

# Medida de la sortividad con el permeámetro de Philip-Dunne

Carlos M. Regalado<sup>§</sup>, A. Ritter<sup>§</sup>, J. Álvarez Benedi<sup>#</sup> y R. Muñoz Carpena<sup>&</sup>



<sup>§</sup>Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), Dep. Suelos y Riegos; cregalad@icia.es.

<sup>#</sup>Servicio de Investigación y Tecnología Agraria, Junta de Castilla y León; jabenedi@iq.uva.es.

<sup>&</sup>TREC-IFAS, University of Florida; carpena@ufl.edu.

## Introducción

La sortividad,  $S$ , caracteriza los primeros estadios del proceso de infiltración, y en consecuencia representa el efecto del potencial mátrico del suelo. Es por tanto, junto con la conductividad hidráulica saturada,  $K_s$ , el parámetro físico que caracteriza la entrada de agua en la ZNS, como se deduce de la expresión (Philip, 1987)

$$I(t) = \frac{1}{2} S t^{-1/2} + K_s$$

Experimentos previos realizados con el permeámetro de Philip-Dunne han concentrado sus esfuerzos en la aplicabilidad del método de Philip para estimar  $K_s$ , sin que la medida de la sortividad haya recibido atención alguna.

## Objetivos

- Se investigan las posibilidades del método de Philip-Dunne para estimar la sortividad, a partir de medidas previas realizadas en cinco suelos distintos.
- Se analizan las condiciones de frontera que limitan el espacio de búsqueda de soluciones con significado físico, y los factores de forma utilizados en el análisis de Philip para reducir a una dimensión el flujo tridimensional del agua en el suelo.
- Además se incluye un análisis de sensibilidad del método.

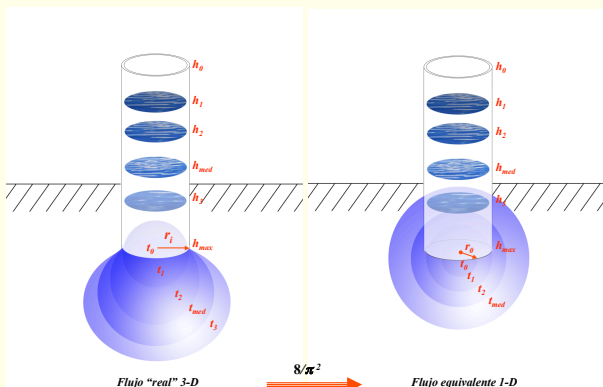
## Teoría

El análisis de Philip parte de una simplificación geométrica, en la que la superficie "real" de infiltración (un disco húmedo inicial de radio  $r_i$  que evoluciona hacia un bulbo cuasi esférico) se sustituye por esferas concéntricas de superficie equivalente con radio inicial  $r_0 = r_i/2$ . El flujo equivalente resultante se ajusta al flujo "real" mediante un coeficiente  $8/\pi^2$ .

Conocidos los tiempos de infiltración medio ( $t_{med}$ ) y de vaciado ( $t_{max}$ ) del permeámetro, Philip (1993) calcula  $K_s$  y la succión de Green-Ampt en el frente de avance,  $\Psi$ , a partir de las curvas  $t_{max}/t_{med}$  vs.  $\tau_{max}$  así como  $t_{max}/t_{med}$  vs.  $\Psi$ , siendo  $\tau$  tiempo adimensional.

