

Algunos conceptos básicos para el manejo del riego

Jorge Sawchik*

El uso de la tecnología del riego implica el conocimiento de algunos parámetros básicos del suelo y el cultivo fundamentales para lograr un uso eficiente del agua aplicada. El objetivo del presente artículo pretende revisar algunos conceptos básicos sobre estos parámetros y como estimarlos o calcularlos con las herramientas que hoy tenemos disponibles. El conocimiento de estos parámetros es de utilidad para el manejo de cultivos bajo secano o riego indistintamente.

Parámetros del suelo

El suelo está constituido por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida se compone de partículas minerales y de materia orgánica. El espacio no ocupado por la fase sólida constituye los poros del suelo. Estos están normalmente ocupados por agua y aire en proporciones variables según el contenido de humedad del suelo. El contenido de agua de un suelo afecta directamente el crecimiento de las plantas pero además otras propiedades del suelo como por ejemplo: consistencia, plasticidad, compactación y resistencia a la penetración entre otras.

Contenido de agua de un suelo

El contenido de agua de un suelo puede expresarse de diferentes formas:

Humedad en base a peso:

$$\% H (\text{peso}) = (PH - PS) / PS * 100 \quad (1)$$

Donde % H (peso) es el contenido de agua en base a peso expresada como porcentaje, y PH y PS (g) representan el peso del suelo húmedo y seco respectivamente. El peso seco se determina luego de secar la muestra en estufa por 24 horas a 105°C. También puede utilizarse para su determinación el horno de microondas.

Otra forma de expresar el contenido de agua es en base a volumen y para ello debemos conocer la densidad aparente que es el cociente entre el peso seco de la muestra de suelo y su volumen. Como esta medida es difícil de determinar a nivel de campo, a manera de guía se presentan valores de densidad aparente para diferentes situaciones: suelo recién laboreado, 0.95 – 1.05 gr/cm³, suelos bajo pastura 1.25 gr/cm³, suelos compactados 1.4 gr/cm³.

Humedad en base a volumen

$$\% H (\text{volumen}) = \% H (\text{peso}) * D. \text{ aparente} \quad (2)$$

En la práctica como las láminas de riego, la precipitación y la evapotranspiración son medidas en mm, es conveniente el uso de esta misma unidad para expresar el contenido de agua de un suelo. Para ello podemos decir que:

* Ing. Agr., MSc., Grupo de Riego, Agroclima, Ambiente y Agricultura Satelital, INIA La Estanzuela

$mm \text{ de agua} = (\% H \text{ (peso)} * D. \text{ aparente} * Profundidad \text{ (cm)})/10 \text{ (3)}$

Siendo en este caso la profundidad, el espesor del horizonte de suelo considerado.

Cabe acotar que a nivel de investigación, se dispone de otros métodos que estiman el contenido de agua de un suelo con sus debidas calibraciones; por ejemplo la sonda de neutrones, el TDR (Time Domain Reflectometry) de los cuales no brindaremos detalles en este artículo.

Almacenaje de agua de los suelos

En general, no toda el agua del suelo está disponible para las plantas. Es por ello que se introduce aquí el concepto de agua disponible (AD) de un suelo. Se define AD como la diferencia entre el contenido de agua de un suelo a capacidad de campo (CC) y el contenido de agua en el punto de marchitez permanente (PMP).

$$AD = CC - PMP \text{ (4)}$$

Si bien existe una amplia discusión sobre la validez de estos parámetros siguen siendo utilizados como medidas prácticas para el cálculo de la AD.

La CC se define como el contenido de agua de un suelo de un suelo inicialmente saturado luego de que el agua gravitacional ha drenado. Este parámetro puede determinarse en el laboratorio, o en el campo por el método de humedecimiento natural o inferirse a través de otras propiedades del suelo como la granulometría y la materia orgánica. El PMP sería el límite inferior de disponibilidad de agua en el suelo y también puede determinarse con métodos de laboratorio similares a la CC, o mediante ecuaciones que utilizan otras propiedades del suelo.

A manera de guía en el cuadro 1 se presentan los valores promedio de CC, PMP y AD para suelos de diferente textura.

Cuadro 1. Valores promedio y rango de CC, PMP y AD (expresados como % en peso) para suelos de diferente textura (adaptado de Israelsen y Hansen, 1979).

