturada, es la más alta que se puede poseer

## INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE LA SOLUCION NUTRITIVA Y DE LA FRECUENCIA DE RIEGOS EN LOS RENDIMIENTOS DE CLAVEL

(\* Peso Fresco promedio de 16 plantas por tratamiento)



en el suelo, en condiciones normales de producción vegetal. Cuando el contenido de humedad del suelo disminuye de capacidad de campo, por haber sido absorbida por los cultivos, la conductividad hidráulica se hace menor y por lo tanto también la transmisión de agua del suelo hacia las raíces y se pueden originar déficit de agua en las plantas.

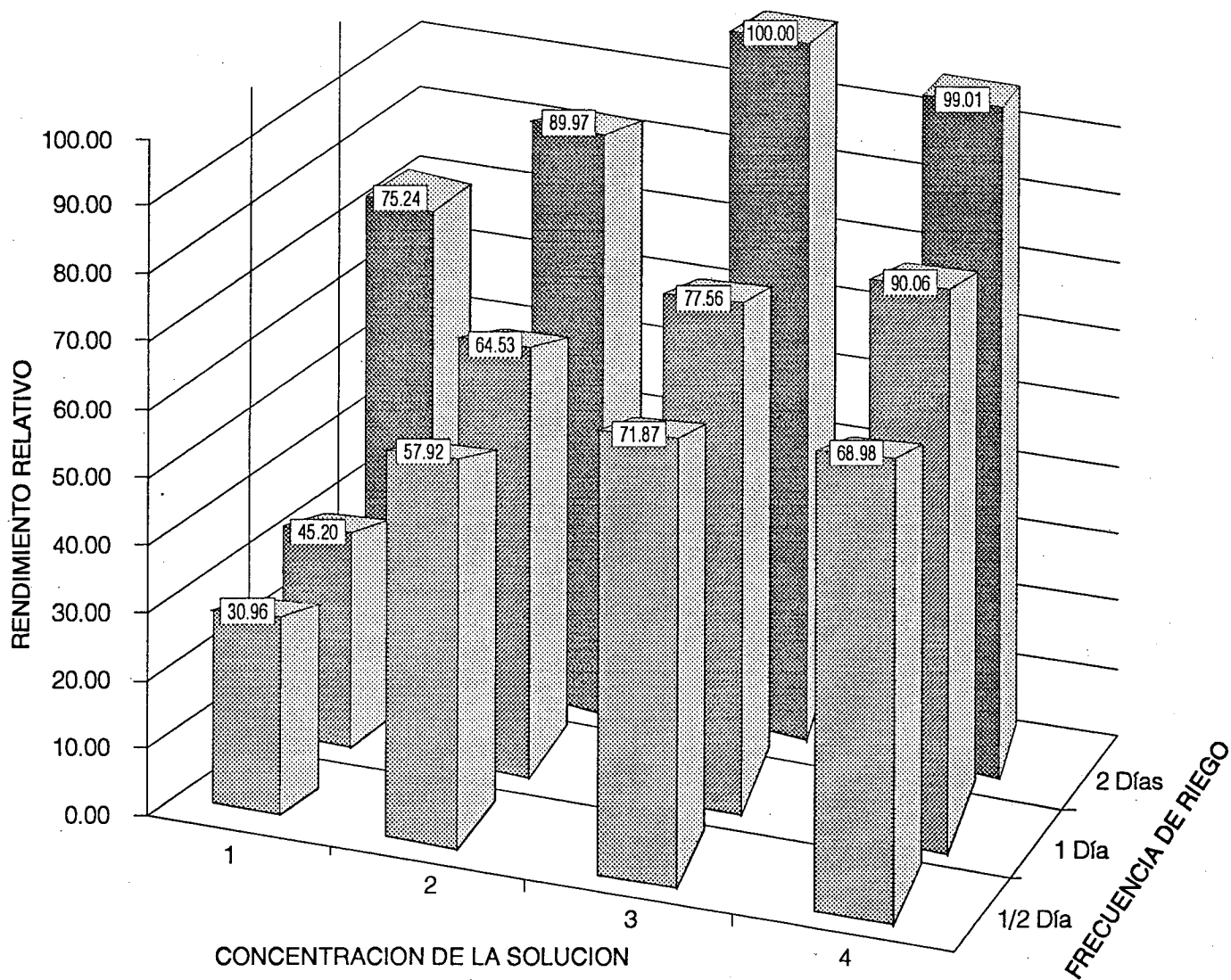
### 4.4 FRECUENCIA DE RIEGO

La frecuencia de riego depende de sus objetivos. El riego de refrescamiento debe hacerse tan frecuentemente como lo requieran las plantas recién sembradas o aquellas que estando en

estados más avanzados de desarrollo productivo o vegetativo estén perdiendo su turgencia. La pérdida de turgencia es una manifestación de la alta demanda evaporativa impuesta por las condiciones climáticas de alta temperatura y alta luminosidad que se presentan en los invernaderos.

En el riego de producción, la dotación de agua debe ser permanente y siempre enfocada a devolver al suelo el agua necesaria para llevarlo de nuevo a capacidad de campo. En producción de flores, es conveniente hacer riegos diarios en lugar de hacerlos interdiarios a cada dos días. Inclusive hoy se tiende a hacer varios riegos cortos durante el día (ver gráficas 2 y 3). Las

### INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION NUTRITIVA Y DE LA FRECUENCIA DE RIEGOS EN LOS RENDIMIENTOS RELATIVOS DE CLAVEL



gráficas claramente muestran cuando se aumenta la frecuencia de riego, de un riego cada dos días a dos riegos diarios, los rendimientos del clavel se aumentaron más que cuando se incrementó la concentración de la solución de  $\frac{1}{4}$  a 2, aunque para la combinación frecuencia - concentración siempre hubo efecto positivo.

