

## Cátedra de Cereales y Oleaginosas

Departamento de Producción Vegetal  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Nacional de Córdoba

# DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO HÍDRICO DEL SUELO

## INTRODUCCIÓN:

El agua en el suelo se halla alojada en los macro y micro poros y adsorbida en las partículas de suelo. Para un determinado momento, la cantidad de agua contenida por un suelo podrá definirse según las siguientes condiciones:

**a) *Humedad de Saturación:*** es el contenido de agua de un suelo en el que todos sus poros están llenos de agua. Esta situación puede observarse inmediatamente después de una lluvia o riego abundante.

**b) *Capacidad de Campo (CC):*** también conocido como límite máximo, es el contenido de agua presente en un suelo luego de drenar libremente durante los 2 o 3 días posteriores a una lluvia o riego intenso. Se estima que corresponde al agua retenida a un potencial mátrico que puede variar entre 0.1 bar para suelos arenosos hasta 0.5 bares para suelos arcillosos. Se puede tomar como valor medio 0.3 bar.

La estimación de la CC en condiciones naturales puede lograrse provocando la saturación del suelo y cubriéndolo con plástico para evitar la evaporación. Se espera entre 24 y 72 horas (más tiempo en los suelos arcillosos) y se toma una muestra para determinar su contenido de humedad.

Otra forma de estimación es en laboratorio a través de la determinación de la humedad equivalente, considerando la muestra de suelo disturbada. En esta determinación hay influencias significativas de la granulometría, los suelos de textura arenosa pierden más agua que los de textura fina. Dada la estrecha relación entre el contenido de fracciones texturales finas y el contenido de humedad equivalente este valor también puede estimarse a través de ecuaciones predictivas, ajustadas a las condiciones edáficas regionales.

**c) *Punto de Marchitez Permanente (PMP):*** También conocido como límite mínimo, es el contenido de agua de un suelo retenida tan firmemente que las plantas no pueden extraerla causándoles una marchitez irreversible. En este estado se admite, en general, que el agua está retenida con potenciales menores a -15 bares.

Para la estimación de la cantidad de agua que un suelo posee en el PMP se emplean metodologías más complejas (biológicas u ollas de placas o membranas de Richards). En general se puede asumir que el valor de PMP de un suelo es aproximadamente el 50 % de la CC del mismo.

No todas las especies vegetales tiene la misma capacidad para extraer agua del suelo, incluso esta capacidad puede variar según el estado fenológico de la planta; por lo tanto el valor del PMP *no será un punto constante*, para todos los casos. Además el PMP depende también de características propias del suelo como la granulometría del suelo, su compactación, el contenido de materia orgánica, la profundidad del perfil, entre otros factores.

**d) Agua Útil (AU):** O disponible. Es la diferencia entre los contenidos de agua a CC y PMP. Es la que se considera como agua utilizable o potencialmente extractable por las plantas en la zona de crecimiento radical. Esta es la fracción del agua del suelo que puede perderse por evaporación o variar por el consumo de las plantas.

### **EXPRESIÓN DEL CONTENIDO HÍDRICO**

El estado hídrico del suelo puede ser expresado de dos maneras:

- Por unidad de masa de suelo: Conocido como **Humedad Gravimétrica (W)** Es la relación entre la masa de la fracción líquida y la masa de la fracción sólida.

$$W = Ma / Ms \quad (\text{gr / gr; tn / tn})$$

Donde: Ma es masa de agua y Ms es masa de suelo.

Generalmente se expresa en porcentaje

$$W\% = (Ma / Ms) \times 100$$

Indica por ejemplo que un suelo con 20% de humedad contiene 20 gr de agua en 100 gr de suelo.

- Por unidad de volumen de suelo: Conocido como **Humedad Volumétrica ( $\theta$  TITA)**. Es la relación entre el volumen de la fracción líquida ( $V_a$ ) y el volumen de la muestra ( $V_s$ ).

$$\theta = Va / Vs \quad (\text{cm}^3 / \text{cm}^3; \text{m}^3 / \text{m}^3)$$

También puede ser expresada en porcentaje si se multiplica por 100.

Indica por ejemplo que un suelo con una humedad volumétrica del 20% contiene 0,2 cm<sup>3</sup> de agua en 1 cm<sup>3</sup> de suelo.

