

EL USO DE LA MEDIDA DEL AGUA DEL SUELO EN LA PROGRAMACION DEL RIEGO

1. Introducción

En este tema se exponen los diferentes métodos de medida del agua del suelo y su aplicación en la programación del riego. Medida y programación tanto para los riegos tradicionales como localizados.

La programación del riego consiste en la determinación del volumen de riego y del momento de riego, dicho de otra forma, en la determinación de la dosis y frecuencia de riego más adecuadas para conseguir una producción óptima del cultivo. La planificación se efectúa teniendo en cuenta alguno/s de los diferentes métodos de programación de los riegos, como son:

- ✓ Los métodos basados en el estado hídrico del suelo.
- ✓ Los métodos basados en el estado hídrico de la planta.
- ✓ Los métodos basados en el balance hídrico del suelo agrícola.

En este tema se tratan aquellos que se basan en el estado hídrico del suelo agrícola.

La función del riego desde un criterio técnico puro es la de mantener el suelo y la planta en un grado conveniente de humedad que permita la máxima producción y calidad de las cosechas.

Para conseguir estos objetivos habrá que conocer varias cosas:

- ✓ ¿En qué medida afectan a la producción y calidad de las cosechas los déficits hídricos?
- ✓ ¿Cuál es el valor de la evapotranspiración del cultivo (ETc) bajo unas condiciones climáticas determinadas?
- ✓ ¿Cuál es el sistema de riego más adecuado para cada caso en particular?
- ✓ ¿Qué dosis de riego hay que aplicar?
- ✓ ¿Con qué frecuencia de riego?

Contestar a estas preguntas no es fácil, cada caso concreto tendrá su propia respuesta, en consideración al tipo de cultivo (fase de desarrollo, porcentaje de suelo sombreado, etc.), al clima (humedad relativa, temperatura, precipitación, radiación solar, velocidad del viento, etc.), al tipo de suelo y calidad del agua de riego, a las prácticas culturales, al método de riego, etc. Se pretende aquí responder a los interrogantes 4 y 5 a través de medida del agua del suelo.

2. Medida del agua del suelo

Ésta puede ser del contenido de humedad o/y del estado energético (potencial total o alguna de sus componentes) en un momento dado.

De contenido de humedad

Muestreo del suelo: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Método gravimétrico} \\ \text{Método volumétrico} \end{array} \right.$

Sonda de neutrones

Sensores dieléctricos: Reflectometría de dominio de frecuencias (FDR) y Reflectometría de dominio del tiempo (TDR)

Del estado energético del agua en el suelo

Tensiómetros

Bloques de resistencia eléctrica

Cámara de presión de Richards

A continuación se comentan cada uno de estos métodos.

2.1. Muestreo del suelo

Sus aplicaciones son muchas y entre ellas se destacan las siguientes:

- Para establecer las relaciones entre humedad y tensión del agua del suelo.
- Para la realización de las curvas de calibración de otros métodos de medida, como son la sonda de neutrones y los bloques de resistencia eléctrica.
- Para la determinación del contenido de humedad del suelo en cualquier momento.
- En la realización de comprobaciones de la uniformidad de distribución del agua, sea cual sea, el método empleado.

2.1.1. Método gravimétrico

El contenido gravimétrico de humedad viene dado por:

$$\theta_g = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de suelo}} = \frac{M_h - M_s}{M_s} \quad (1)$$

Donde: M_h y M_s son la masa de la muestra de suelo húmedo y de suelo seco,

respectivamente. Las unidades vienen dadas en g/g (adimensional).

Para su determinación se toma con una barrena una muestra de suelo (Figura 1), se pesa, se deseca en estufa hasta peso constante a 105 °C y se vuelve a pesar. A continuación se aplica la fórmula (1). Si se desea expresar en % se multiplica por 100.

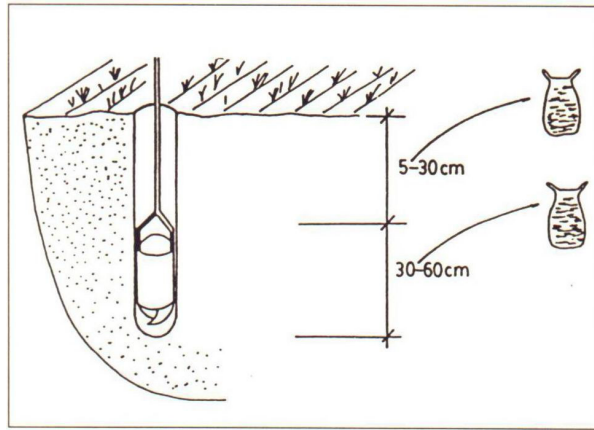


Figura 1. Recogida de muestras de suelo con barrena y colocación por profundidades en bolsas de polietileno hasta la medida de su peso fresco.

2.1.2. Método volumétrico

El contenido volumétrico de humedad viene dado por:

$$\theta_v = \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{Volumen de suelo}} = \frac{(M_h - M_s) / d_{H_2O}}{V_a} \quad (2)$$

Siendo V_a el volumen aparente de la muestra.

