



“Latinoamérica unida protegiendo sus suelos”

XIX CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO
XXIII CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

Mar del Plata, Argentina – 16 al 20 de abril de 2012
contribuciones@congresodesuelos.org.ar

PERDIDAS DE AGUA POR FLUJO LATERAL EN UN INFILTROMETRO DE ANILLO SIMPLE

Godagnone, R. *⁽¹⁾; Irurtia, C. ⁽¹⁾; Holzmann, R. ⁽²⁾ y Cuenca M. ⁽¹⁾

(1) Instituto de Suelos del CIRN, INTA; (2) EEA-INTA Alto Valle

* godagnone@yahoo.com; Instituto de Suelos del INTA; C.C. 25 (1712) Castelar; TE 54 11 4621-1448

RESUMEN

El infiltrómetro de anillo simple es potencialmente adecuado para medir infiltración, son muy fáciles de construir, baratos y fáciles de automatizar. Presentan el inconveniente de generar una componente lateral del flujo acumulativo de agua que distorsiona el resultado obtenido. Es importante conocer este error para el diseño de los sistemas de riego y drenaje. Se realizaron mediciones de infiltración en suelos de textura predominantemente arenosa en el norte de la provincia de Río Negro. Se utilizaron infiltrómetros de anillo simple, de 21 cm de diámetro interno por 12 cm de alto, insertados 6 cm en el suelo. El agua se aplica en el interior del cilindro con un frasco invertido (frasco de Mariotte) dejando una carga hidráulica sobre el suelo de 1,5 cm. Se determinó la infiltración total en una hora de duración. Una vez finalizada la medición se dejó una hora sin carga de agua. Posteriormente se cavó con una pala plana a la altura central del anillo dejando una pared expuesta a la vista, para observar la forma y dimensiones del bulbo de suelo humedecido. Se tomaron fotografías digitales e hicieron mediciones del ancho y profundidad del bulbo observado. De acuerdo a las formas y medidas obtenidas de las imágenes se determinaron las fugas por flujo lateral (FL). La pérdida por FL fue en promedio del 24,97 % de la infiltración total sin corregir. El valor de FL aumentó con el incremento de la profundidad del humedecimiento ($r=0,67$), y la infiltración total ($r=0,81$).

PALABRAS CLAVE: infiltración; anillo simple; flujo lateral

INTRODUCCIÓN

La tasa de infiltración o velocidad con que el agua entra en el suelo es una característica de cada suelo que es muy influenciada por el manejo que el hombre hace del recurso. No obstante depende en gran medida de la textura del suelo. Los suelos de textura gruesa por lo general presentan tasas de infiltración altas a muy altas, mientras que los de textura intermedia y fina presentan valores medios a bajos. Las tasas muy bajas incrementan el potencial de escurrimiento, el riesgo de erosión hídrica y el peligro de inundación. La conductividad hidráulica saturada es una de las más importantes propiedades del suelo ya que controla la infiltración del agua, el escurrimiento superficial, el lavado de nutrientes, herbicidas y pesticidas, y la migración de contaminantes a la capa freática (Bagarello y Sgroi, 2003). La tasa de infiltración es un parámetro muy importante e integrador del funcionamiento de un suelo, sin embargo se cuenta con muy pocas mediciones de la tasa de infiltración de un suelo. La gran influencia que tiene el uso del suelo en la tasa de infiltración hace necesario realizar seguimientos para conocer la tendencia de la infiltración en el tiempo. La alta variabilidad espacial y las dificultades operativas que presenta su determinación, indudablemente contribuyeron a la aludida escasez de datos.