La importancia de hacer riegos frecuentes, radica fundamentalmente, en que permanentemente se le está devolviendo al suelo el agua que ha sido tomada por los cultivos y por lo tanto, siempre tendrá agua disponible y por lo otro lado, en que

teniendo el suelo un buen contenido de humedad, no se disminuye tan drásticamente la conductividad hidráulica como cuando el suelo se seca.

#### 4.5 CANTIDAD DE AGUA EN CADA RIEGO

La cantidad de agua que se debe suministrar en cada riego depende de la cantidad de agua consumida del riego anterior. El suelo tiene una capacidad de almacenamiento hasta capacidad de campo, el riego debe completar el agua actual, hasta restituir de nuevo el contenido a capacidad de campo.

Lo anterior lleva a concluir que si las condiciones climáticas imperantes son similares día tras día, los requerimientos de riego son iguales, pero si ellas son variables los requerimientos de riego también lo son. Se recomienda en días nublados aplicar menos cantidad de agua que en días brillantes.

En producción de flores se está utilizando como criterio aplicar 1 m<sup>3</sup> por cama (30 m. x 1,3 m.) por semana. Aunque esto ha dado buenos resultados carece de un análisis mas profundo de utilización y eficiencia de uso de agua y de soluciones nutritivas.

Posiblemente esa cantidad sea buena para algunos suelos y algunos cultivos pero no para todos los suelos y cultivos. Cuando se aplica semanalmente (7 días) 1 m<sup>3</sup> de agua se está haciendo una aplicación equivalente aproximada de 143 litros/día/cama o 3.96 mm/día, lo que equivaldría a la evapotranspiración diaria.

#### 4.6 CALCULO DE LA CANTIDAD DE AGUA PARA CADA RIEGO

La cantidad de agua a aplicar en cada riego (riego de producción) depende del consumo de agua (uso consecutivo) que haya habido desde la última vez que se regó, o sea, del agotamiento del agua del suelo desde el riego anterior el cual depende de la intensidad con que las fuerzas evapotranspiratorias hayan actuado sobre el sistema suelo - cultivo.

Hay dos formas técnicas de calcular la cantidad de agua que ha sido consumida:

1. Determinación del contenido actual de agua del suelo.
2. Determinación de la cantidad que se haya evapotranspirado desde el ultimo riego al momento actual.

Se explicará cada uno de estos puntos:

##### 4.6.1 DETERMINACION DEL CONTENIDO ACTUAL DE AGUA DEL SUELO

A medida que pasa el tiempo desde el ultimo riego, las plantas están tomando agua y nutrientes a cada instante durante el día, para poder formar biomasa a través del proceso fotosintético. El agua disponible del suelo, la cual es absorbida por las raíces para ser transpirada, empieza a agotarse en función del tiempo y de la profundidad de acción de las raíces, hasta alcanzar valores tan bajos que ya las raíces no pueden absorberla, necesiándose por lo tanto recargar de nuevo el agua consumida.

Supóngase que en la caracterización del perfil físico del suelo, se obtuvieron los siguientes datos (estos datos son comunes en camas con cascarilla en la Sabana de Bogotá):

Prof. Cm	Capacidad de campo (%) $\theta_v$	Punto de marchitez agronómico (%) $\theta_v$	Agua aprovechable (%)	Lámina de Agua aprovechable Cm.	Lámina de Agua aprovechable mm.
0 - 7	32	17	15	1.05	10.5
7 - 25	31	18	13	2.34	23.4
25 - 40	29	16	13	2.40	24.0

**Nota:** Capacidad de campo y punto de marchitez deben ser determinados directamente en las camas del cultivo.

$\theta_v$  = Humedad volumétrica % agua aprovechable = %cc - %PMA

Lamina aprovechable = agua aprovechable/100 \* profundidad.

Supóngase ahora que a las mismas profundidades se tomaran muestras de humedad del suelo 3 días después de haber regado el suelo y de haberlo llevado a capacidad de campo y que se encontraron los siguientes contenidos de humedad gravimétrica: 32.5%, 26.8% y 19.5 % respectivamente desde la capa superior a la más inferior. Se desea entonces saber cuánta agua en función de lámina se ha consumido y con cuanta agua debe regarse para llevar de nuevo el suelo a capacidad de campo:

Datos con que se cuenta:

Prof. Cm.	C. de C (% $\theta_v$ )	Humedad actual (% $\theta_v$ )	Densidad aparente (g. cm <sup>-3</sup> )	Humedad actual (% $\theta_v$ )	Humedad consumida (% $\theta_v$ )	Lámina consumida (cm)	Lamina consumida (mm)	Lámina a aplicar (mm)
0-7	32.0	31.5	0.70	22.05	9.95	0.69	6.97	6.97
7-25	31.0	35.8	0.75	26.85	4.15	0.75	7.50	7.50
25-40	29.0	35.4	0.82	29.02	0.00	0.00	0.00	14.47

**Nota:**

Humedad gravimétrica (% $\theta_w$ ) se determina en laboratorio.

