

IMPORTANCIA DE LOS PARAMETROS HIDROFISICOS DEL SUELO Y REQUERIMIENTOS HIDRICOS DEL CULTIVO EN EL DISEÑO DE UN PROYECTO DE RIEGO POR ASPERSIO LIVIANA

LUCIO LEGARDA BURBANO*
GERARDO PUENTES*
HOMERO BENAVIDES GUERRERO*

RESUMEN

En el presente trabajo se hace un análisis sobre los parámetros hidrofísicos del suelo y requerimientos de agua de los cultivos con algunas explicaciones sobre el cálculo de las láminas de agua a aplicarse en cada riego, métodos para determinar la frecuencia de riego, caudal de riego, uso consuntivo de los cultivos, tiempo de riego, espaciamento y selección de aspersores, área regada diariamente, diámetro óptimo de las tuberías, presión de trabajo, etc.

INTRODUCCION

Los parámetros hidrofísicos del suelo, junto con los parámetros químicos, biológicos y mineralógicos, determinan, entre otras, la productividad de los suelos.

El conocimiento de estos parámetros permite mejorar las actividades agrícolas vitales como el laboreo, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación del suelo, agua y el manejo de los residuos de cosechas. En un proyecto de riego los parámetros hidrofísicos del suelo y los requerimientos hídricos de la planta influyen en la capacidad de almacenamiento de agua,

en el grado de captación de agua del suelo, en el enraizamiento y en la cantidad de agua que requiere el cultivo; además sirve para poder planear eficazmente el riego adecuado a los cultivos en determinados suelos.

En el presente trabajo se hace un análisis sobre los parámetros hidrofísicos del riego y de los requerimientos de las plantas con algunas explicaciones sencillas sobre su aplicación práctica para el diseño de un sistema de riego por aspersión eficiente y rentable, con el fin de obtener altos rendimientos en los cultivos.

Importancia de los Parámetros Hídricos del Suelo

Textura

Para fines de diseños de proyectos de riegos, la textura es un parámetro hidrofísico que regula el flujo de agua y sobre todo la capacidad de retención e influye en la capacidad de almacenamiento (Legarda y otros, 1984).

Los suelos arenosos retienen más agua aprovechable que los arcillosos, porque en éstos se aloja mucho líquido entre las partículas. Así mismo en el punto de marchitamiento permanente, el contenido de humedad de algunos suelos arcillosos es bastante alto (Richards, 1965). La textura gobierna el comportamiento físico y químico de los suelos, dándole al suelo mayor o menor capacidad productiva.

Densidad aparente

Para fines de riego es necesario conocer la densidad aparente para calcular la lámina de riego, puesto que es complejo medir por medios directos el volumen del agua que existe en forma de humedad del suelo, en un volumen dado del mismo.

Según Blake (1965), Forsythe (1972) y Gardner (1965), la densidad aparente de un suelo varía con las operaciones de labranza, siendo alta si el

* Profesores Titulares. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

suelo está compacto y es baja si no está compacto y un suelo arenoso es mayor que un suelo arcilloso.

La porosidad está íntimamente relacionada con la agregación y con la estructura de los suelos. De la porosidad dependerán importantes propiedades y procesos físicos en los suelos como la retención y el movimiento de agua, la aireación y la transferencia de oxígeno en el medio radical y la facilidad con que las raíces puedan penetrar en el suelo.

La profundidad radical del suelo se puede definir como la profundidad a la cual pueden llegar las raíces de las plantas sin obstáculos físicos ni químicos, tales como nivel freático, capas endurecidas (harpan, claypan), arenas sueltas, arcillas impermeables, presencia de sales y/o sodio. Todos estos fenómenos físicos afectan en menor o mayor grado el desarrollo de las raíces de las plantas, la disponibilidad de agua en el suelo y determinan en forma secundaria, la lámina de agua que se requiere en un momento dado para el riego de un cultivo.

Para el diseño de un sistema de riego por aspersión es necesario conocer la pendiente del terreno, así como las partes altas y bajas, lo cual contribuye a la estimación de las presiones que deben operar en el sistema de riego y a calcular la carga total de bombeo.

