

USO DEL MODELO SWACROP, EN LA ESTIMACION DE LAS NECESIDADES DE LA PAPA III. ABSORCION DE AGUA POR LAS RAICES¹

García, J.; Utset, A.; Ruiz, M.E.²

RESUMEN

Se valora el ajuste del modelo de Feddes et al. (1978) y de Van Genuchten (1989) para la extracción del agua por las raíces de la papa en un suelo ferralítico Rojo típico. Se describe el experimento y se muestran las curvas obtenidas. Se concluye que el modelo de Feddes es apropiado para describir la función de absorción de agua por las raíces en un suelo ferrealítico Rojo típico, pero que los valores de la tensión correspondientes a los puntos críticos de dicho modelo no coinciden.

INTRODUCCIÓN

Una de las funciones más importantes dentro del modelo SWACROP (Wesseling *et al.*, 1989), es la que describe la absorción de agua por las raíces, ya que determina la transpiración del cultivo y por tanto el rendimiento de este (Koopmans y Feddes, 1995).

En el modelo SWACROP; como se indicó en el primer trabajo de esta serie (Ruiz y Utset, 1996a), la absorción de agua por las raíces se representa por un término que se añade a la ecuación de continuidad como parte de la descripción del movimiento del agua en el suelo. El término de absorción en otros modelos para el flujo de agua requiere de una información detallada del sistema radical como por ejemplo: densidad, distribución y longitud de las raíces (Belmans *et al.*, 1983), sin embargo la evaluación experimental de estas variables resulta costosa y consume mucho tiempo. Por otra parte, se cuestiona la exactitud de los modelos contruidos a partir de estas variables (Belmans *et al.*, 1983).

Una de las funciones más importantes dentro del modelo SWACROP (Wesseling *et al.* 1989), es la que describe la absorción de agua por las raíces, ya que determina la transpiración del cultivo y por tanto el rendimiento de este (Koopmans y Feddes, 1995).

¹ Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 8 N° 1. 1999.

² Grupo de Investigaciones Agrofísicas, Universidad Agraria de La Habana

En el modelo SWACROP; como se indicó en el primer trabajo de esta serie (Ruiz y Utset, 1996a), la absorción de agua por las raíces se representa por un término que se añade a la ecuación de continuidad como parte de la descripción del movimiento del agua en el suelo. El término de absorción en otros modelos para el flujo de agua requiere de una información detallada del sistema radical como por ejemplo: densidad, distribución y longitud de las raíces (Belmans *et al*, 1983), sin embargo la evaluación experimental de estas variables resulta costosa y consume mucho tiempo. Por otra parte, se cuestiona la exactitud de los modelos contruidos a partir de estas variables (Belmans *et al*, 1983).

Palabras claves: Extracción de agua por las raíces, modelación, ferralítico rojo.

Por lo anterior se han introducido funciones semiempíricas para la absorción de agua por las raíces que resultan prácticas y simples. Entre ellas puede mencionarse la de Feddes *et al*. (1978), cuyos parámetros han sido determinados para el cultivo de la papa en condiciones europeas pero no para las cubanas, donde las condiciones climáticas y los suelos son diferentes.

Por otra parte actualmente se conoce también el modelo de Van Genuchten (Van Genuchten, 1989) que a diferencia del modelo de Feddes resulta una función continua.

De acuerdo a lo expuesto, los objetivos de este trabajo son:

a) Determinar para el cultivo de la papa, variedad

Desiree, en un suelo Ferralítico Rojo, cuál de los modelos señalados describe más adecuadamente la extracción de agua por las raíces.

b) Determinar los parámetros de la función seleccionada

MATERIALES y METODOS

Modelo de Feddes *et al.* (1978)

El término extracción de agua por las raíces $S(h)$ se calcula mediante la expresión semiempírica:

$$S(h) = \alpha(h) S_{\text{máx}} \quad (1)$$

donde $S_{\text{máx}}$ es la máxima extracción de agua por las raíces y se puede asumir que se distribuye de forma homogénea con la profundidad radical z_r :

$$S_{\text{máx}} = \frac{ET^*}{z_r} \quad (2)$$

La función $\alpha(h)$ modula los valores de $S_{\text{máx}}$, según existan déficit o exceso de humedad. Como se muestra en la Figura 1, $\alpha(h)$ se incrementa desde 0 a 1 entre los valores de tensión para los cuales las raíces comienzan a extraer el agua y alcanzan la extracción óptima ($h_1 - h_2$; se mantiene constante en el intervalo donde las raíces comienzan y finalizan la extracción óptima ($h_2 - h_3$) y finalmente decrece linealmente o cuando se logra el punto de marchitez ($h_3 - h_4$). El valor de h_3 depende de la demanda de la atmósfera, existiendo un rango entre h_{3a} y h_{3b}) para los cuales la transpiración potencial varía entre los valores máximo y mínimo.