La medición de la infiltración y la conductividad hidráulica se hace en el campo, es necesario realizar un gran número de repeticiones para evaluar la magnitud en un área seleccionada (Logsdon and Jaynes, 1996). La variabilidad temporal y espacial depende de múltiples factores tales como, textura del suelo, estabilidad estructural, clima, uso del suelo, dinámica de canopia y raíces y de las labranzas (Prieksat et al., 1994). Estas características sugieren realizar un número alto de repeticiones en diferentes momentos. En suelos muy estructurados la conductividad hidráulica saturada debe medirse directamente en el campo para minimizar los efectos de disturbar la muestra, cuando es extraída para el laboratorio (Bouma, 1982). En Europa mucha de la información existente relacionada con los cambios temporales en conductividad hidráulica o tasas de infiltración con carga de agua, ha sido obtenida directamente en el campo utilizando infiltrómetros de anillo simple (Messing and Jarvis, 1990, Prieksat et al., 1994, Logsdon and Jaynes, 1996, Ciollaro and Lamaddalena, 1998 and Cerda, 1999). En la Argentina Moscatelli y col.2006, proponen el uso de un infiltrómetro de anillo simple para establecer criterios de calidad y salud, en suelos de la región pampeana.

El infiltrómetro permite medir el flujo de entrada del agua en el suelo y monitorearla hasta que alcance un cuasi estado de estabilización del flujo. Este último valor puede ser usado para estimar conductividad hidráulica saturada (CHs) (Reynolds and Elrick, 1990). Si bien el infiltrómetro de anillo simple es potencialmente adecuado para medir CHs, no ha sido ampliamente probado (Reynolds et al., 2000). No obstante Wu, L. 1997 y 1999, en USA, trabajó con diferentes infiltrómetros de anillo simple de diferentes diámetros (12, 20 y 40 cm), diferentes profundidades de inserción (2, 5 y 10 cm) y diferentes cargas de agua (0,2,5 y 20 cm). Estableció que la curva adimensional de infiltración no era muy sensible a la carga de agua, diámetro del anillo y profundidad de inserción. Obtuvo una curva de infiltración generalizada muy ajustada que predice la curva de infiltración de Richards. No obstante en los infiltrómetros de anillo simple se presenta una componente lateral del flujo acumulativo que es importante conocer. Chowdary, V.M., y col. (2006), midieron la magnitud de la componente lateral en anillos simples y encontraron que dicha componente podía variar de 31,8 al 67,9% mientras que en los de doble anillo era tan solo de 11,7-11,9 %. Por ello recomiendan tomar en cuenta esas diferencias sobre todo cuando se realizan diseños en sistemas de riego y drenaje. Estos autores, que probaron distintos diseños de infiltrómetro, concluyen que el flujo lateral en los anillos simples disminuye con el aumento del diámetro del anillo y la disminución de la altura de la carga de agua.

El objetivo de este trabajo es establecer las pérdidas de infiltración por flujo lateral, en suelos de textura arenosa de alta tasa de infiltración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron mediciones de infiltración en suelos de textura predominantemente arenosa en la franja regable que va desde el Dique Salto Andersen hasta la localidad de Río Colorado provincia de Río Negro (Convenio CFI-RN-INTA). Con el objetivo de caracterizar la infiltración de los suelos de ese sector se midió la infiltración con un infiltrómetro metálico de anillo simple, de 21 cm de diámetro interno por 12 cm de alto y 3 mm de espesor. El anillo se clava en el suelo hasta una profundidad de inserción de 6 cm y se aplica el agua dentro del cilindro con un frasco invertido (frasco de Mariotte) graduado en mm de lámina, dejando una carga hidráulica de 1,5 cm de altura. Una vez instalado se hacen lecturas de entrada de agua al perfil cada 5 minutos hasta totalizar un período de una hora, tiempo en que la infiltración tiende a estabilizarse. Se registra la tasa de infiltración (mm/hora) cada 5 minutos y la infiltración total (mm). Una vez finalizada la medición se dejó el infiltrómetro insertado en

el suelo sin carga durante una hora y luego se cavó con una pala plana, a la altura central del anillo hasta 20 o 30 cm de profundidad dejando una pared expuesta a la vista, para observar y fotografiar la forma y dimensiones del bulbo de suelo humedecido. Se tomaron fotografías digitales e hicieron mediciones del ancho y la profundidad del bulbo observado. De acuerdo a las formas y medidas obtenidas de las imágenes se determinó en cm^3 el volumen total de suelo mojado (V_t) y el volumen de suelo mojado continuando la proyección vertical del anillo (V_v). Con estos datos se calculó el porcentaje de V_v respecto al total V_t . Con este porcentaje se corrigió el valor de la infiltración total sin corregir medida en mm (I_{tsc} mm) obtenida con el infiltrómetro, y se obtiene la infiltración total corregida en mm (I_{tc} mm). La diferencia entre la I_{tc} mm y la I_{tsc} mm, corresponde a fugas por flujo lateral (FL).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron 14 determinaciones de infiltración en suelos de textura franco arenosa a arenosa, correspondientes a lotes de monte natural, en suelo extremadamente seco, después de 4 años de sequía. Esta condición de humedad del suelo permitió visualizar con claridad, por contraste, la zona de humedecimiento correspondiente a cada medición. Ver foto.