### **Relación entre ambas formas de expresión**

La relación entre ambas unidades se puede expresar a través de la Densidad Aparente ( $\delta$ ) del suelo.

$$\theta = W \times \delta$$

Como valores orientativos de densidad aparente, pueden considerarse los siguientes:

Textura de suelo	$\delta$ (g / cm <sup>3</sup> )
Arcillosa	1,00 – 1,25
Limosa*	1,25 – 1,40
Arenosa	1,40 – 1,80

\* para la mayoría de las situaciones que encontraremos en el Campo Escuela de la FCA usaremos valores de  $\delta$  correspondientes a suelos limosos.

## **CÁLCULO DEL AGUA ALMACENADA EN EL SUELO**

### **Lámina de agua**

Es una forma práctica de expresar y visualizar la cantidad de agua existente o almacenada en el suelo.

Recordemos que  $\theta = V_a / V_s$ , donde  $V_a$  y  $V_s$  representan los volúmenes de agua y suelo respectivamente. En tales volúmenes las superficies del suelo y del agua son las mismas, por lo tanto  $\theta = I_a / I_s$ , donde  $I_a$  y  $I_s$  son las alturas de las láminas de agua ( $I_a$ ) y de suelo ( $I_s$ ). Conociendo la profundidad de una dada capa de perfil de suelo,  $I_a$  (lámina de agua) será  $\theta \times I_s$ .

Por ejemplo:

En una capa de suelo cuyo espesor fue de 200 mm se determinó un valor de  $\theta = 0,28 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ . Por lo tanto, la lámina de agua ( $I_a$ ) de dicho suelo resultó

$$I_a = 0,28 \times 200 = 56 \text{ mm}$$

Observe que esta forma de expresión no depende del área. La unidad de medida empleada más frecuentemente es el milímetro, lo que la transforma en una medida de gran utilidad ya que permite relacionar los milímetros de agua almacenada en el suelo con los milímetros de agua de lluvia, los aplicados con un riego, los milímetros de agua consumidos por el cultivo (evapotranspiración), etc.

### **Determinación del almacenaje total de un suelo**

Para calcular la lámina total (**L**) de agua o almacenaje en un suelo hasta una determinada profundidad es necesario determinar lo que se denomina **perfil de humedad**. Esto equivale a determinar el contenido de agua del perfil del suelo en un momento dado en relación a la profundidad deseada. Para realizarlo es necesario dividir el perfil del suelo en estratos o capas de profundidades conocidas y calcular la lámina en cada una de ellas. La lámina total surgirá de las láminas parciales de cada capa.

La cantidad y dimensiones de cada capa de suelo dependerán de los objetivos de la medición y de las características propias del perfil, por ejemplo: diferenciación de horizontes, profundidad de cada horizonte, presencia de capas duras, longitud de raíces del cultivo, etc..

### **Determinación del agua útil**

Es el agua utilizable o potencialmente aprovechable por las plantas. Para su determinación se requiere conocer: a) el contenido de agua de un suelo en un determinado momento y b) el PMP de dicho suelo. El AU resulta de la diferencia entre ambos valores.

Observe que cuando el valor del contenido actual de agua en un determinado momento es igual a la CC de ese suelo, la diferencia con el PMP nos indicará *la cantidad de agua útil total (AUT)* que puede almacenar ese suelo. El conocimiento de esta información es de gran importancia ya que a partir de ella podremos predecir cuál será el máximo rendimiento al que podremos aspirar con un dado cultivo en un determinado lote.

El valor del agua disponible puede expresarse en términos de lámina o también en términos relativos (%) con el agua útil. Por ejemplo, si el agua útil actual al metro de profundidad es 65 mm y el AUT de ese suelo es de 170 mm, el AU (%) será:  $(65/170) \times 100 = 38,2\%$ .

### **MÉTODO Y MATERIALES DE MUESTREO**

(El siguiente texto ha sido transcrito y adaptado de: Gill, R.R. y Martelotto, E.E. (1993) El agua edáfica. Guía práctica para su determinación. EEA INTA Manfredi. 9pp.)

#### ***Método gravimétrico.***

La humedad del suelo se puede medir directamente por gravimetría, o en forma indirecta con instrumental especializado (sonda de neutrones, tensiómetros, termocuplas, etc.). Por la sencillez, practicidad y costo reducido el método gravimétrico resulta el más conveniente.

Consiste en tomar o extraer muestras de suelo en las profundidades de interés. Las muestras se pesan húmedas, se secan en estufa a una temperatura de 105° C hasta peso constante y se vuelven a pesar.