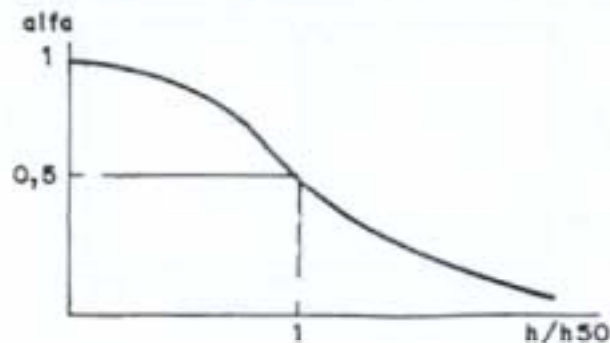


FIGURA 1. Función de absorción $\alpha(h)$.

Modelo de Van Genuchten (1989)

La función $a(h)$ para este modelo tiene la forma:

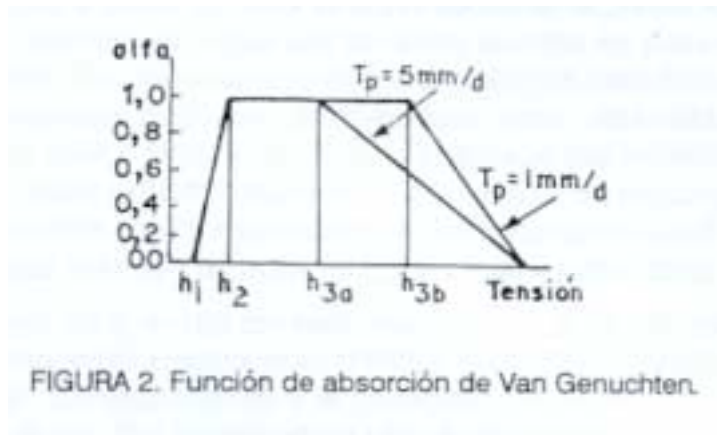
$$\alpha(h) = \frac{1}{1 + \left(\frac{h}{h_{50}}\right)^p} \quad (3)$$

Donde:

h_{50} : tensión para la cual $a(h)=0,5$

p : parámetro que para la mayoría de los cultivos toma el valor 3.

Como puede apreciarse, a diferencia del modelo de Feddes, en este modelo $a.(h)$ no es una función discontinua.



Parte experimental

La investigación se llevó a cabo en una parcela de la finca Las Papas perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y sobre un suelo Ferralítico Rojo típico (Instituto de Suelos, 1980). Las características mineralógicas y los valores de las propiedades físicas se encuentran en Ruiz y Utset (1996b).

La parcela de 25 m de largo por 30 m de ancho se encontraba sembrada de papa, variedad *Desiree*. Los riegos fueron aplicados según lo establecido en la producción para este cultivo. A partir de los 50 días fueron totalmente suprimidos.

Para determinar la función $a(h)$ se instalaron tensiómetros a las profundidades de 15; 30 y 40 cm y la humedad fue determinada gravimétricamente, cada semana, a las profundidades de 0-10; 10-20; 20-30 y 30-40 cm.

La función $a(h)$ se calculó a partir de la expresión:

$$\alpha(h) = \frac{T_r}{T^*} \quad (4)$$

Donde:

T_r es la transpiración real y la transpiración potencial T^* según:

$$T^* = ET^* - E^* \quad (5)$$

ET^* se calculó mediante la ecuación de Penman modificada (Doorenbos y Pruitt, 1977).

Para separar E^* de ET^* se utilizó la ecuación de Ritchie (1972):

$$E^* = ET^* e^{-0,6 I_f} \quad (6)$$

Los valores de los índices de área foliar *fueron* calculados por Fleitas *et al.* (1996).