Densidad aparente (Pa): se puede determinar.

% $\theta_v$  = % $\theta_w$  x Pa.

De lo anterior se puede concluir:

- Que en los tres días que han transcurrido se han consumido: 4.8 mm/día igual a 14.47/3.
- Que para volver a llevar el suelo a capacidad de campo es necesario aplicar después de tres días una lámina de 14.47 mm (14.47 L/m<sup>2</sup>); 520 L/cama de 36 m<sup>2</sup>.
- Que la lámina debe mojar el suelo hasta una profundidad de 25 cm, ya que a más profundidad el suelo permanece a capacidad de campo.
- Que para comprobar si el agua penetró a esa profundidad, es necesario chequear la profundidad de humedecimiento con barreno de tubo hasta 25 cm.
- Que las raíces activas están consumiendo solución nutritiva (agua del suelo) de las dos primeras capas; aproximadamente 1 mm de agua por cada cm. de suelo de la primera capa y 0.42 mm de agua por cm de suelo de la segunda capa.

El principal problema que surge cuando se hace muestreo para determinar el contenido de humedad actual del suelo es que debe transcurrir mínimo 24 horas para poder secar las muestras en laboratorio a 105°C - 110°C, es decir, que siempre habrá un retraso de un día respecto al conocimiento de la humedad actual.

Para evitarse este problema se han ideado aparatos, como los bloques en yeso, los de nylon y los tensiómetros, mediante los cuales una vez se hayan hecho correlaciones entre la humedad actual del suelo y la lectura correspondiente es estos aparatos, es posible conocer el porcentaje de humedad que servirá para hacer los cálculos.

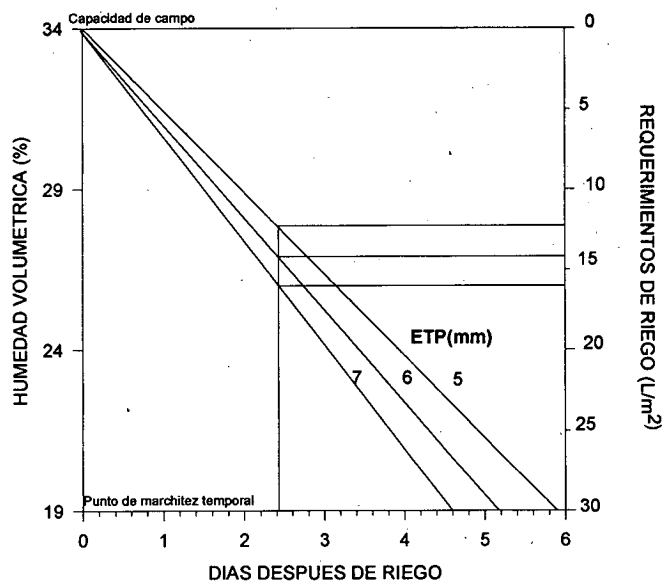
#### 4.6.2 DETERMINACION DE LA CANTIDAD DE AGUA EVAPOTRANSPIRADA

En agricultura tecnificada bajo riego, se han desarrollado una serie de formulaciones matemáticas que correlacionan la evaporación en tanque "A", con algunos de los parámetros climáticos que la determinan. Así, se ha determinado la evapotranspiración potencial para todos los sistemas de riego en el mundo. La degradación por salinidad de casi todos esos

sistemas, muestra claramente que la consideración de los factores de suelo que tienen que ver con almacenamiento y transmisión de agua, es la principal causa de su falta de sostenibilidad. Con el propósito de obviar los problemas mencionados y de desarrollar nuevas metodologías para hacer un riego más eficiente es necesario hacer una caracterización física de suelo de las camas, mediante la cual es posible construir, un diagrama para el cálculo de lámina de riego a partir de los parámetros básicos de agotamiento de agua en función de tiempo y de evapotranspiración.

A manera de ejemplo, se presenta el monograma siguiente. En el lado izquierdo aparece el contenido de humedad promedio de capacidad de campo (30%) y de punto de marchitez temporal (19%).

### REQUERIMIENTOS DE RIEGO



En la parte baja (horizontal) del gráfico aparece el número de días que transcurrirían para que se agote el agua disponible del suelo, en función de la demanda evaporativa, interpretada para días brillantes (ETP 7 mm/día), días claros (ETP 6 mm/día) y normales (ETP 5 mm/día). Hacia el lado derecho aparece en la línea vertical la cantidad de agua expresada en función de mm/m<sup>2</sup> que es

necesario aplicar con el riego para devolver el contenido de humedad a capacidad de campo.

Ejemplo: supóngase que las camas se llevaron a capacidad de campo, aplicando 30 mm de agua/m<sup>2</sup> (30 mm x 30 m<sup>2</sup> = 900 L/cama) después de que ellas habían alcanzado el punto de marchitez temporal (el dato de 30 mm/m<sup>2</sup> procede de la escala de la derecha) y que han transcurrido 3 días después del riego.

Se desea saber con cuánta agua es necesario regar si los días han sido normales (5 mm ETP), claros (6 mm ETP) y brillantes (7 mm ETP).

Entrando por el eje de la "x" se encuentra el día 3, se traza una vertical que corte las líneas oblicuas de agotamiento de agua en términos de ETP que se ha estado presentado, se traza una paralela al eje "X", donde esta paralela corta la vertical de la derecha se encuentra la cantidad de agua que por m<sup>2</sup> se debe aplicar, la cual multiplicada por el área de la cama, dará la dosis de riego a aplicar. En este caso, si los días son normales se debe regar cada 3 días con 15 L/m<sup>2</sup>, si son claros son 18 L/m<sup>2</sup> y si son brillantes con 21 L/m<sup>2</sup>.

