

## Methodology to determine infiltration rates in agricultural soils based on weighing lysimetry

## Metodología para determinación de tasas de infiltración en suelos agrícolas basada en lisimetría de pesada

L. Ávila-Dávila<sup>1,2\*</sup>, M. Soler-Méndez<sup>2</sup>, C.F. Bautista-Capetillo<sup>1</sup>, J. González-Trinidad<sup>1</sup>, J.M. Molina-Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus UAZ Siglo XXI, Carretera Zacatecas-Guadalajara Km. 6, Ejido La Escondida, C.P. 98160 Zacatecas, Zacatecas. Mexico.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Agronómica, ETSIA, Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena. Spain.

\*laura\_14avila@hotmail.com

### **Abstract**

**An experiment was conducted to quantify the rate of a silty loam soil from the minute data of a weighing lysimeter, analysing different rainfall events with two soil moisture conditions, above and below field capacity. The detailed information of the data allowed to draw and know the infiltration capacity curve of the soil. The results showed a maximum infiltration rate 22.9 % higher when the soil was below the moisture content at field capacity than when the soil was above this moisture content. The basic or stable rate was similar for both cases (standard deviation of 0.03 mm h<sup>-1</sup>). Based on these results, it can be assumed that a soil with a lower moisture content has a higher initial infiltration capacity but always tends to have the same stable rate.**

**Keywords:** moisture content; water mass; water balance; rain events.

### **Resumen**

**Un experimento fue conducido para cuantificar la tasa de un suelo franco limoso a partir de los datos de un lisímetro de pesada, analizando diferentes eventos de lluvia con dos condiciones de humedad del suelo, por encima y por debajo de la capacidad de campo. La información detallada de los datos permitió dibujar y conocer a detalle la curva de capacidad de infiltración del suelo. Los resultados mostraron una tasa de infiltración máxima 22,9 % mayor cuando el suelo estaba por debajo del contenido de humedad a capacidad de campo que cuando este estaba por encima de dicha humedad. En cuanto a la tasa básica o estable fue similar para ambos casos (desviación estándar de 0,03 mm h<sup>-1</sup>). Con estos resultados puede asumirse que un suelo con menor contenido de humedad presenta mayor capacidad de infiltración inicial pero que siempre tienden a una misma tasa estable.**

**Palabras clave:** contenido de humedad; masa de agua; balance hídrico; eventos de lluvia.

## 1. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los principales factores a tomar en cuenta en la planeación y desarrollo del riego. Uno de los indicadores de calidad del suelo es la tasa de infiltración, que tan rápido entra el agua. Se considera un riego ineficiente aquel que supera la tasa infiltración que tiene el suelo formando escurrimientos superficiales y que a su paso irán erosionando el suelo (1,2). La tasa de infiltración es muy variable tanto en espacio como en tiempo debido a numerosos factores como

son: la textura del suelo, contenido de humedad, prácticas de cultivación, variaciones climáticas, cobertura foliar, raíces, entre otros (1,3,4).

Los infiltrómetros son usados frecuentemente para estimar la infiltración acumulada en función del tiempo *in situ*, con estos dispositivos es asumido un movimiento vertical y se requiere de gran tiempo de prueba para obtener mejor estimación de infiltración; sin embargo, puede existir errores en la determinación de la infiltración debido al flujo lateral de agua en el suelo debajo del infiltrómetro (5). Un dispositivo con mejor precisión en la determinación de flujos de agua en el suelo-planta-atmosfera es el lisímetro de pesada (6-9). Estos han sido usados para cuantificar la precipitación, condensación y evapotranspiración del cultivo (6,10,11).

El objetivo de esta comunicación es caracterizar la infiltración de un suelo franco limoso, cuando el contenido de agua está por encima y por debajo de su capacidad de campo, por medio de las variaciones de masa de un lisímetro de pesada. Para lograr esto, se cumplirán los siguientes objetivos específicos, i) obtener el contenido de agua a capacidad de campo del suelo, ii) establecer los eventos de lluvia que llevaron al suelo por encima de capacidad de campo y cuales no para analizarlos y iii) determinar la tasa de infiltración del agua en el suelo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Área de estudio

La experimentación fue realizada en la parcela Las Tiesas en Albacete, España. Esta zona es caracterizada como semiárida y con un suelo clasificado como franco limoso a partir de los porcentajes de suelo (27,1 % arena, 51,5 % limo y 21,4 % arcilla) y el triángulo de textura de la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) y densidad aparente de 1,38 g cm<sup>-3</sup>.

El lisímetro de pesada cuenta con dos recipientes, uno es donde esta almacenado el perfil del suelo denominado recipiente de cultivo (RC) y el otro almacena el agua drenada por el RC denominado depósito de drenaje (DD). Las dimensiones del RC son 0,56 x 0,96 x 0,35 m con una resolución de medición de 20 g y el DD tiene una resolución de medición de 1 g.