Las unidades vendrán dadas en cm^3/cm^3 (adimensional), sin embargo, en este caso es más práctico referir el contenido de agua del suelo como mm de lámina de agua por m de profundidad de suelo. 1 mm de lámina de agua sobre una superficie de 1 m^2 equivale a 1 L m^{-2} y si es sobre 1 ha a $10 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Ambos contenidos de humedad están relacionados a través de la densidad aparente del suelo (d_a).

$$\theta_v = \theta_g \times d_a \quad (3)$$

Los dos métodos son muy exactos, en lo que respecta a la muestra reunida, sin embargo, se les puede achacar algunos inconvenientes, como son:

- Requieren equipos de laboratorio.
- Se necesitan alrededor de 24 horas para el secado de la muestra.
- Son destructivos, en el sentido de que es necesario retirar la muestra del campo, lo que no permite en un tiempo próximo tomar otra medida en el mismo punto.

2.2 .Sonda de neutrones

La sonda de neutrones es un instrumento que proporciona otra metodología para medir el contenido volumétrico de humedad del suelo. Los dos propósitos principales de su uso son:

1. Para medir el contenido de agua del suelo y relacionarlo con otras propiedades físicas del suelo (conductividad hidráulica, tensión del agua del suelo, etc.)
2. Para medir cambios del contenido de agua en el suelo. Este segundo uso es más frecuente en estudios de riego y evapotranspiración, como son los relacionados con:
 - La determinación de coeficientes de cultivo (K_c) a partir del balance hídrico.
 - La estima de la eficiencia de aplicación (E_a) del agua de riego.
 - La estima de pérdidas de solutos por drenaje (lixiviado de nitratos).
 - La comprobación de la uniformidad de distribución del agua de riego.

Los principales componentes de la sonda de neutrones se muestran en la figura 2; y su fundamento consiste en que la fuente radiactiva emite neutrones rápidos que chocan elásticamente con los núcleos de los elementos del suelo y son dispersados. La energía de estos neutrones se pierde rápidamente si colisionan con los núcleos de hidrógeno. El detector de neutrones lentos registrará por lo tanto, mayor número de neutrones lentos, cuantos más átomos de hidrógeno haya en el medio. En el suelo la principal fuente de átomos de hidrógeno es el agua.

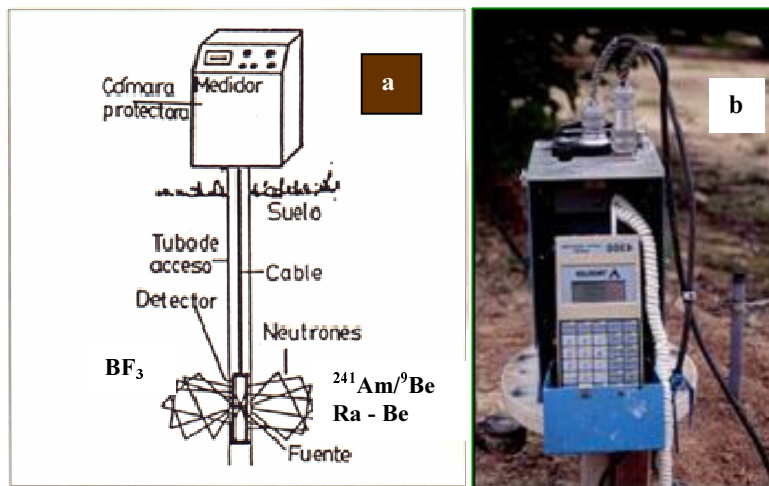


Figura 2. a) Componentes de la sonda, y b) sonda de neutrones en proceso de medida

La sonda tiene una zona de influencia al efectuar las medidas que es aproximadamente de unos 10 cm de radio en los suelos húmedos y de unos 25 cm en suelos secos (Figura 2).

Este método requiere una calibración previa en el mismo tipo de suelo en que se vaya a emplear, ya que todas las medidas realizadas con la sonda de neutrones confían en la bondad de la curva de calibración usada.

La curva de calibración puede obtenerse a partir de las muestras reunidas en la realización de

los hoyos para la instalación de los tubos de acceso (Figura 1) y de un muestreo adicional con tubo Veihmeyer (Figura 3). Con éste se tomarán muestras a diferentes contenidos de humedad y en puntos próximos a los tubos de acceso de la sonda, lo que permite conocer el contenido volumétrico de agua para situaciones de humedad diferentes.

Es necesario tomar, poco tiempo después o antes del muestreo, el cociente de cuentas R, en las diferentes profundidades. Este viene dado por el cociente entre la lectura que da el apartado al hacer una medida y la lectura estándar (aquella que se hace cuando el sensor se encuentra dentro de la cámara protectora del aparato).

$$R = \frac{\text{Lectura medida en profundidad}}{\text{Lectura estándar}} \quad (4)$$