Dentro de la metodología de determinar el agua evapotranspirada podría mencionarse la siguiente, que por su facilidad de aplicación puede implementarse:

En uno, dos o más bloques representativos de las condiciones de cada uno de los cultivos de flores que se proceden, poner por lo menos tres tinajas grandes de 40 cm a 60 cm de diámetros por 25 cm a 35 cm de altura con agua y evaluar diariamente por medio de una regla graduada en mm, la cantidad de agua que se evaporó el día anterior. Esta lectura debe hacerse a las 7 a.m. para que el director del cultivo o la persona que él designe haga los cálculos de cantidad de agua con que es necesario regar y de la orden correspondiente.

El cálculo a hacer es el siguiente: basta multiplicar los milímetros perdidos por evaporación por el área de la cama, para obtener la cantidad de litros que hay que aplicar por cama ya que un mm. evaporado equivale a 1 l/m<sup>2</sup>.

La determinación diaria de la cantidad de agua perdida el día anterior, corresponde al agua evaporada y no a la evapotranspiración, que generalmente es menor por el efecto que la cobertura vegetal ejerce sobre la evaporación. Poco a poco técnico del cultivo y asesor irán ajustando el efecto de la cobertura para condición específica de empresa y cultivo.

Para llegar a evapotranspiración es necesario multiplicar con el valor obtenido de evaporación por un coeficiente inferior a 1.0.

## 7. CUIDADOS ESPECIALES PARA EL RIEGO

La acción de regar es la que más repercute en la producción de los cultivos de flores. Hay una relación directa y altamente significativa entre agua disponible en el suelo con la fotosíntesis y la producción. Si no hay en el suelo suficiente agua disponible no habrá formación de biomasa y por lo tanto no habrá producción o será muy baja, por esto es por lo que debe darse especial cuidado a la práctica del riego. Los siguientes puntos deben tenerse en cuenta:

1. Calcular lo más acertadamente posible la cantidad de agua con que es necesario regar.
2. Asegurarse que esa agua entre efectivamente al suelo hasta una profundidad de 20 cm. y que no se pierda por escorrentia superficial para posteriormente mojar los caminos y no las camas.
3. Para que el agua entre efectivamente en el suelo, éste no debe presentar costras superficiales que proporcionen más la escorrentia que el mojamiento. Si el suelo está encostrado o se encostra es necesario escarificarlo permanentemente.

El tiempo entre una escarificada y la siguiente depende del suelo (estabilidad estructural) y de la intensidad con que se aplique el agua (golpe con que el agua impacta al suelo).

4. Para poder dosificar bien el agua que se va a aplicar es necesario hacer aforos permanentes hasta que se tenga seguridad de la cantidad de agua con que se riega.

Al aforo debe hacerse con plena conciencia y representatividad de las condiciones en que se está regando.

Cuando se riega por pomas, por aspersión o por microaspersión deben colocarse unos 10 recipientes de 10 cm. a 15 cm. de diámetro en varias posiciones para evaluar la cantidad de agua con que se está regando. La evaluación se hace en función del tiempo de riego. Los resultados obtenidos deben permitir el hacer los ajustes necesarios para poder aplicar con uniformidad la cantidad de agua que se ha planeado aplicar.

Cuando se riega con cacho o flauta se deben hacer aforos diarios. El técnico debe quedar satisfecho cuando en función de un tiempo dado se coseche en un tanque el volumen de agua correspondiente a ese tiempo.

A manera de ejemplo se presenta la siguiente tabla, pero el técnico debe elaborar su propia tablas, para el sitio donde está regando. El aforo del ejemplo supone que se está utilizando un recipiente de 20 litros dependiendo de la apertura del registro se llena en 15, 20, ... 50 segundos, con estos datos se construye el cuerpo de la tabla asumiendo que el regador se demore se demore 5, 6, 7 u 8 minutos regando una cama.

5. Solo se puede estar seguro de que se ha regado efectivamente, cuando después de haber aplicado la cantidad calculada en el tiempo planeado el agua ha mojado el suelo hasta 20 cm de profundidad, lo cual se puede comprobar mediante el barreno de tubo.

Si el riego no moja el suelo en profundidad no se ha regado

6. Si el suelo se moja en profundidad, los próximos riegos serán eficientes, como eficientes serán

Recipiente (L)	Tiempo (seg.)	5min/cama	6min/cama	7min/cama	8min/cama
20	15	400	480	267	640
	20	300	360	350	480
	25	240	288	280	384
	30	200	240	233	320
	40	150	180	175	240
	40	120	144	140	192

todos los programas de fertilización que se hagan.

7. Un suelo que se humedece en profundidad no se saliniza o si esto ocurre es fácil de lavar.

Para lavar un suelo que se está salinizando es necesario aplicarle un 25% a 50% más del Agua que se requiere para llevarlo a capacidad de campo. A nivel de fondo de cama se exige que haya buen drenaje y buena evacuación del agua sobrante.

## 8. FERTIRRIGACION

La fertirrigación básicamente consiste en la aplicación de elementos nutritivos en las aguas de riego. Para ello, se utilizan sales inorgánicas de alta solubilidad que contienen uno o más elementos nutritivos.