Foto: Medición de ancho y profundidad de la zona humedecida luego de una medición de infiltración realizada en suelo muy seco

Con los registros de ancho y profundidad promedio de la zona humedecida medidas en cada determinación se calcularon los parámetros V_t , V_v , I_{tc} y FL, tabla 1. La pérdida por flujo lateral fue en promedio del 24,97 % de la I_{tsc} , tabla 1. Este valor presentó alta variabilidad y un rango muy amplio de variación. El valor de FL obtenido en esta experiencia es inferior al obtenido por Chowdary, 2006 (31,8-67,9%). El valor de FL aumentó con el incremento de los valores de profundidad del humedecimiento ($r=0,67$), tabla 2, y la profundidad mostró un mayor grado de correlación con la infiltración total sin corregir ($r= 0,81$), figuras 1 y 2. Estas relaciones indican un incremento de las pérdidas por flujo lateral con el aumento de la I_{tsc} en suelos arenosos.

Tabla 1. –Valores obtenidos de infiltración total sin corregir (Itsc), infiltración total corregida (Itc) y pérdidas por flujo lateral (FL), en por ciento y el mm.

Calic.	textura	Prof. cm	Itsc (mm)	Vv/Vt.100 %	Itc (mm)	FL %	FL mm
9.3	F. arenosa	12	82	100	82	0,0	0,0
7.4	Areno franco	25	130,2	63,5	82,7	36,5	47,5
20,6	Franca	18	81,3	70,5	57,3	29,5	23,9
5.4	F. arenosa	21	92,8	64,1	59,5	35,9	33,3
4.3	F. arenosa	22	108,7	44,1	47,9	55,9	60,8
3.4	Areno franca	10	57,8	93,6	54,1	6,4	3,7
20.5	Franca	15	81,3	74,9	60,9	25,1	20,4
2.3	F. arenosa	12	57,8	60,5	35,0	39,5	22,8
17.2	Franca	11	65,0	100,0	65,0	0,0	0,0
19.6	F. arenosa	15	84,8	80,3	68,1	19,7	16,7
18.3	Areno franca	20	123,3	100,0	123,3	0,0	0,0
12.4	Areno franca	19	138,3	69,0	95,4	31,0	42,8
11.3	Areno franca	25	107,5	43,6	46,9	56,4	60,6
1.3	Areno franca	15	75,8	86,2	65,3	13,8	10,5
Prom.		17,14	91,9	75,02	67,38	24,97	24,50
ds		5,04	26,04	19,28	22,53	19,28	21,61
Rango		12-25	57,8-138,3	43,6-100,0	35-123,3	0-56,4	0-60,8

Tabla 2. Correlaciones entre parámetros medidos

y	x	R ²	r	Ecuación	n
Itc	Prof.(cm)	0,03	0,17	y=0,77x+54,1	14
FL(%)	Prof.(cm)	0,45	0,67**	y=2,27x-19,1	14
Itsc	Prof.(cm)	0,66	0,81***	y=4,2x+20,0	14
FL(%)	Itsc	0,11	0,33	y=0,25+2,2	14

** significativo al 1%; ***significativo al 0,1% según tablas de Fisher y Yates “Statistical tables for biological agricultural and medical reserch”, pub. Oliver Boyd, limited, Edimburgo.