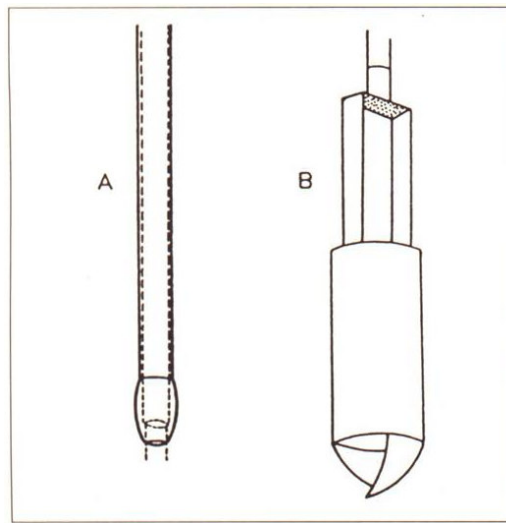


Figura 3. A) Tubo Veihmeyer y B) barrena para la instalación del tubo de acceso de la sonda

El cociente R está relacionado con el contenido volumétrico de humedad mediante una expresión del tipo:

$$R = a\theta_v + b \quad (5)$$

Una curva de calibración según la expresión (5) viene representada en la figura 4.

Una vez colocados los tubos de acceso que van a representar a la finca donde se desea medir el contenido de humedad, se determinará el cociente R, que llevado sobre la recta de calibrado proporciona el contenido volumétrico de humedad. Las ventajas e inconvenientes de este método respecto al anterior son:

Ventajas

- Rapidez en la toma de medidas.
- Medidas en el mismo sitio.
- Volumen de muestreo considerable.

- Sus medidas no se ven afectadas por la salinidad.

Inconvenientes

- Cuidado en el manejo, ya que se trabaja con una fuente radiactiva.
- Precio elevado.
- Necesidad de calibrado para cada suelo u horizonte.
- Medidas manuales ya que no está automatizada.

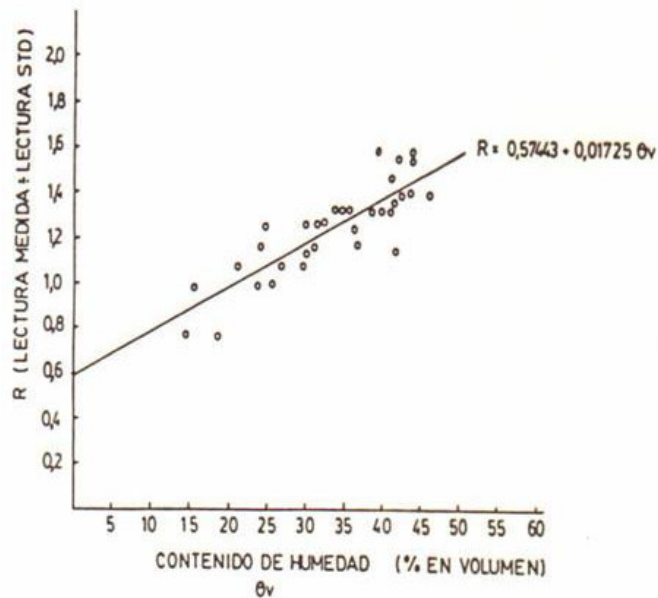


Figura 4. Curva de calibración sonda de neutrones

2. 3.Sensores dieléctricos

Estas técnicas estiman la humedad volumétrica del suelo (θ_v) a partir de la medida de la constante dieléctrica de la matriz del suelo (ϵ). En un medio poroso, como el suelo, constituido por partículas minerales, aire y agua el valor de ϵ es el resultado de la contribución relativa de cada uno de los componentes. Teniendo en cuenta que ϵ es aproximadamente de 1 para el aire, del orden de 3 (2-5) para las partículas minerales y de 80 para el agua, la constante dieléctrica aparente del suelo dependerá principalmente del porcentaje de agua presente en el suelo. Así, y para un intervalo de tiempo, la variación experimentada de la constante dieléctrica del suelo se deberá corresponder con un cambio del contenido de agua en el mismo.

Topp *et al.* (1980) obtuvieron una ecuación empírica que relaciona el contenido volumétrico de humedad (θ_v) con la constante dieléctrica del suelo (ϵ).

$$\theta_v = -5.3 \cdot 10^{-2} + 2.29 \cdot 10^{-2} \epsilon - 5.5 \cdot 10^{-4} \epsilon^2 + 4.3 \cdot 10^{-6} \epsilon^3 \quad (6)$$

Esta ecuación es válida para la generalidad de los suelos, independientemente de su

composición y textura, y para θ_v inferiores al 50%. Para contenidos de humedad superiores o suelos orgánicos se requiere una calibración específica.

Las dos técnicas que utilizan este principio de medida y actualmente están siendo muy empleadas son: la reflectometría de dominio del tiempo (TDR) y reflectometría de dominio de frecuencias (FDR).

2.3.1. Reflectometría de dominio del tiempo (TDR)

El equipo TDR mide el tiempo de propagación de un pulso u onda electromagnética a través de una línea de transmisión (sonda) colocada en el suelo y que está en estrecho contacto con el mismo. Como la velocidad de propagación es función de ϵ , ésta puede ser obtenida a partir de la primera.

El equipo consta de un juego de sondas que se introducen en el suelo, un cable de conexión y un cuerpo central donde va instalado el generador de pulsos de radiofrecuencia, el osciloscopio analizador de pulsos y el procesador de datos.