Con relación a la fertilización sólida, la fertirrigación, tiene la ventaja de que los elementos aplicados van disueltos en el agua de riego y por lo tanto son rápidamente absorbidos y utilizados por las plantas, permitiendo, además, solucionar rápidamente problemas de deficiencias específicas. Sin embargo, es necesario aclarar que en el funcionamiento del suelo como medio para el desarrollo de las plantas, intervienen varias formas en las cuales se presentan los elementos

nutritivos, resumidamente ellas son: no intercambiables, intercambiables y en solución. La fertirrigación aumenta el contenido de los nutrientes en la solución, pero poco o muy poco los contenidos intercambiables y posiblemente menos aún los no intercambiables.

La fertilización sólida incrementa las cantidades intercambiables y las presentes en la solución y es más o menos eficiente dependiendo de si hay suficiente cantidad de agua disponible en el suelo para disolver y movilizar los elementos nutritivos hacia la raíz o si esa cantidad es insuficiente, en cuyo caso la eficiencia de la fertilización es muy baja. Se requiere entonces, como se afirmaba en la introducción, que los nutrientes estén disueltos en el agua del suelo (solución nutritiva) para que puedan moverse hacia las raíces y ser tomados y utilizados por las plantas.

Se conocen tres formas mediante las cuales los nutrientes llegan a ponerse en contacto con las raíces. (Figura 1).

1. Intercepción por las raíces.
2. Flujo en masa
3. Difusión.

**INTERCEPCION POR LAS RAICES**

En este proceso, las raíces a medida que van creciendo por el espacio poroso del suelo (macroporos) van encontrando nutrientes disponibles, los cuales son absorbidos por ellas, en las cantidades que ellas en un momento dado de su crecimiento y desarrollo lo requieren. Esto implica que en el suelo debería haber homogeneidad en la distribución de los elementos nutritivos respecto a cantidades y distribución de los elementos nutritivos respecto a cantidades y disponibilidad.

En fertirrigación, cuando se hace una buena aplicación de riego (uniformidad horizontal, vertical y calidad de la solución nutritiva respecto a los requerimientos nutricionales) y éste baña las raíces activas de las plantas se produce este tipo de contacto ion - raíz y los nutrientes son absorbidos y utilizados de acuerdo a las necesidades selectivas de las plantas.

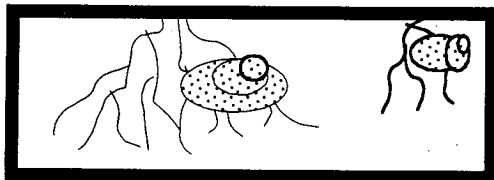
Cuando se ha hecho fertilización sólida, los nutrientes que estaban en forma intercambiable,

van pasando a la solución del suelo a medida que éste va humedeciéndose por acción del riego y van mojando las raíces, las cuales, al ponerse en contacto con la solución nutritiva producida por mojamiento del suelo, absorben los nutrientes requeridos de acuerdo al estado de su desarrollo fisiológico.

La descripción de la manera como actúan los sistemas de fertilización sólida y líquida permiten concluir que son complementarios. La fertilización sólida al ir a ocupar parte de la posiciones intercambiables disponibles dentro de la capacidad de intercambio de cationes de los suelos, se constituye en un sistema de reserva de nutrientes disponibles, susceptibles a pasar a la solución del suelo una vez se cumpla con que haya suficiente disponibilidad de agua y de que la solución nutritiva procedente de la fertirrigación permita, por la concentración de nutrientes dentro de ella y por la disponibilidad de potenciales químicos, ser enriquecida por nutrientes que estén en posiciones intercambiables.

**Figura 1. Procesos mediante los cuales se sucede el contacto ion-raíz**

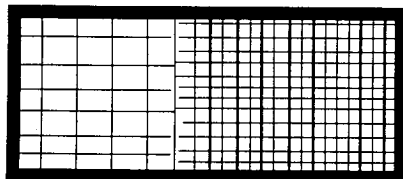
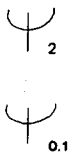
**INTERCEPTACION**



Afectado por:

- Distribución de raíces.
- Poros >250
- Solubilidad del fertilizante
- Posición del fertilizante
- Contenido de humedad

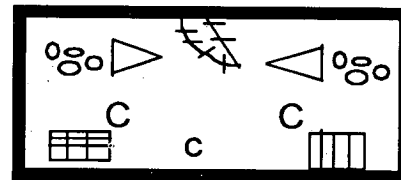
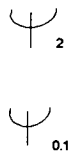
**FLUJO DE MASA**



$J = Kd / dz$

- Diferencia de potenciales
- Distribución de T. de poros
- Continuidad de poros
- Contenido de humedad
- Conductividad hidráulica

**DIFUSION**



$j = -Ddc / dx$

- Gradiente de concentración
- Contenido de humedad
- Tamaño de poros
- Difusividad

En la terminología científica se utilizan dos términos para designar los nutrientes que se hallan en forma intercambiable y de aquellos que se encuentran en la solución. Esos términos son: cantidad e intensidad respectivamente. Junto con ellos se utilizan los términos: capacidad y tasa, que se refieren, el primero a la relación entre la cantidad y la intensidad y el segundo, a la cantidad de ion que en una unidad de tiempo se libera a una unidad de volumen solución.