### 2.2 Cálculo del contenido de humedad a capacidad de campo, $\theta_{CC}$

Los contenidos de agua volumétricos ( $\theta_v$ ) del perfil del suelo fueron determinados con la masa del RC y por el método gravimétrico. La capacidad de campo quedo establecida dos o tres días después de los eventos de lluvia cuando el RC ha dejado de drenar y, por lo tanto, estaba constante indicando que suelo ha llegado al instante en que es capaz de retener el agua (12).

### 2.3 Estimación de la tasa de infiltración

Para la estimación de la tasa de infiltración ( $\frac{dl}{dt}$ ) es necesario establecer dos casos: i) por encima de  $\theta_{CC}$  y ii) por debajo de  $\theta_{CC}$ . Así que, las  $\frac{dl}{dt}$  quedan como sigue: i)  $\frac{dl}{dt} = \frac{dDD}{dt}$  y ii)  $\frac{dl}{dt} = \frac{dLL}{dt}$ , donde  $\frac{dDD}{dt}$  es la variación másica del DD en g y  $\frac{dLL}{dt}$  es la variación másica de la lluvia en g.

En el primero caso, como el suelo ha superado la  $\theta_{CC}$  del suelo este comenzará a drenar ya que el suelo no será capaz de almacenar más agua, por lo que el drenaje representa el agua que está siendo desplazada para poder dejar entrar más agua de lluvia. En el segundo caso, se determina que todo lo que llueve ingresa al perfil del suelo. En estos casos la escorrentía superficial es tomada como nula ya que como lo establece ya que la lluvia nunca sobrepasa la capacidad de infiltración de este suelo propuesta por Ali (2), el cual es uno de los valores bajos propuestos en la literatura. Además, Cammeraat (13) nos dice que valores de precipitaciones menores a 30 mm d<sup>-1</sup> no producen escorrentía, que aplica en esta investigación. La lluvia fue determinada siguiendo la metodología de (11,14,15).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Contenido de humedad a capacidad de campo, $\theta_{CC}$

Fue posible determinar el  $\theta_{CC}$  en dos instantes de tiempo con un mes de diferencia estableciéndose en  $0,316 \pm 0,002 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . El valor obtenido fue comparado con diferentes valores en la literatura y el que presentó menor desviación estándar fue el propuesto por Assi et al. (16) con  $0,011 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  y después el propuesto por Allen et al. (17) con  $0,071 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

#### 3.2 Tasa de infiltración de agua en el suelo

Cuando el suelo está en el primer caso presentó tasas máximas de  $5,83 \pm 0,55 \text{ mm h}^{-1}$  en promedio, mientras que la tasa básica o estable estuvo en  $1,19 \pm 0,25 \text{ mm h}^{-1}$  (Fig. 1a). Para el segundo caso (Fig. 1b), presentó una mayor tasa máxima de infiltración de  $7,16 \pm 0,08 \text{ mm h}^{-1}$  esto porque la lluvia comenzó cuando el suelo estuvo aun estaba por debajo de  $\theta_{CC}$ , la tasa básica quedó establecida en  $1,15 \pm 0,26 \text{ mm h}^{-1}$  similar al primer caso. Al hacer una comparación de estos resultados con la literatura fue encontrado que coinciden con lo reportado por Li et al. (18). Los resultados reflejan de manera indirecta como afectan el crecimiento de las raíces, la aplicación de los fertilizantes, la compactación del suelo por el peso ejercido por el agua en la capacidad de infiltración del agua en el suelo.

### 4. CONCLUSIONES

Fue establecida la capacidad de infiltración de franco limoso a partir de datos de masa de un lisímetro de pesada. Al analizar la tasa de infiltración de manera separa por su contenido de humedad al inicio de la lluvia, haber alcanzado o no la capacidad de campo, permitió ver como la intensidad de lluvia influye más en la tasa de infiltración inicial del suelo, siendo mayor cuando el suelo cuenta con menor contenido de humedad y al final alcanzará una tasa básica o estable similar. En futuras investigaciones recomendado comparar los valores obtenidos con el lisímetro de pesada con un infiltrómetro.