Figura 5. Equipo TDR

Los valores de θ_v son valores medios a lo largo de la varilla. No requiere calibración para convertir la señal en θ_v , si bien en suelos con altos contenidos en M.O., muy arcillosos o salinos la ecuación de calibración estándar necesitará ajustes específicos.

Ventajas

- Mide el θ_v del suelo con un margen de error del 1%.
- No requiere una calibración específica aunque puede ser útil.
- Facilidad para la realización de medidas múltiples (multiplexing).
- Permite una amplia gama de configuraciones de sonda.
- Alteración mínima del suelo
- Puede proporcionar simultáneamente medidas de conductividad eléctrica.

Inconvenientes

- Precio elevado

- Aplicabilidad limitada bajo condiciones de alta salinidad o alta conductividad (suelos muy arcillosos).
- Volumen pequeño de muestreo (alrededor de 3 cm de radio a lo largo de la sonda)

2.3.2. Reflectometría de dominio de frecuencias (FDR)

Fundamento. La capacitancia eléctrica de un capacitor (\approx condensador) que utiliza al suelo como dieléctrico depende del contenido de agua del suelo. Si se conecta a este capacitor un oscilador formando un circuito eléctrico, los cambios de humedad del suelo pueden ser detectados por cambios en la frecuencia de operación del circuito. Para determinar el contenido de agua con este tipo de sensores FDR se realiza un barrido de la frecuencia del oscilador dentro de un determinado rango de frecuencias y de este modo se obtiene la frecuencia resonante (aquella a la que le corresponde la máxima amplitud), ya que ésta está relacionada con el contenido de agua del suelo.

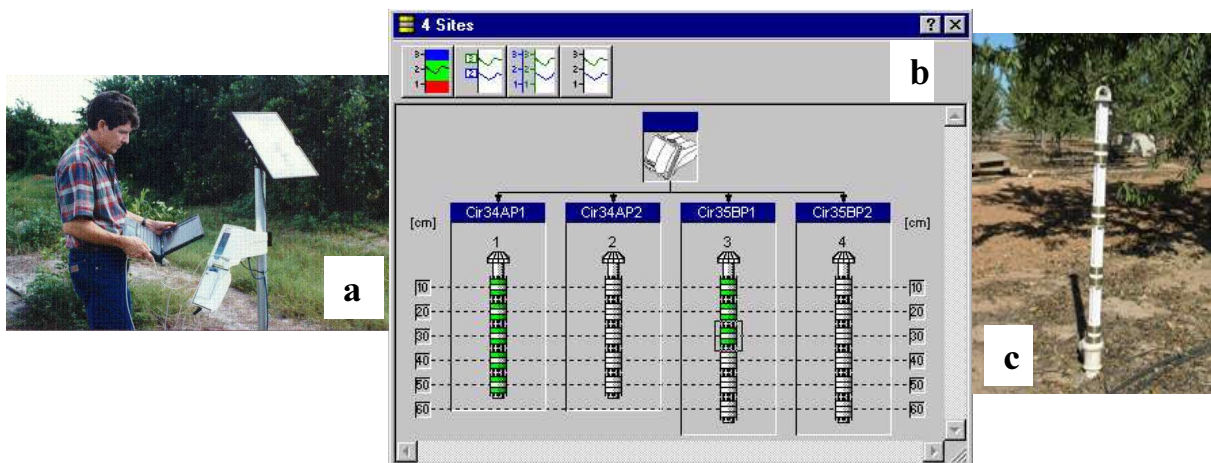


Figura 6. a) Equipo FDR alimentado por energía solar y momento de toma de datos, b) panel mostrando la disposición de los anillos metálicos (sensores) a lo largo de la guía, y c) Tubo de PVC colocado en campo donde se aloja la guía con sus sensores.

El procesador del equipo es el encargado de transformar la señal de frecuencia medida a valores de θ_v . Puede realizar tanto medidas discretas como continuas. La transmisión de datos puede ser vía cable, MODEM telefónico, o radio.

Ventajas

- Con una buena calibración el margen de error puede ser del 1%.
- No le afectan los niveles de salinidad altos.
- Mejor resolución que el TDR.
- Puede conectarse a dispositivos de almacenamiento masivo convencionales (data-loggers).
- Flexibilidad en la configuración de la sonda.

Inconvenientes

- La zona de influencia al efectuar las medidas es relativamente pequeña (alrededor de 4 cm de radio)
- Es crítico conseguir un contacto íntimo entre el sensor (tubo) y el suelo.
- Instalación cuidadosa para evitar espacios vacíos.
- Requiere una calibración específica para cada tipo de suelo.

2.4. Tensiómetros

Los tensiómetros miden la succión o tensión del agua en el suelo, es decir, el potencial mátrico cambiado de signo ($-\Psi_m$). Ahora bien, la lectura obtenida en el vacuómetro corresponde al potencial hidráulico del agua en el suelo (Ψ_H), si se desprecia la altura del vacuómetro sobre el nivel del suelo y no al mátrico. El potencial hidráulico está definido por la expresión:

$$\Psi_H = \Psi_m + \Psi_g \quad (7)$$

Donde, Ψ_g es el potencial gravitacional

A partir de la expresión (7) se obtiene el potencial matricial.

$$\Psi_m = \Psi_H - \Psi_g \quad (8)$$

Las unidades de medida más usuales son las de presión (kPa, cbar, etc) o altura equivalente de columna de agua o mercurio.