Textura del suelo	Capacidad de campo (CC)	Punto de marchitez permanente (PMP)	Agua disponible (AD)
Arenoso	9 (6 -12)	4 (2 - 6)	5 (4 - 6)
Franco	22 (18 - 26)	10 (8 - 12)	12 (10 - 14)
Franco - Arcilloso	27 (23 - 31)	14 (12 - 16)	13 (11 - 15)
Arcilloso	36 (31 - 39)	18 (16 - 20)	18 (15 - 19)

Si se quieren utilizar valores más precisos, para nuestros suelos, Silva et. al, (1988) han estimado estos parámetros para diferentes suelos. Algunas ecuaciones ajustadas se presentan a continuación:

Para horizontes A de textura media a pesada estos autores encontraron que:

$$CC = 21.977 - 0.681 * (\% \text{ arena}) + 2.601 * (\% \text{ Materia orgánica}) + 0.127 * (\% \text{ arcilla})$$

Para el caso de los suelos arenosos:

$$CC = 8.658 + 2.571 * (\% \text{ Materia orgánica}) + 0.296 * (\% \text{ Limo})$$

Estos mismos autores ajustaron las siguientes ecuaciones para el cálculo del PMP en horizontes A.

$$PMP = -2.177 + 0.393 * (\% \text{ arcilla}) + 1.206 (\% \text{ Materia orgánica})$$

Otra manera de estimar el CMP es dividiendo el contenido de agua a CC por 1.7 o 2 para suelos arcillosos o arenosos respectivamente.

Así mediante análisis fáciles de realizar en el laboratorio (como la textura y la materia orgánica), el técnico asesor puede tener una información más precisa de la capacidad de almacenaje de un suelo. Esquemáticamente podremos ahora referirnos al valor de CC como aquel donde tenemos un 100 % de agua disponible y al PMP donde AD = 0 %. Este sería el rango de disponibilidad de agua que tenemos para el manejo de los cultivos en seco o bajo riego.

Fácilmente utilizando los valores presentados en el cuadro 1 o utilizando las ecuaciones recién descritas uno podría estimar utilizando las ecuaciones 3 y 4 el AD expresada en mm para la profundidad de suelo deseada.

Para ilustrar esto pongamos un ejemplo:

Horizonte A de textura franca (0 - 20 cm de profundidad): CC = 24 % en peso, CMP = 10 % en peso, densidad aparente = 1.25 gr/cm³

Horizonte B de textura arcillosa (20 - 40 cm de profundidad): CC = 31% en peso, CMP = 16% en peso, densidad aparente = 1.4 gr/cm³

AD para horizonte A: $((24-10) * 1.25 * 20) / 10 = 35$ mm

AD para horizonte B: $((31-16) * 1.4 * 20) / 10 = 42$ mm

AD acumulada = 35 + 42 = 77 mm en 40 cm de profundidad.

Existe una gran variación en la cantidad de AD para los suelos del Uruguay. Alvarez et al. (1989) estimaron la capacidad de almacenaje de agua para las Unidades 1:1.000.000 teniendo en cuenta la morfología de los suelos y la probable profundidad de arraigamiento. Para suelos de La Estanzuela, Burgos y Corsi (1967), estimaron una capacidad de almacenaje de 115 mm para 60 cm de profundidad.

Cabe realizar aquí algunas consideraciones: el AD para el cultivo va a depender de su profundidad de arraigamiento. Para ello tendremos que tener en cuenta donde se acumula el mayor % de raíces y hasta que profundidad la exploración es significativa. Por ejemplo, si queremos regar trébol blanco, con un sistema radicular superficial, consideraríamos solamente los 20 primeros cm de profundidad para el cálculo de la AD. En el caso de maíz, la exploración radicular puede llegar a más de 1 m de profundidad, pero a los efectos prácticos tomamos una profundidad efectiva de 40-50 cm en el período de floración.

El agua no está en las mismas condiciones de disponibilidad para la planta en el intervalo que definimos entre 0 y 100 % de AD. La curva de retención de agua de un suelo es la relación entre el contenido de agua y el potencial de matriz (que es generado por diferentes mecanismos de retención). Cuanto más seco está el suelo, el potencial de matriz es mayor, el agua está retenida con más fuerza. Así por ejemplo en un suelo arcilloso la CC se determina a un potencial de 0.1 bar, mientras que en el PMP la determinación se realiza a 15 bar de presión. Esta curva de retención de agua varía para suelos de diferente textura y está además afectada por la estructura. Un proyecto de riego bien diseñado debería contar con esta información.

De acuerdo a esto cabe definir aquí el término umbral de riego, como el potencial de agua en el suelo al cual se aplica la lámina de riego. Este dependerá de factores de cultivo

(grado de sensibilidad al estrés hídrico), de suelo (textura, conductividad hidráulica), y demanda atmosférica. Como a nivel práctico es difícil obtener la curva de retención de agua de un suelo curva expresamos los umbrales en términos de % de AD.