### FLUJO EN MASA

Mediante el proceso de flujo en masa los iones (elementos nutritivos en forma iónica) se desplazan de un sitio a otro donde son absorbidos por la raíz por diferencia de potenciales hídricos. Cuando una raíz activa está absorbiendo agua (solución) para transpirarla, obedeciendo a la demanda hídrica creada por la atmósfera, alrededor del área de influencia de la raíz se produce una disminución con el contenido de agua en ese volumen de suelo, disminuyéndose el potencial hídrico. Como en este volumen el suelo quedara mas seco, el agua de los lugares circunvecinos más húmedos (de mayor potencial hídrico) tenderá a moverse en la dirección; húmedo  $\Rightarrow$  seco para tratar de equilibrar la diferencia entre potenciales. A medida que el agua se mueve arrastra consigo todos los elementos nutritivos que en ella se encuentran disueltos los cuales serán tomados por las plantas.

Las cantidades de nutrientes tomados por la planta por flujo en masa, está relacionado con el uso consuntivo de ésta y con la concentración de nutrientes en la solución (factor intensidad) y son afectadas negativamente por la disminución en la conductividad hidráulica a medida que el suelo va secándose por evapotranspiración.

La cantidad de elementos que pueden entrar en contacto con la raíz mediante este proceso, puede ser expresado de la siguiente manera:

$$Q_{fm} = [M]v$$

En donde:

$Q_{fm}$  = Flujo en masa

[M] = Concentración del elemento en la solución del suelo

v = Volumen de agua absorbido por el cultivo

Teóricamente el flujo de masa se sucede por los mesoporos del suelo, en los cuales se almacena el agua útil o disponible por la planta, aquella que en la práctica se determina por la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez. Cuando el suelo está a capacidad de campo y sobre él crece un cultivo, a medida que avanza la evapotranspiración el suelo se va secando y se van produciendo gradientes de potencial hídrico que originan el movimiento del agua en flujo de masa y con ella el flujo de los nutrientes.

Un suelo productivo debe entonces contener un buen volumen de mesoporos y una buena conductividad hidráulica aún a contenidos de humedad cercanos a punto de marchitez temporal para que el flujo de masa sea lo más constante posible.

El flujo masal, se afecta negativamente cuando el suelo se va secando, por ello cuando ocurre es necesario regar de nuevo, de aquí nace el concepto que se conoce como frecuencia de riego, el cual se asocia a cantidad o lámina de riego necesario para llevar de nuevo el suelo a capacidad de campo.

### DIFUSION

El fenómeno de difusión expresa el proceso mediante el cual un ion o nutrimento se mueve desde un sitio donde está más concentrado hacia otro donde está menos concentrado, utilizando como medio para desplazamiento el agua contenida en los poros del suelo.

Lo anterior quiere decir que el movimiento de iones por difusión se debe a gradientes de potencial químico dentro de la solución del suelo, creados precisamente por absorción diferencial de iones por las raíces de las plantas.

El proceso de difusión es afectado dentro del suelo por la porción de volumen de poros llenos de agua, por la tortuosidad del sistema poroso y por otros factores físicos y químicos del suelo y de

la solución que usualmente se agrupan dentro del concepto de coeficiente de difusión.

Comparativamente con los otros procesos de movimiento de iones, la difusión es el más lento, pero es igualmente importante en el proceso nutricional, porque los iones permanentemente se difundan aún a bajos contenidos de humedad del suelo. Los procesos de interceptación y flujo de masa al requerir mayores contenidos de humedad en el suelo, ocurren con menos frecuencia que la difusión, que es permanente.

### **VENTAJAS DE LA FERTIRRIGACION**

- Ahorro de fertilizantes, porque éstos se aplican en las proximidades de las raíces, procurándose que no haya pérdidas ni por volatilización y no por lixiviación.
- Mejor asimilación de los nutrientes aplicados, por cuanto se aplican en formas solubles y con suficiente cantidad de agua como para que las plantas los puedan absorber rápidamente.
- Facilita la adecuación del fertilizante a las necesidades momentáneas de nutrición de las plantas. Por ejemplo, facilitaría la aplicación rápida y oportuna de Nitrógeno, Fósforo, Potasio u otros elementos y de combinación de ellos.
- Facilita la correlación rápida de síntomas carenciales específicos, por ejemplo, una deficiencia de N o de cualquier otro elemento, cuyo síntoma aparezca, se puede corregir rápidamente.
- Hay cierta economía en la distribución de los fertilizantes; aunque esto depende del costo de amortización de los equipos de aplicación que se compren. Una de las formas de ayuda a la amortización es utilizando los equipos, además, en otras actividades: aplicación de insecticidas, fungicidas, etc.

### **LIMITACIONES DE LA FERTIRRIGACION**

- Obstrucciones en las tuberías o en los emisores causadas por incompatibilidades químicas entre las sales utilizadas para preparar las

soluciones o entre las sales y la calidad de agua para riego.

- Aumento excesivo en la salinidad del agua para riego por uso inadecuado de altas dosis de sales nutritivas.
- Corrosión, muchas de las sales utilizadas en fertirrigación son corrosivas y tienden a dañar las tuberías e implementos metálicas que se utilizan en las redes de distribución.
- Reacción de los fertilizantes en la red de distribución, lo cual causa que se entregue a los cultivos una solución nutritiva diferente a la planeada como necesaria para ellos.
- En algunos sistemas de aplicación de la fertirrigación, como en el riego por goteo, se presentan demasiadas irregularidades en la aplicación uniforme de las soluciones, quedando por lo tanto áreas regadas y otras sin regar. Siempre que se utilice ese sistema de riego, es necesario complementarlo con riego con flauta o con cacho para no crear deficiencias ni de agua ni de nutrientes.
- Como en fertirrigación se usan sales puras es necesario conocer que se deben aplicar en los programas de fertirrigación todos los elementos nutritivos macro, secundarios y microelementos para no tener problemas de carencias.