Sus aplicaciones son varias, entre ellas:

- En la programación de los riegos de acuerdo con los valores de la tensión del agua del suelo.
- Para control y revisión de dosis y frecuencias de riego determinadas por otras metodologías.
- En la determinación del sentido de flujo del agua del suelo (interesante con suelos y aguas salinas).
- En la determinación de la profundidad alcanzada por la dosis de riego aplicada.

La figura 7 muestra las partes y los dos tipos de tensiómetros más frecuentemente utilizados, los de vacuómetro tipo Bourdon y los de columna de mercurio.

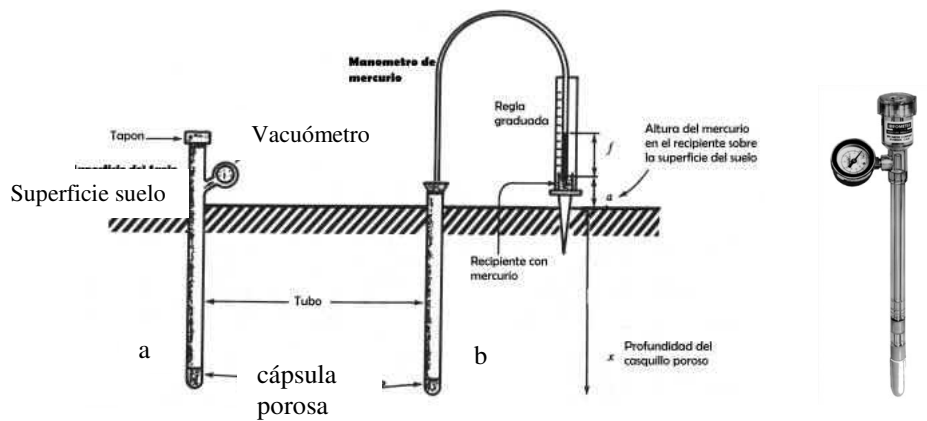


Figura 7. Tipos y partes del tensiómetro, a) tensiómetro con vacuómetro tipo Bourdon, b) tensiómetro con columna de mercurio, y c) fotografía de un tensiómetro tipo a

El fundamento y funcionamiento es similar en ambos. El fundamento es que el agua dentro de la cápsula cerámica tiende a adquirir la misma tensión que el agua del suelo en contacto con ella. Esta tensión se transmite dentro del tensiómetro y es medida mediante el vacuómetro o una columna de mercurio (Figura 8).

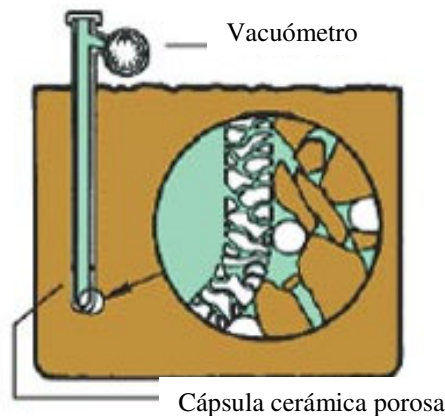


Figura 8. Detalle macroscópico del contacto cápsula-suelo

El rango de funcionamiento de los tensiómetros es hasta tensiones de 80 cbar. Este rango limitado no constituye un obstáculo serio ya que más del 50% del agua disponible para las plantas está en este rango de tensión. En suelos arenosos esta fracción puede llegar hasta el 75% o más (Figura 9).

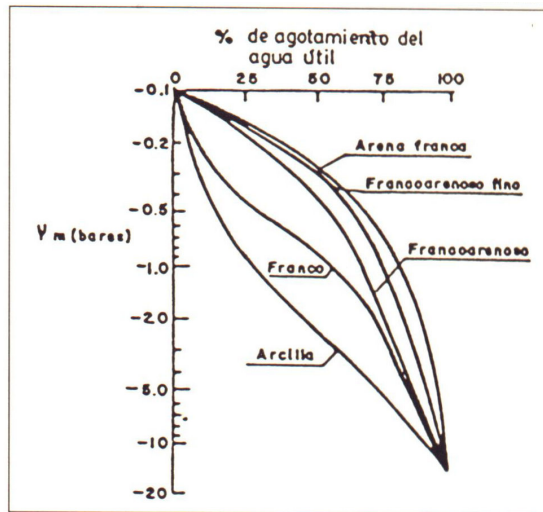


Figura 9. Curvas de retención de humedad

El tensiómetro debe ser colocado de forma que la cápsula cerámica esté localizada en la zona radicular activa (de interés para fijar momento de riego) y en estrecho contacto con el suelo, para que el agua pueda fluir en ambos sentidos a través de la cápsula. Generalmente se colocan 2 ó 3 tensiómetros por estación, ya que éstos realizan medidas puntuales, es decir, la tensión que tiene al agua del suelo en las proximidades de la cápsula (figura 8 y 10).