Si la distribución del agua es de arriba hacia abajo, la limitante es el control del agua por la energía que ésta lleve, en cambio si la distribución del agua es de abajo hacia arriba, la limitante es el bombeo, haciendo más costoso el diseño.

Desde el punto de vista del riego, el agua es importante para asegurar las cosechas contra la época de sequía; mejora las condiciones del suelo para lograr un desarrollo adecuado del vegetal, proporciona la humedad necesaria para que la planta se desarrolle adecuadamente, es decir, lleva el suelo a la capacidad de campo satisfaciendo las necesidades de evotranspiración del cultivo (Legarda, 1983).

La utilidad práctica de la capacidad de campo es que sirve para calcular la lámina de agua rápidamente aprovechable de un suelo en mm y en m^3/ha , y ésta para determinar la lámina bruta de riego y la frecuencia.

Según Claro (1989), cuando no se dispone de los puntos críticos de la humedad del suelo, se utiliza la condición promedio de la fracción volumétrica de agua aprovechable según la textura y la profundidad efectiva de los suelos en la zona de estudio. La fracción volumétrica de agua aprovechable está dada por la diferencia entre el punto de marchitez permanente y la capacidad de campo de los suelos, multiplicada por la profundidad del suelo, tal como se aprecia en la Figura 1.

La infiltración es la propiedad que tiene un suelo de absorber agua a través de sus poros. Generalmente se expresa en altura de lámina de agua en cm. Por otra parte, se entiende por velocidad de infiltración, la máxima velocidad con que un suelo puede absorber agua bajo ciertas condiciones y en un tiempo dado. El conocimiento de la infiltración del suelo es importante para escoger los sistemas de riego adecuados.

Importancia de los Requerimientos Hídricos de los Cultivos

En general, la cantidad de agua absorbida por la planta se mide en mm de lamina de agua. Por ejemplo, un cultivo de maíz absorbe en promedio aproximadamente 740 mm de agua en su ciclo vegetativo. Esto quiere decir, que una hectárea de maíz necesita un promedio de lámina de agua con una superficie de una hectárea y un espesor de 750 mm (Sep-Trillas, 1989).

Esta lámina de agua tiene un volumen de $740 \text{ mm} \times 10.000 \text{ m}^2$, o sea, de $0,74 \times 10.000 \text{ m}^3$ lo que es igual a 7.400 m^3 . Por consiguiente, una lámina de agua de 1 mm es igual a 10 m^3 de agua por hectárea. Si una hectárea de maíz contiene 15.000 plantas, la necesidad promedio de agua de cada planta será igual a $7.400/15.000$, o sea, $0,5 \text{ m}^3$.

Existe un gran número de factores que influyen en la cantidad de agua que absorben los diferentes cultivos, por lo tanto, las cantidades promedio de agua, absorbidas por diferentes cultivos, son más bien cantidades indicativas.

En general, se considera el término uso consuntivo equivalente a la evotranspiración, no obstante algunos autores como Grassi (1968), Legarda (1974), Israelsen y Hansen (1985), hacen diferencia en la definición de los conceptos, considerando que en el uso consuntivo se incluye además la cantidad de agua que forma parte de los tejidos de la planta, la cual es una cantidad siempre pequeña (generalmente no excede del 1% con relación al volumen de agua transpirada).

La importancia de este parámetro radica en que sirve para diseñar sistemas de riego, programar eficientemente la irrigación, determinar la frecuencia o ciclos de riego y para elaborar el balance hídrico de los cultivos.

De acuerdo a varios autores como Legarda (1972) y Claro (1989), el procedimiento más confiable para determinar la evapotranspiración de los cultivos consiste en relacionarla con la evaporación del tanque clase "A" o evaporímetro, puesto que son procesos similares, debido a la integración de varios factores climáticos como la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar, el déficit de saturación, la velocidad del viento, etc.

En ausencia del tanque clase "A", los métodos más usados y sencillos para determinar la avapotranspiración de los cultivos basados en datos meteorológicos son los de Thornthwaite, García-López, Blaney-Criddle, Papadakis, Holdridge (Legarda, 1972). El método de García-López se presenta como el mejor entre los métodos antes mencionados, según estudios realizados en áreas tropicales como Venezuela, Costa Rica y Jamaica por Legarda y Forsythe (1979).