La transpiración real se calculó empleando también las ecuaciones (4) (5) y (6) pero en este caso en lugar de E_r se utilizó EP . Por su parte ET , se determinó a partir del método de balance gravimétrico (Kirilova, 1976)

$$ET_r = W_i - W_f + R + P \quad (7)$$

donde:

W_r y W_f : son los contenidos de agua hasta la profundidad de 30 cm;

R : riego;

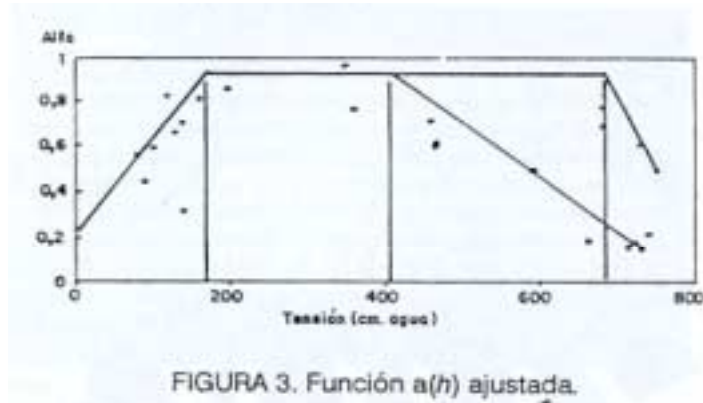
P : la precipitación.

Por otra parte, los datos meteorológicos necesarios fueron tomados de la estación de Tapaste situada a menos de 2 km del área experimental.

Los datos experimentales para los rangos de tensiones "de h_1 , $-h_2$, h_3a $-h_4$ y h_3b $-h_4$ fueron ajustados con ayuda de un paquete estadístico a modelos lineales.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

En la Figura 3 se observan los valores de a versus h obtenidos. Además se han trazado las líneas de mejor ajuste a los datos experimentales. Puede notarse un comportamiento análogo al planteado por Feddes *et al.* (1978) (ver Figura 1); aunque los valores de tensión correspondientes a los diferentes grados de absorción de agua por las raíces del cultivo no coinciden con los utilizados en el modelo SWACROP.



El intervalo h_1-h_2 corresponde a los valores 0 y 160 cm de agua (0 -16 kPa) y el intervalo h_2-h_3 entre 160 y 400 cm (16- 40 kPa). El punto correspondiente a h_4 no pudo ser determinado *in situ* ya que como está reconocido, el tensiómetro no es capaz de registrar valores de tensión superiores a 800 cm (80 kPa) (Klute, 1986; Kutilek y Nielsen, 1994).

El valor de $h_1=10$ cm correspondiente al llamado punto de anaerobiosis y reportado por Fadas *et al.* (1978), no fue detectado en este experimento. Observe que no se obtienen valores de tensión por debajo de 80 cm de agua, lo que está relacionado con las características de los suelos ferralíticos rojos típicos que dado su buen drenaje y agregación (Rivero, 1985; Delgado, 1987) hacen que no se observe un valor de tensión en el suelo que corresponda a un estado de sobrehumedecimiento tal que haga imposible la entrada de oxígeno a los poros y con esto la no extracción de agua por las raíces. Luego de ajustados los puntos experimentales para el rango de tensiones entre 0 -160 cm a una línea recta arrojó como resultado que para $h=0$ el valor de $a = 0,21$, o sea que a pesar de estar el suelo saturado la planta sigue absorbiendo agua por las raíces aunque en menor cuantía. Este resultado es desde el punto de vista físico cuestionable dado las características antes expuestas de los suelos ferralíticos rojos, lo cual hace que no existan puntos experimentales en el intervalo 0 - 80 cm conjuntamente con la implicación de qué saturación significa, qué volumen de agua es igual a la porosidad total.

El valor de $h_2 = 160$ cm está muy cercano al de 150 cm reportado por Herrera *et al.* (1986) y Ruiz y Utset (1996b) como correspondiente a la capacidad de campo

para este suelo. Por consiguiente para humedades superiores a la capacidad de campo se observa un decremento del nivel de absorción de agua por las raíces y por tanto de la transpiración. Por lo anterior, mantener el suelo por encima de la capacidad de campo, dada la relación entre transpiración y producción de materia seca del cultivo (Fadas *et al.* 1984), puede traer afectaciones para el rendimiento final.