### **COMPATIBILIDAD QUIMICA**

Para la preparación de la solución madre es necesario conocer la compatibilidad o incompatibilidad de fertilizantes a usar para no provocar reacciones químicas que al final arrojan resultados diferentes a los esperados o planeados para nutrir un cultivo. Así mismo, es necesario conocer sobre antagonismos y sinergismos nutritivos y sobre la acidez o basicidad de la solución resultante.

La compatibilidad o incompatibilidad de fertilizantes a usar para no provocar reacciones químicas que al final arrojen resultados diferentes a los esperados o planeados para nutrir un cultivo. Así mismo, es necesario conocer sobre antagonismos y sinergismos nutritivos y sobre la acidez o basicidad de la solución resultante.

La incompatibilidad más importante, se produce cuando la mezcla de fertilizantes origina

### COMPATIBILIDAD QUIMICA DE LA MEZCLA DE FERTILIZANTES

NITRATO AMONICO	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C
UREA		C	L	L	C	C	C	C	C	C
SULFATO AMONICO			C	C	C	C	C	C	C	I
SUPERFOSFATO TRIPLE				C	L	C	C	C	C	I
SUPERFOSFATO SIMPLE					L	C	C	C	C	I
FOSFATO DIAMONICO						C	C	C	C	I
FOSFATO MONOAMONICO							C	C	C	I
CLORURO POTASIO								C	C	C
SULFATO POTASICO									C	I
NITRATO POTASICO										C
NITRATO CALCICO										C

I = INCOMPATIBLE      C = COMPATIBLE      L = COMPATIBILIDAD LIMITADA

precipitaciones en la solución madre. Con el fin de prevenir situaciones desagradables y soluciones ineficaces se presenta la *figura anterior*, la cual muestra las compatibilidades e incompatibilidades de los fertilizantes más comunes.

Para prevenir riesgos de incompatibilidad no deben mezclarse sales que aporten calcio (Ca) con aquellas que aporten sulfatos ( $\text{SO}_4^{=}$ ) o fosfatos ( $\text{HPO}_4^{-}$ ). Por ejemplo, si es necesario aplicar  $\text{CaNO}_3$ , fertilizante de alta solubilidad, éste no se puede mezclar con un fertilizante fosforado, e inclusive conviene tomar como precaución aplicar el fosforado dos días después de  $\text{CaNO}_3$ .

#### PREPARACION DE SOLUCIONES

Para el cálculo de soluciones que contengan N-P-K, se aconseja:

1. En función del contenido de K calcular la cantidad necesaria de  $\text{KNO}_3$ .
2. En función del contenido de P, calcular la cantidad requerida de fosfato diamónico o monoamónico.
3. Si se utiliza fosfatos diamónico es necesario rebajar el pH hasta 6.3 con  $\text{HNO}_3$  a una razón

aproximada de 1.3 Kg de ácido nítrico por cada kilogramo de fosfato diamónico.

4. Al nitrógeno necesario se le resta el aportado por  $\text{KNO}_3$ , por el fosfato y por el  $\text{HNO}_3$ , la diferencia se aporta como  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

En la práctica se aconseja hacer lo siguiente:

1. Añadir lentamente el ácido nítrico al agua.
2. Añadir el  $\text{KNO}_3$  requerido
3. Añadir el fosfato diamónico o monoamónico
4. Añadir el  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
5. Agitar al menos durante 15 minutos

La concentración de la solución en agua no debe exceder de 700 ppm. La primera fase de cada riego y especialmente la última deben realizarse con agua sola para evitar obturaciones en los emisores y poder contar con suelo húmedo para una mejor distribución de nutrientes.

## ABONOS UTILIZADOS EN FERTIRRIGACION

Dos requisitos muy importantes deben cumplir los fertilizantes que se utilicen para fertirrigación:

- Solubilidad
- Pureza

Las sales nutritivas a utilizar deben ser de alta solubilidad y ser compatibles con otras y con el agua de riego. Así mismo, debe presentar alta pureza para poder aplicar las cantidades que se requieran.

La alta solubilidad y el alto grado de pureza generalmente conducen a la obtención de soluciones con alto grado de salinidad que a través del tiempo pueden llegar a salinizar parcial o totalmente al suelo o al sustrato de crecimiento de las flores.

En la tabla siguiente se hacen un muestreo de la conductividad eléctrica (mmhos/cm) que producen algunas de las sales utilizadas en la preparación de soluciones nutritivas.

**Tabla. CE máximas debido a la presencia de varias sales nutritivas.**

Sal	P.equivalente	g/L	meq/L	CE mmhos/cm
MgSO <sub>4</sub>	60.19	262.00	4352	363.0
CaSO <sub>4</sub>	68.07	2.04	30	2.5
NaCl	58.45	318.00	5440	453.0
MgCl <sub>2</sub>	47.62	353.00	7413	618.0
CaCO <sub>3</sub>	50.00	---	10	0.8

Algunas características de las sales más comunes utilizadas en fertirrigación se muestran a continuación:

**Acido Nítrico:** Se usa más para acidificar aguas de riego y para limpieza de tuberías, que para fertilización debido a las dificultades que su carácter ácido comunican a su manejo.