Los coeficientes fisiológicos varían para cada cultivo y para cada localidad dentro de cada cultivo. Se usan frecuentemente factores específicos para cultivos, aplicables a un método determinado, considerando el consumo de agua por un cultivo cuando aquella está en el suelo a un nivel no limitante;

Penman, citado por Legarda (1972) llamó la relación entre el uso consuntivo y la evaporación como el coeficiente fisiológico de los cultivos, los cuales dependen únicamente de la naturaleza de la cobertura vegetal.

Grassi (1978) anota que el proceso inverso al de agotamiento de la humedad del suelo por acción de la evapotranspiración, lo constituye el aporte hídrico por diversos conceptos: precipitación, ascenso de agua por capilaridad, condensación del gua, vapor. En la generalidad de los casos, la precipitación representa la casi totalidad del aporte hídrico del suelo.

El balance hídrico es importante porque sirve para determinar el suministro de agua a los cultivos (entradas) y el consumo de los mismos (salidas), el cual debe ser aproximadamente igual.

Diseño de un proyecto de riego por aspersión

La secuencia de los cálculos para el diseño de un proyecto de riego por aspersión liviana, son el producto de varios años de investigación, realizados por numerosos autores, estudiosos de la ingeniería de regadíos tales como: Israelsen y Hansen (1965), Baver y Gardner (1973), Blaney-Criddle, Thornthwaite (1948), Daker (1970), Gardner (1965), Gómez (1979), Grassi (1968), Palacios (1966), Richard (1965), SCS-USDA (1973) y otros autores más.

La lamina de agua aprovechable (LAA) expresa la lámina de agua que un suelo puede almacenar entre los límites de capacidad de campo y punto de marchitez permanente a la profundidad radical efectiva del cultivo estudiado.

$$LAA = \frac{(CC - PM) \times DA \times PR}{100 \times DW}$$

Donde:

CC = Contenido de humedad a la capacidad de campo en %

PM = Contenido de humedad en el punto de marchitez en %

DA = Densidad aparente en g/cc
 DW = Densidad del agua = 1 g/cc
 PR = Profundidad radical efectiva en cm

La lamina neta (LN), es la cantidad de agua rápidamente aprovechable teniendo en cuenta el nivel de reposición (NR) o porcentaje de agotamiento del agua aprovechable.

$$LN = \frac{LAA \times NR}{100}$$

La lamina bruta o total de riego (LB), expresa la cantidad de agua en exceso que debe aplicarse para compensar las pérdidas por escorrentía, evaporación, arrastre por el viento, percolación, etc. Resulta de dividir la lámina neta sobre la eficiencia del riego seleccionado.

En los catálogos de las empresas fabricantes, para la selección del aspersor a utilizar, se debe tener en cuenta el tipo de cultivo, la infiltración básica de los suelos, por tanto la intensidad de precipitación del aspersor debe ser menor, para evitar escorrentía, además se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Presión de trabajo en atmósferas o libras pulgada cuadrada
- Caudal a entregar al cultivo en Lps, Gpm, m³/h
- Diámetro mojado en m, según la velocidad del viento
- Espaciamiento en m, según la distancia de siembra
- Precipitación horaria en mm/h o intensidad horaria
- Diámetro de boquilla en pulgadas, para una o dos boquillas

La precipitación horaria del aspersor es la cantidad o intensidad de agua lluvia que debe entregar en una hora.

$$PH = \frac{q \times 1000}{Ea \times El}$$

Donde:

PH = Precipitación horaria o intensidad del aspersor en mm/h
 q = Caudal del aspersor a una presión determinada en m³/h
 Ea = Espaciamiento entre aspersores en m
 El = Espaciamiento entre laterales en m

El traslape o espaciamiento permite cierta superposición de los círculos de los rociadores lo que produce un humedecimiento más completo. El viento influye en alto grado en la uniformidad de aplicación. Se obtiene multiplicando el diámetro del aspersor por el porcentaje mojado según la velocidad del viento, que generalmente es del 60%.