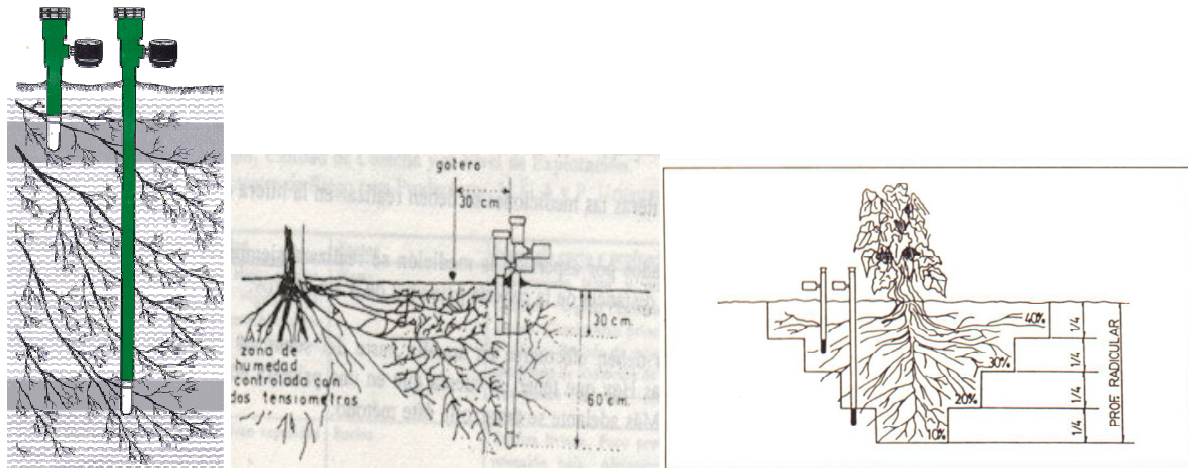


Figura 10. Localización de los tensiómetros y separación desde el punto de emisión

Los pasos a seguir en la preparación e instalación del tensiómetro se detallan en las figuras 11 y 12.

Pasos:

- Saturar las cápsulas con agua, tras sumersión en un recipiente durante unas horas.
- Llenar el tensiómetro con agua desaireada.
- Eliminar por succión el aire atrapado.

- Realizar un hoyo de diámetro similar al del tubo del tensiómetro.
- Echar en el fondo del hoyo un poco de tierra (libre de piedras) y agua con el fin de conseguir una pasta, donde irá colocada la cápsula.
- Introducir el tensiómetro y añadir tierra a su alrededor y compactarla para evitar vías preferentes de descenso del agua de riego o lluvia.

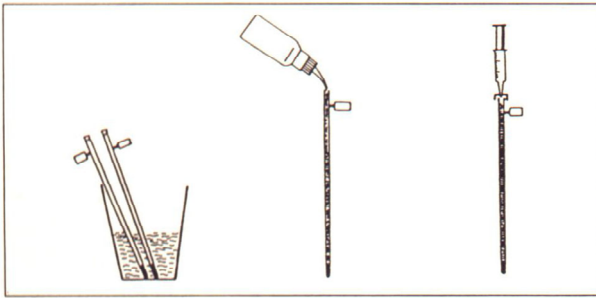


Figura 11. Preparación del tensiómetro

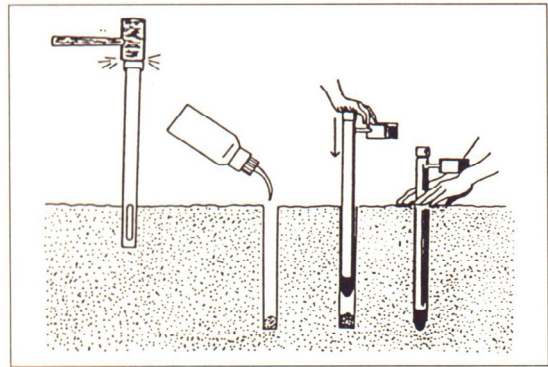


Figura 12. Instalación del tensiómetro

En la tabla 1 se recogen las tensiones del agua del suelo a las cuales se deben regar los cultivos indicados, para la obtención de los máximos rendimientos, cuando se cultivan en suelos no salinos, bien drenados y fertilizados (según Taylor y Ashcroft).

Los valores más bajos de cada rango se aplicarán en condiciones de alta evapotranspiración y los más altos en condiciones de baja evapotranspiración.

Las ventajas e inconvenientes de este método respecto a los anteriores son:

Ventajas

- Bajo coste
- Mediciones en el mismo sitio
- No necesita curva de calibrado

Inconvenientes

- Vida limitada
- Muestra efectos de histéresis.
- Rango de lecturas limitado para suelos de textura fina.

Tabla 1. Guía general de lecturas prerriego para cultivos regados por métodos de baja frecuencia y que mojan totalmente el campo (Ej.: escorrentía, inundación, surcos, aspersión, etc.).