Conocido el incremento de humedad,  $\Delta\theta$ , producido en el suelo tras un ensayo, la sortividad,  $S$  ( $m s^{-1/2}$ ), puede entonces estimarse a partir de (Philip, 1969),

$$S^2 \approx 2K_s \Psi \Delta\theta$$



ZNS'03 Valladolid 2003

Jornadas de Investigación en la Zona no Saturada del Suelo

## Resultados I: Positividad de las soluciones

Para valores alrededor de  $t_{max}/t_{med} \approx 5$  las estimaciones de succión en el frente ( $\Psi$ ) violan la condición de positividad ( $\rightarrow$ ). Este valor de  $t_{max}/t_{med}$  marca el límite a partir del cual el conjunto de valores ( $t_{max}/t_{med}$ ,  $\tau_{max}$ ) se desvía de la línea de tendencia  $\tau_{max} = 0.7342 t_{max}/t_{med} - 1.1258$  ( $r^2=0.96$ ), obtenida a partir del ajuste de los puntos que cumplen  $\Psi > 0$  (Figura 1)

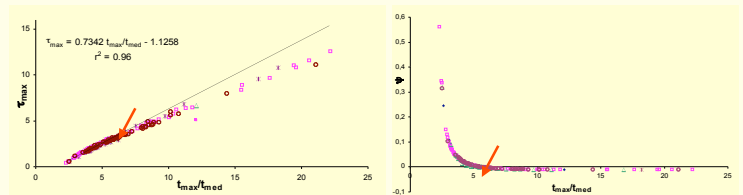


Figura 1. Relaciones  $t_{max}/t_{med}$  frente a  $\tau_{max}$  y  $t_{max}/t_{med}$  frente a  $\Psi$  obtenidas para un total de 288 medidas realizadas en cinco suelos distintos (representados por símbolos diferentes).

## Resultados II: Cálculo aproximado de la Sortividad

La siguiente solución aproximada, independiente del contenido de humedad,  $\Delta\theta$ , permite el cálculo de la succión en el frente de avance,  $\Psi$ , a partir de los tiempos medio y máximo de infiltración medidos.

$$\log \Psi = -13.52 + 19.70 \sqrt{\frac{t_{med}}{t_{max}}} \quad (2)$$

## Resultados III: Análisis de sensibilidad

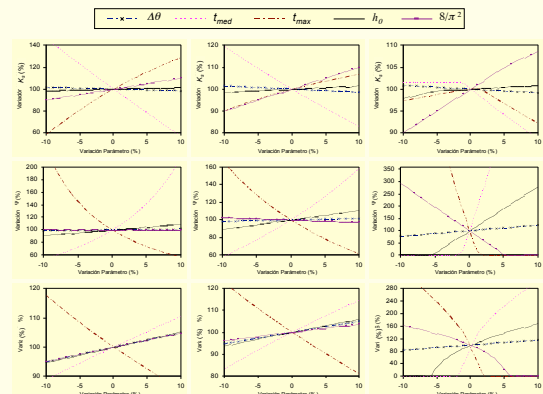


Figura 2. Análisis de sensibilidad de  $K_s$ ,  $\Psi$  y  $S$  (eje OY) ante variaciones de los parámetros  $h_0$ ,  $t_{max}$ ,  $t_{med}$ ,  $\Delta\theta$  y  $8/\pi^2$  (representados por distintos símbolos) en el intervalo [-10%, 10%], para distintas relaciones  $t_{max}/t_{med} = 2.61, 3.74$  y  $5.38$  (de izquierda a derecha). En la última columna de gráficos las curvas en las que, a partir de un cierto valor de la variación en %, la pendiente se hace nula, corresponden al valor del parámetro para el que  $\Psi < 0$  y por tanto el algoritmo no continúa la búsqueda de soluciones.

## Conclusiones

- Se propone una solución aproximada (2), independiente de  $\Delta\theta$ , para el cálculo de  $\Psi$ .
- A medida que la relación  $t_{max}/t_{med}$  se aproxima al valor límite  $\approx 5$ ,  $S$  se muestra muy sensible a variaciones mínimas (< 2%) del factor geométrico  $8/\pi^2$ , los tiempos de infiltración y el calado inicial.
- La violación de la condición de positividad de  $S$  (cuando  $t_{max}/t_{med} \gg 5$ ) puede explicarse en términos de condiciones de infiltración (suelo arcilloso, vías preferenciales) en las que el flujo "real" se aleja del "ideal" o simétricamente esférico.