Para cultivos extensivos como por ej. Maíz se puede considerar un umbral de riego de 50 % como apropiado. Si tomamos el suelo del ejemplo anterior y deseamos conocer la lámina de riego a reponer tenemos que:

AD (40 cm) = 77 mm

Dejamos agotar el agua disponible un 50 %, por lo tanto la lámina neta de reposición será de 38 mm

Demanda de agua de los cultivos

La evapotranspiración de un cultivo es el proceso por el cual el agua es transferida desde el suelo hacia la atmósfera, e incluye los términos evaporación desde el suelo o la planta y transpiración desde la planta. Está influenciada por diversos factores climáticos como radiación, humedad relativa, temperatura y viento; factores de suelo como la disponibilidad de agua y factores de cultivo como tipo y estado fenológico del cultivo.

Podemos caracterizar la demanda de la atmósfera con el término ET_0 (Evapotranspiración del cultivo de referencia). Existen métodos para medir directa e indirectamente esta propiedad. En nuestro país, el método de Penman, y el tanque clase A son los más comunes. El valor de ET de tanque A debe ser corregido por coeficientes de tanque que varía mensualmente. Las Estaciones Experimentales de INIA tienen disponible diariamente los valores para ambos métodos, mientras que las estaciones agrometeorológicas de la Dirección Nacional de Meteorología toman los datos de tanque A. El acceso diario a estos datos sería muy aconsejable a los efectos de programar el riego.

La evapotranspiración del cultivo se calcula como:

$$Etc = Eto * Kc$$

Definiendo el Kc como el coeficiente del cultivo. Este varía con el desarrollo del cultivo, pero también depende de si estamos ante una alta o baja disponibilidad de agua en el suelo. Existen varias fuentes para tomar los datos de Kc de los cultivos. Los más utilizados son los publicados por FAO, aunque los trabajos de INIA La Estanzuela tratan de obtener los valores más apropiados para nuestras condiciones.

Tomemos como ejemplo el caso del maíz.

En base a Doorembos y Pruitt (1976) citados por Agorio et al, (1988) podemos definir 4 fases:

Inicial: desde la siembra hasta un 10 % de cobertura por el cultivo donde podemos tomar un valor de 0.4

Intermedio: se computa hasta que el cultivo cubre completamente el suelo hasta el máximo en forma ascendente

Máximo: el máximo se toma entre 1.1 y 1.2 y ocurre en el período de máxima demanda del cultivo alrededor de floración.

Final: en general es la etapa donde ya no se realizan riegos y toma un valor entre 0.55 y 0.6.

Con estos valores podemos estimar los Kc diarios y estimar con datos también diarios de Eto , los valores Etc .

Si seguimos el ejemplo del suelo anterior, y queremos determinar la frecuencia de riego en el período de demanda pico, tendremos que:

La lámina neta de reposición calculada era de 38 mm. Si consideramos un maíz en floración con un Kc de 1.2 y un valor promedio de Eto de 6.5 mm/día, podremos calcular el intervalo entre riegos como:

Lámina neta a reponer/(Eto * Kc) o sea $38 / (6.5 * 1.2) = 4.8$ días de intervalo entre riegos.

Para la programación diaria del riego podemos basarnos en diferentes métodos: balance hídrico, indicadores de suelo, indicadores de planta. El más práctico es el método de balance hídrico. Para ello debemos conocer los parámetros del suelo ya expuestos, los registros diarios de precipitación y la evapotranspiración diaria del cultivo (utilizando los valores de Kc mencionados). Podremos corregir además este balance con medidas ocasionales de agua en el suelo.

Las otras medidas utilizables para programación del riego son de difícil transferencia para el uso a nivel comercial y son usadas a nivel de investigación.

Referencias:

- Alvarez, C.; Cayssials, R.; Molfino J.H. 1989. Estimación del almacenaje de agua en las tierras de Uruguay p 63 – 75.
- Agorio, C.; Cardellino, G.; Corsi, W.; Franco, J. 1988. Estimación de las necesidades de riego en Uruguay. I. Magnitud y frecuencia de la lámina neta total. MGAP, Dirección General de Recursos Naturales renovables, División Uso y Manejo del Agua. 110 p.
- Burgos, J.J.; Corsi, W. 1967. Constantes hidrológicas de dos suelos de pradera de Colonia. CIAAB, Boletín Técnico No.6 24 p.
- Silva, A.; Ponce de León, J.; García F.; Durán, A. 1988. Aspectos metodológicos en la determinación de la capacidad de retener agua de los suelos del Uruguay. Facultad de Agronomía. Boletín de Investigación No. 10. 20 p.