Cultivo	Tensión mátrica, τ_m (cbar)
PARTE VEGETATIVA	
- Judías	75 – 200
- Tabaco	30 – 80
- Praderas (pasto)	30 – 100
- Caña de azúcar	15 – 50
- Césped	24 - 36
- Guisante para conserva	30 – 50
- Col, berza	60 - 70
- Apio	20 - 30
- Lechuga	40 - 60
- Maíz dulce	50 - 100
- Coliflor	60 - 70
- Brócoli, antes de floración	45 – 55
después de la floración	60 – 70
RAICES Y BULBOS	
- Cebolletas	45 – 55
- Cebollas	55 – 65
- Remolacha	40 – 60
- Patata	30 - 50
- Zanahorias	55 - 65
FRUTAS	
- Limoneros	40
- Naranjos	50 - 70
- Frutales de hoja caduca	50 - 80
- Aguacate	40 – 50
- Uvas: (verdes)	40 - 50
(maduras)	100
- Fresas	20 - 30
- Cantalupo	35 - 40
- Tomates	60 – 70
- Plataneras	30 – 150
- Melón	50 -160
GRANO	
- Maíz: (período vegetativo)	50
(periodo maduración)	800 – 1200
- Granos pequeños:	
(período vegetativo).	40 – 50
(periodo maduración)	800 - 1200

Los valores de τ_m , prerriego, para cultivos bajo riego de alta frecuencia y humedecimiento parcial del suelo (riegos localizados): 15 – 25 cbar.

2.5. Bloques de resistencia eléctrica

Miden la tensión mátrica del agua en el suelo y sus aplicaciones son las mismas que las ya comentadas para los tensiómetros, pero teniendo en cuenta que su rango de funcionamiento va de 0,5 a 15,0 bar serán más adecuados para suelos secos que para suelos bastantes húmedos, como es el caso de las zonas húmedas en los riegos localizados. Los bloques de yeso actualmente más utilizados tienen un rango de lectura de 0,3 a 2 bar (Figura 13a), rango que no cubre las condiciones de humedad entre capacidad de campo y saturación. Sin embargo los de matriz granular (Figura 13b) si cubren estas condiciones, presentando un rango de 0,1 a 2 bar.

Existen diferentes tipos de bloques en cuanto al material de fabricación y forma:

En cuanto al material pueden ser de:

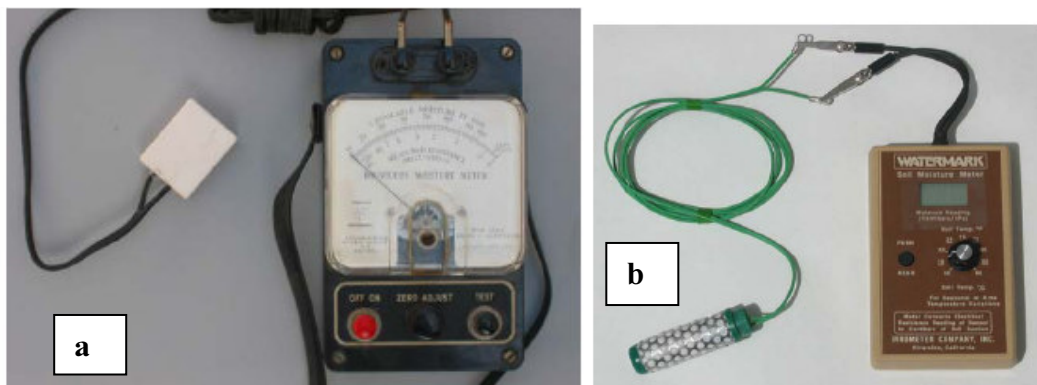
- Yeso (bloques de yeso)
- Nylon
- Fibra de vidrio

En cuanto a la forma:

- Cilíndricos
- Prismas rectangulares

Los bloques porosos contienen en su interior dos electrodos conectados a través de un hilo conductor a un puente de Wheaststone, Figura 14.

El fundamento de estos bloques es que la resistencia eléctrica entre los electrodos situados en su interior es una función del contenido en agua de los bloques. El contenido en sales también influye, pero en los bloques de yeso la solución está prácticamente saturada de yeso y por tanto, las variaciones de solutos en la solución del suelo no tienen gran influencia en la resistencia eléctrica.



Figuras 13. a) Bloque de yeso poroso (0,3-2 bar), y b) sensor de resistencia de matriz granular, tipo Watermark 80-200 cbar)

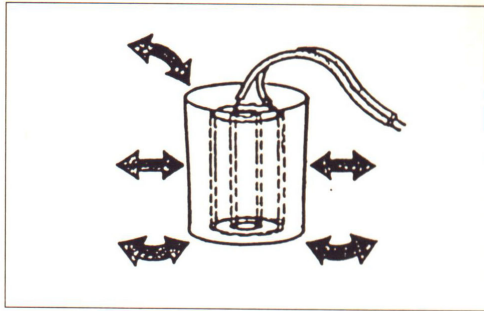


Figura 14. Bloque poroso

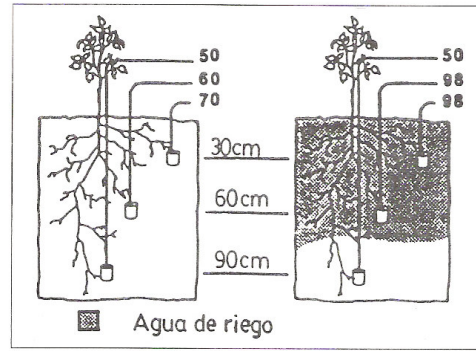


Figura 15. Localización de los bloques de yeso

Los bloques porosos de resistencia eléctrica al igual que los tensiómetros se deben colocar en la zona radicular activa y en estrecho contacto con el suelo. El agua se mueve hacia dentro o hacia fuera del bloque hasta que el potencial mátrico del bloque y del suelo es el mismo, figuras 14 y 15.