El área útil o area mojada del aspersor, es el producto del espaciamiento entre aspersores y laterales

Número de posiciones del aspersor para regar la parcela

Se basa en la información sobre la disponibilidad de agua en la jornada de trabajo o las horas posibles de trabajo, dividida por el tiempo de riego. La jornada de trabajo, hace referencia al tiempo que se debe laborar por día para hacer un riego, el cual debe ser preferiblemente las 24 horas y resulta de multiplicar el número de posiciones por día y el tiempo de riego en horas; y el área regada por los aspersores por día es igual al producto del número de posiciones día y el área mojada por el aspersor.

El área regada diariamente, se basa en el área total a regar y el tiempo que demora en regar la misma. El número de aspersores funcionando simultáneamente, se refiere al número total de posiciones de los aspersores, teniendo en cuenta el área a regar diariamente y el área que riega cada aspersor día. El caudal del aspersor se fundamenta en la presión de trabajo y en el diámetro de la boquilla de salida. Cuando se trata de un aspersor de dos boquillas se suman los diámetros de las dos boquillas y se eleva al cuadrado.

El caudal requerido por el sistema, se determina con base en el número total de aspersores cuando funcionan simultáneamente, que resulta de multiplicar el caudal de los aspersores por el número de ellas.

El caudal total del sistema (Q_t), se basa en el área a regar, en la lámina bruta, en la frecuencia de riego y en las horas posibles de trabajo.

$$Q_t = \frac{27, \times 8 \times A \times L_b}{Fr \times J}$$

Donde:

Q_t = Caudal total del sistema en l/seg.

A = Área a regar en hectáreas

L_b = Lámina bruta a regar en mm

J = Jornada de trabajo en horas

Fr = Frecuencia de riego en días

Las pérdidas por cabeza de presión, se determinan con base en el caudal total, al tipo de tuberías a emplear y el diámetro posible, el cual se calcula por tanteo.

$$J = 0,2083 \left(\frac{100}{C} \right)^{1,85} \frac{Q^{1,85}}{D^{4,866}}$$

Donde:

J = Pérdida de presión en m/100 m

C = Factor de fricción según la naturaleza de la tubería

Q = Caudal total en gpm

D = Diámetro interior de la tubería en pulgadas

La presión de entrada a la tubería lateral, se calcula en base a la ecuación:

$$P_e = P_{\bar{x}} + \frac{3}{4} H_f + h_e \pm \frac{\Delta T}{2}$$

Donde:

P_e = Presión de entrada a la tubería lateral en m

$P_{\bar{x}}$ = Presión promedia

H_f = Pérdidas por fricción

h_e = Altura del elevador

ΔT = Diferencia topográfica en m, positivo si sube, negativo si baja

La cabeza dinámica total, es la suma de todas las pérdidas ocurridas por conducción a lo largo de las líneas principales.

$$CDT = \Delta T \pm P_e + H_s + h_f + H_m$$

Donde:

CDT = Cabeza dinámica total en m

ΔT = Diferencia topográfica en m

P_e = Presión de entrada en m

H_s = Profundidad de succión en m

H_f = Pérdidas en la tubería en m

H_m = Pérdidas menores en m

La potencia requerida, es el caballaje necesario para vencer la altura topográfica y llevar el caudal necesario al cultivo a regar.

$$B_{hp} = \frac{Q \times CDT}{76 \times E_f}$$

Donde:

B_{hp} = Caballos de potencia de la motobomba

Q = Caudal a elevar en L/s

CDT = Cabeza dinámica total en m

E_f = Eficiencia del motor multiplicado por la eficiencia de la bomba en%

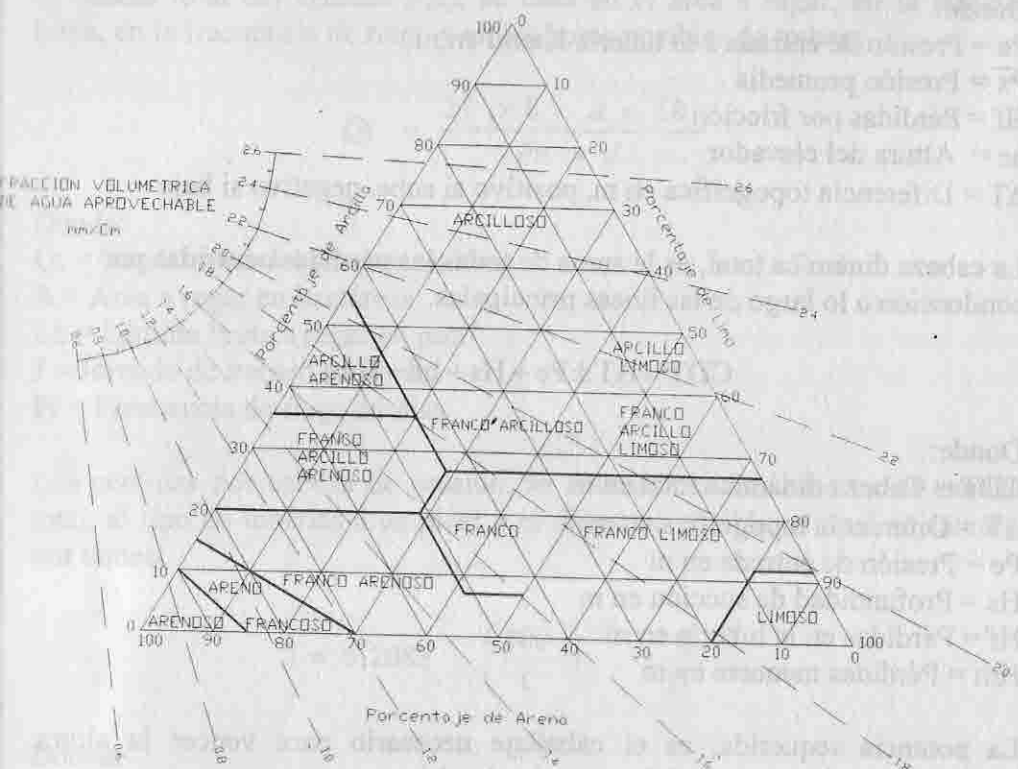


Figura 1. Relación entre la fracción volumétrica de agua aprovechable en el suelo y su textura

BIBLIOGRAFIA

BAVER, D. L.; GARDNER, R y GARDNER, W. Física de suelos. Trad. del inglés por Jorge Rodríguez. México, Uteha. 1973.

BERTRAND, A. R. Rate of water intake in the field. In Black C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1965. pp. 197-208

BLAKE, G. R. Bulk density. In Black, C. A. ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy. 1965.

CLARO, F. Estudios agroclimáticos para identificación de proyectos de riego. Bogotá. HIMAT. 1989. (mimeografía). 15 p.

DAKER, A. Agua na agricultura. 3 ed. Irrigacao e drenagem. Sao Paulo, Freitas Bastos. 1970. V.3. 430p.

FORSYTHE, W. Manual de laboratorio de física de suelos. Turrialba Costa Rica, IICA. 1972. 217p.

GARDNER, W. H. Water Content. In Black, C. A. ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pp. 82-127.

GAVANDE, S. Física de Suelos. México, Limusa-Wiley. 1972.

GOLBERG, D. y SMUELI, P. Drip irrigation. Department of irrigation. Hebrew University, Rehovot, Israel. 1985.

GOMEZ, P. Riegos a presión, aspersión y goteo. 2 ed. Barcelona, Aedas, 1985. 278p.

GRASSI, C. J. Métodos de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT, 1978. 265p.

ISRAELSEN, O. W. y HANSEN, V. C. Principios y aplicaciones del riego. 3 ed. Trad. por A. García. Barcelona, Reverté, 1985. 396p.

LEGARDA, L. y FORSYTHE, W. Soil water and aeration and red bean production. I. Mean maximum soil moisture suction Turrialba (Costa Rica) 28(1): 81-86. 1978.

LEGARDA, L. Estudio de algunos métodos para determinar la evapotranspiración con énfasis en el trópico. Pasto, Universidad de Narifio, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1974. 63 p. Publicación No. 3.