Debe notarse la diferencia del valor obtenido para h_2 al planteado por Fadas de 35 cm.

Por otra parte el valor de $h_{3a} = 400$ cm puede considerarse como la tensión correspondiente al límite productivo (para alta demanda atmosférica) a partir del cual, la extracción por las raíces comienza a disminuir y con ello la transpiración. Es decir que el riego debe garantizar que la tensión se encuentre por debajo de 400 cm de agua, lo cual coincide con lo reportado por Roque (1996), pero tampoco debe bajar de 160 cm pues con esto se provoca el sobrehumedecimiento del suelo. El valor de h_{3a} obtenido resulta muy cercano al reportado por Fadas de 320 cm.

En relación con h_{3a} su valor se obtiene para 680 cm, algo diferente de los 600 cm reportados por Fadas *et al.* (1978).

También se observan diferencias para las transpiraciones medias diarias para alta y baja demanda climatológica donde los valores hallados fueron 4,3 y 3 mm/día respectivamente contra 5 y 1 mm/día reportados por Fadas *et al.* (1978).

Como fue señalado, el valor de h_4 no pudo determinarse experimentalmente y aunque empleando la Figura 3 pueden extenderse las líneas a partir de h_{3a} y $h_{3b'}$ los valores que se obtienen con una y otra son diferentes. Como para el intervalo $h_{3a} - h_4$ con lo cual se estima para h_4 el, valor de 820 cm, que resulta bastante diferente de los 8000 cm reportados por Fadas. No obstante, el valor de h_4 hallado es sólo tentativo y debe emplearse con precaución.

BIBLIOGRAFÍA

BELMANS, C., J. WESSEUNG y R. FADAS: «Simulation Model of the Water Balance of a Cropped Soil: SWATRE,», *J. of Hidrolog.* 63:271-286, 1983.

DELGADO, D.: *Estado energético del agua y su interrelación con las propiedades físicas e hidrofísicas de los suelos ferralíticos rojos de Cuba*, Tesis de Doctor, Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana, Cuba, 1987.

DOORENBOS, J. y W.D. PRUITT: *Las necesidades de agua de los cultivos*, FAO, no.24, 1990.

FEDDES, R., p KOWAUK and H. ZARADNY: *Simulation of Field yater Use and Crop Yield*, 189 pp., Pudoc, Simulation Monographs, Wageningen, 1978.

FEDDES, R., J. WESSEUNG and R. WIEBING: *Simulation of Transpiration and Yield of Potatoes with the SWACRO- Model*, 9th Triennial Conference of the European Association of Potato Research (EAPR), Interlaken, Switzerland, 2- 6 july 1984.

HERRERA, P, C. GRECA y M. LLANOS: ..Relaciones tensión humedad para algunos suelos cubanos», en *Suelo y Agua.*, Actas del seminario de La Habana, Editorial Orstom, París, 1986.

RUIZ, M.E. y A. UTSET: ..Uso del modelo SWACROP en la estimación de las necesidades hídricas de la papa I. Fundamento teórico», *Cienc. Tec. Agrop.*, 1996a (en prensa).

Uso del modelo SWACROP en la estimación de las necesidades hídricas de la papa II. Propiedades hidráulicas del suelo», *Cienc. Tec. Agrop.*, 1996b (en prensa).

AAMIREZ, E.; A. WENDLAND y A.M. SÁNCHEZ: "Cálculo de la ecuación de Penman mediante computadora», *Cienc. Tec. Agric., Riego y Drenaje*, 11 (1), 1989.

VAN GENUCKTEN, M.; F. KOVEH; W. RUSSELL and S. YATES: "Direct an Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated 8oils», en: *J. Bouma and A.K. Bregts* (eds Proceeding of the International 8ymposium on Land Qualities in 8pace and Time, pp. 61-72, 1888, Wageningen, The Netherlands, 22-26 august 1988, Pudoc, Wageningen, The Netherlands, 1989.

WESSELING, J., KABAT, B. VAN DEN BROEK and A. FADAS: Simulation Model of Water Balance of a Cropped 8oil with Different Types of Boundary Conditions Including the Possibility of Drainage and Irrigation and the Calculation of Crop Yield (SWACROP)), Instruction for Input. WSC for Integrated Land, *Soil and Water Research*, 1989.