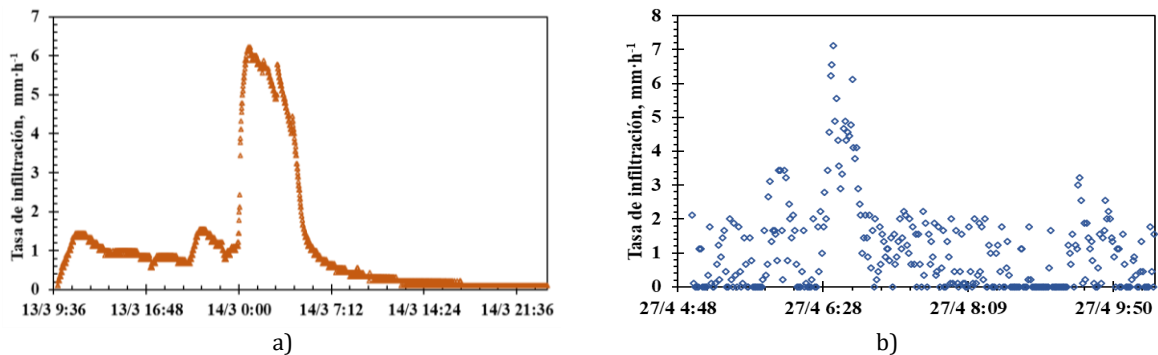
### 5. AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto de Investigación y Desarrollo con referencia IDI-20190146, en colaboración con la empresa AGROSOLMEN, S.L. cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Operativo Plurirregional de España 2014-2020. Al Instituto Técnico Agronómico Provincial de Albacete (ITAP) y al Centro Regional de Estudios del Agua (CREA) de Albacete.

### 6. REFERENCIAS

1. Liu Y, Cui Z, Huang Z, López-Vicente M, Wu GL. Influence of soil moisture and plant roots on the soil infiltration capacity at different stages in arid grasslands of China. *Catena*. 2019;182:104147.
2. Ali H. *Fundamentals of irrigation and on-farm water management*. Springer Science & Business Media; 2010;557.
3. Cui Z, Wu GL, Huang Z, Liu Y. Fine roots determine soil infiltration potential than soil water content in semi-arid grassland soils. *J Hydrol*. 2019;578(26):124023. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124023>
4. Yang M, Zhang Y, Pan X. Improving the Horton infiltration equation by considering soil moisture variation. *J Hydrol*. 2020;586:124864. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124864>
5. Simões WL, Figueirêdo VB, Silva ELD. Uso do cilindro infiltrômetro único em diferentes solos. *Eng Agrícola*. 2005;25(2):259–366.

6. Schrader F, Durner W, Fank J, Gebler S, Pütz T, Hannes M, et al. Estimating Precipitation and Actual Evapotranspiration from Precision Lysimeter Measurements. *Procedia Environ Sci.* 2013;19:543–52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2013.06.061>
7. Groh J, Vanderborght J, Pütz T, Vereecken H. How to control the lysimeter bottom boundary to investigate the effect of climate change on soil processes? *Vadose Zo J.* 2016;15(7):1–15.
8. Masarik KC, Norman JM, Brye KR, Baker JM. Improvements to measuring water flux in the vadose zone. *J Environ Qual.* 2004;33(3):1152–8.
9. Lepore BJ, Norman JM, Lowery B, Brye KR. Soil compaction above long-term lysimeter installations. *Soil Sci Soc Am J.* 2011;75(1):30–4.
10. Meissner R, Seeger J, Rupp H, Seyfarth M, Borg H. Measurement of dew, fog, and rime with a high-precision gravitation lysimeter. *J Plant Nutr Soil Sci.* 2007;170(3):335–44.
11. Haselow L, Meissner R, Rupp H, Miegel K. Evaluation of precipitation measurements methods under field conditions during a summer season: A comparison of the standard rain gauge with a weighable lysimeter and a piezoelectric precipitation sensor. *J Hydrol.* 2019;575:537–43. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.05.065>
12. Kirkham MB. *Principles of Soil and Plant Water Relations.* Academic Press. 2010;485.
13. Cammeraat ELH. Scale dependent thresholds in hydrological and erosion response of a semi-arid catchment in southeast Spain. *Agric Ecosyst Environ.* 2004;104(2):317–32.
14. Hannes M, Wollschläger U, Schrader F, Durner W, Gebler S, Pütz T, et al. High-resolution estimation of the water balance components from high-precision lysimeters. *Hydrol Earth Syst Sci Discuss.* 2015;12(1):569–608.
15. Peters A, Nehls T, Schonsky H, Wessolek G. Separating precipitation and evapotranspiration from noise - A new filter routine for high-resolution lysimeter data. *Hydrol Earth Syst Sci.* 2014;18(3):1189–98.
16. Assi AT, Blake J, Mohtar RH, Braudeau E. Soil aggregates structure-based approach for quantifying the field capacity, permanent wilting point and available water capacity. *Irrig Sci.* 2019;37(4):511–22. <https://doi.org/10.1007/s00271-019-00630-w>
17. Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. *Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56.* Fao, Rome. 1998;300(9):D05109.
18. Li Y, Ren X, Hill R, Malone R, Zhao Y. Characteristics of Water Infiltration in Layered Water-Repellent Soils. *Pedosphere.* 2018;28(5):775–92.



**Figura 1.** Capacidad de infiltración de agua en el suelo, a) por encima de  $\theta_{CC}$  y b) por debajo de  $\theta_{CC}$ .