**Nitrón-26:** Solución concentrada de nitrato de amonio muy útil para la preparación de soluciones portadoras de N.

**Urea:** Es un compuesto soluble de alto contenido de nitrógeno más móvil que las sales amoniacales por ser menos absorbida por el suelo que éstas.

**Nitrato de calcio:** Se emplea más para aportar calcio que para aportar nitrógeno el grado greenhouse es altamente soluble, no así el grado agronómico. En general no debería aplicarse por goteo para evitar obturaciones y posteriores precipitaciones.

**Fosfato monoamónico (MAP):** Tiene buen contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (60%) y de reacción ácida por lo cual disminuye el riesgo de obturaciones.

**Fosfato diamónico (DAP):** Da reacción ligeramente alcalina, por lo que se recomienda su utilización junto con un ácido, generalmente ácido nítrico 1.3 Kg por 1 Kg de fosfato diamónico.

**Acido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>):** Su concentración varía entre el 50% y el 85%, puede utilizarse para acidular, su manejo tiene que ser cuidadoso.

**Sulfato de Potasio:** Es un producto de no muy alta solubilidad (102 g/L) pero aportante de azufre.

**Cloruro de Potasio:** Es una sal neutra de buena solubilidad (326 g/L).

**Nitrato de Potasio:** Es una sal neutra de buena solubilidad (257 g/L) que presenta un buen sinergismo entre el nitrógeno y el potasio.

**Fosfato de monopotasio:** Es una sal doble de buena solubilidad (148 g/L), útil por su poder de sinergismo entre los dos nutrientes.

**Sulfato de amonio:** Sal de alta solubilidad (742 g/L) muy útil para usarla en suelos alcalinos.

## CALCULOS

Para la elaboración de soluciones es necesario recordar que 1 ppm es equivalente a 1 gramo por 1 m<sup>3</sup>o a 1 mg por 1 litro.

Ejemplo, calcular las cantidades de fertilizantes que se requieren para preparar una solución madre que contenga: 220 ppm de N y 180 ppm de

K por cada metro cúbico de riego que se aplique, sabiendo que se debe preparar una solución para 20 m<sup>3</sup>, y se van a utilizar KNO<sub>3</sub> y nitrato de amonio como fuentes solubles.

Solución:

1. Composición del KNO<sub>3</sub>: 13-0-46  
Composición del NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>: 26-0-0
2. Reducción del K<sub>2</sub>O a K:  $45\%/1.2 = 38\%$  de K
3. Cantidad de K requerida por una solución madre de 1 m<sup>3</sup> que se utilizara para disolver en 20 m<sup>3</sup>  
 $100/38 * 180 * 20 = 9.424 \text{ g} = 9.42 \text{ Kg}$
4. Cantidad de N que porta el KNO<sub>3</sub>  
 $9424 * 13/100 = 1225 \text{ g. en } 20 \text{ m}^3$   
 $1225/20 = 61.3 \text{ g de N/m}^3 = 61.3 \text{ ppm}$
5. Nitrógeno faltante:  
 $220 - 61.3 = 158.7 \text{ ppm} = \text{g/m}^3$
6. Nitrógeno requerido para una solución madre de 1 m<sup>3</sup> que se disolvería a 20 m<sup>3</sup>  
 $100/26 * 158.8 * 20 = 12.207 \text{ g/m}^3$
7. Conclusión: Para preparar una solución madre de 1 m<sup>3</sup> que se inyecte a un sistema de riego que guarde una relación de 1:20 se requieren: 9.42 Kg de KNO<sub>3</sub> y 12.20 Kg o L. de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> para obtener una concentración de N de 220 ppm y una de K de 180 ppm.

#### **PRECAUCIONES EN LA PREPARACION DE LAS SOLUCIONES**

1. Elaborada la tabla de cálculo de requerimientos de cada fertilizante se procede a la pesada de productos por bloque o por dosificación de riego. La pesada de productos por bloque o por dosificación de riego. La pesada de

productos debe ser cuidadosa para no cometer errores de dosificación así mismo, el almacenista debe anotar la fecha de entrega de los fertilizantes, la cantidad que de cada cual se entrega, en bloques y número de camas o en cuales se aplicarán y quedará un archivo de las entregas para futuros cheques.

2. El operario que va a preparar la solución, debe hacer una premezcla de balde grande para disolver los fertilizantes en poca agua. Una vez disueltos en el balde puede vaciarlos en el tanque y continuar agitando para evitar precipitaciones por gravedad o por formación de nuevos productos. Aún en las fincas donde la agitación es automática es necesario hacer las premezclas en baldes.
3. En el tanque de inyección la agitación debe ser permanente para conservar al máximo la homogeneidad de la solución que se está aplicando.
4. Es necesario hacer chequeos frecuentes de la relación inyección - irrigación por medio de aforos para poder estar seguros que las dosificaciones son las correctas.
5. Cuando se duda que la solución nutritiva contenga las dosis de nutrientes planeadas es necesario tomar muestras para análisis químicos.
6. Los siguientes parámetros deben analizarse: CE, pH, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, B, SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub> y Cl.

Hacer análisis cada 3 a 4 meses de las soluciones nutritivas en un buen método de chequeo, sobre todo en relación con incompatibilidades que se puedan presentar dentro de la red.