La diferencia entre el peso de la muestra húmeda y la seca será la cantidad de agua que, relacionada con el peso seco del suelo, representa el contenido de humedad en el momento de muestreo.

En el anexo 1 de este apunte se adjunta un modelo de planilla para el cálculo del AU.

### ***Materiales para la toma de las muestras.***

Barreno, es la principal herramienta a emplear en muchas situaciones. Existen de diferentes diseños, de acuerdo al tipo y profundidad de suelo que se quiere muestrear.

Además se deben emplear tarros con tapa o baldes, dependiendo de si se toman muestras simples o compuestas respectivamente. Ambos elementos pueden ser reemplazados por bolsas de polietileno gruesas.

Se requiere de una estufa de secado, eléctrica o de gas para 110°C. En caso de no disponer de laboratorio para el secado de las muestras, puede emplearse un horno de cocina a máxima temperatura o un horno a microondas.

Para determinar los pesos de las muestras se requiere de una balanza con capacidad de detectar diferencias de peso de hasta 1 gramo.

### ***Recomendaciones para el muestreo.***

Las muestras deben ser representativas del potrero o lote a muestrear.

Se puede trabajar con muestras simples o compuestas (es la mezcla de varias muestras simples). El tipo y número de muestra dependerá de los objetivos y precisión buscados.

Observe el terreno antes de muestrearlo. Si se aprecian diferencias dentro de un lote (lomas, partes bajas, zonas encharcadas, cambios bruscos en la vegetación o en la coloración del suelo, etc.), se deben muestrear las diferentes partes por separado. Del mismo modo si el lote ha recibido distinto manejo en alguna de sus partes o si existiesen diferencias en la distribución de los rastrojos luego de la cosecha. El crecimiento desparejo de las plantas y una distribución no uniforme de las raíces producen variaciones en el contenido y distribución del agua en el suelo.

Siempre debe considerarse que las plantas tienen capacidad para extraer agua desde una importante profundidad de suelo. Sin considerar los aspectos fisiológicos que regulan el crecimiento de las raíces, el mismo solo estará limitado por impedimentos físicos del suelo. Por lo tanto, la toma de muestras debe siempre representar a toda la profundidad del perfil que las raíces son capaces de explorar libremente.

Se debe proceder a la extracción de las muestras recorriendo el área en zig-zag, siempre que sea posible.

El material obtenido debe colocarse preferentemente en tarros de aluminio o en bolsas de polietileno grueso, convenientemente selladas o hermetizadas para evitar que se pierda la humedad mientras se llevan al laboratorio.

Las muestras deben ser procesadas inmediatamente. Si se va a demorar el secado, es convenientes pesar las muestras antes de guardarlas.



**Anexo 1:** Planilla para el cálculo del contenido de agua del suelo por método gravimétrico

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Profundidad (mm)	Tara del tarro (g)	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro (g)	Peso suelo seco – tarro (g)	Agua (g)	Humedad Gravim. (W)	Densidad aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad volum. ( $\theta$ )	Agua Total (mm)	Lámina mínima (mm)	AU (mm)
0-200											
200-400											
400-600											
600-800											
800-1000											
1000-1200											
1200-1400											
1400-1600											
1600-1800											
1800-2000											
<b>TOTAL</b>											

(5) Peso suelo seco: 4 – 2

(6) Agua: 3 – 4

(7) W: 6/5

(8)  $\theta$ : W x densidad aparente

(9) Agua total:  $\theta$  x 1

(10) Lámina mínima:  $\theta$  de PMP x 1

(11) AU: 9 - 10

## **Listado de algunas publicaciones científicas que se utilizarán como fuente de información bibliográfica**

- Agriscientia (castellano)
- Agronomy Journal (inglés)
- Australian Journal of Agricultural Research (inglés)
- Canadian Journal of Plant Science (inglés)
- Ciencia del suelo (castellano)
- Crop Science (inglés)
- Field Crop Research (inglés)
- Investigación Agraria: Protección y Producción Vegetal (castellano)
- RAM (Revista Agropecuaria de Manfredi y Marcos Juarez) (castellano)
- Revista Brasileira de Agrometeorología (portugués)
- Revista de la Universidad de Río Cuarto (castellano)
- Revista Facultad de Ciencias Agrarias de Cuyo (castellano)
- Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias de La Pampa (castellano)
- Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias de La Plata (castellano)
- Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias UBA (castellano)
- RIA ( Revista de Investigaciones Agropecuarias) (castellano)
- Transactions of the ASAE (inglés)
- Turrialba (castellano)