Los bloques de resistencia eléctrica requieren calibración individual de cada bloque, figura 16.

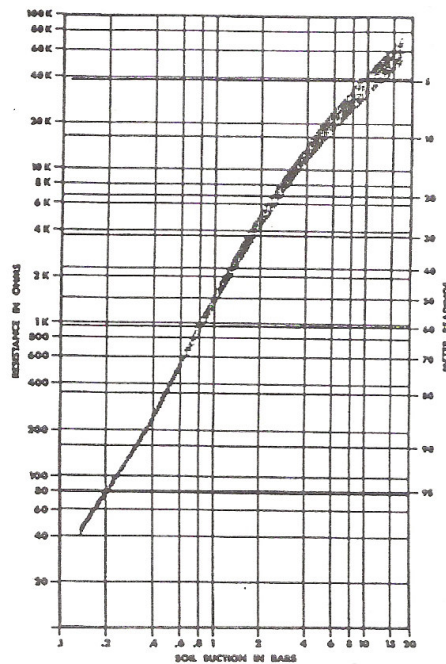


Figura 16. Curva de calibración

La curva de calibrado se puede obtener con la cámara de presión de Richards.

Las ventajas e inconvenientes de este método son:

Ventajas:

- Bajo coste
- Medidas en el mismo sitio
- Permiten medir tensiones del agua mucho mayores que los tensiómetros.

Inconvenientes

- Cada bloque debe ser calibrado individualmente.
- La curva de calibrado cambia con el tiempo, necesita de recalibrado.
- Vida de los bloques limitada.
- No sirven para realizar medidas de alta precisión, ya que éstas se pueden ver alteradas por las temperaturas.
- Muestran fenómenos de histéresis.

2.6. Cámara de presión de Richards

Se suele utilizar para la determinación en laboratorio de las curvas características de humedad, es decir, las curvas que relacionan el contenido de agua con el potencial mátrico (Ψ_m), figura 17. Estas curvas son muy útiles en la determinación de dosis y frecuencias de riego y en el estudio de propiedades físicas del suelo, como lo es la conductividad hidráulica.

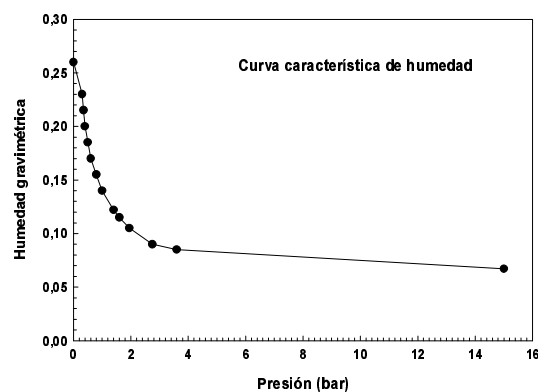


Figura 17. Curva característica de humedad

También se utilizan para la calibración de los bloques de resistencia eléctrica y en la determinación del punto de marchitez (θ_{pm}). El conocimiento del contenido de humedad de un suelo en el punto de marchitez es de especial interés en la programación de los riegos, este viene dado por el contenido de humedad que permanece en la muestra de suelo tras ser sometida a una presión de 15 bares.

El fundamento es que el agua de la muestra colocada en la cámara tiene en el equilibrio el mismo valor de tensión que el correspondiente a la presión a la que se encuentra sometida.

Todas estas técnicas de medida permiten realizar un seguimiento del agua en el suelo, de modo que cuando el suelo alcanza un determinado valor previamente fijado se riega.

BIBLIOGRAFIA

CASTEL, J.R. 1987. Programación del riego localizado y fertirrigación en cítricos y frutales de hueso. Levante Agrícola.

DOORENBOS, J. Y KASSAM, A.H. 1980. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riegos y Drenajes no 33, Roma.

DOORENBOS, J. Y PRUITT, W. 1986. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riegos y Drenajes n024.Roma.

JAMES, D.W.; HANKS, R.; JURINAK, J.J. 1982 Modern irrigated soils. John Wiley and sons. New york.

MONTALVO, T. 1985. Necesidades hídricas de los cultivos y programación del riego. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante. Valencia,

RAMOS, C.: CASTEL, J.R. y GÓMEZ DE BARREDA, D. 1985. La calibración de la sonda de neutrones en estudios de riego y evapotranspiración. IV Jornadas Técnicas sobre Riegos. Murcia.

RAMOS, C.: Fundamentos del riego. Manuscrito no publicado.

RINCÓN, L y GIMÉNEZ M. 1989. Fertirrigación por goteo en melón. Fertilización, n0 105, 55-66.