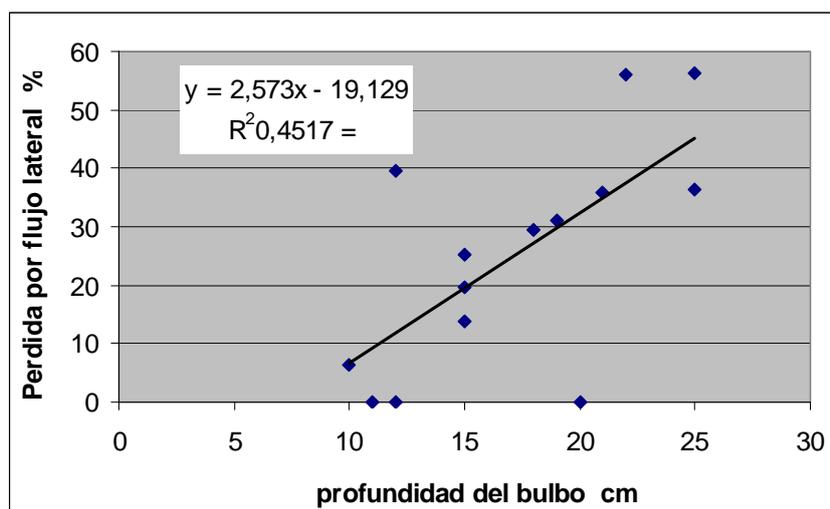


Figura 1. Relación entre la pérdida por flujo lateral y la profundidad del bulbo

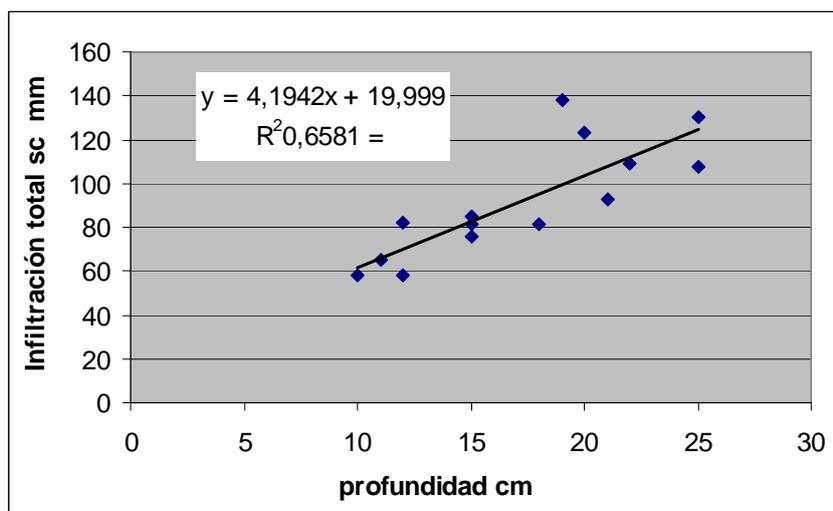


Figura 2. Relación entre la profundidad del bulbo y la infiltración total sin corregir

La observación y medición del perfil humedecido o bulbo húmedo (profundidad y expansión lateral) permite hacer una estimación de esas pérdidas, pero esto solo se puede hacer en condiciones excepcionales de humedad del suelo que habitualmente no se presentan en las regiones húmedas. Si bien no siempre es posible obtener una aceptable imagen del bulbo húmedo después de una medición de infiltrometría, es conveniente realizar alguna estimación de la profundidad y ancho del bulbo húmedo para intentar realizar una corrección por pérdidas de agua por flujo lateral.

CONCLUSIÓN

El infiltrómetro de anillo simple y carga constante utilizado en suelos de textura arenosa presentó pérdidas de agua por flujo lateral del casi el 25 % de la lámina total aplicada. Esta pérdida por FL está relacionada con el volumen total de agua infiltrada y la profundidad del bulbo húmedo registrado en el suelo. Si bien la observación del bulbo húmedo suele ser dificultosa, sería necesaria para realizar una corrección estándar, adicionar a la medición de infiltrometría mediciones de profundidad y ancho del humedecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Bagarello, V. and A. Sgroi. 2003. Using the single-ring infiltrometer to detect temporal changes in surface soil field-saturated hydraulic conductivity. *Soil and Tillage research* 76 (20004) 13-24. Available on line at www.sciencedirect.com
- Bouma, J. 1982. Measuring the hydraulic conductivity of soil horizons with continuous macropores. *Soil Sci. Soc. Am. J.* pp438-441.
- Cerda, A. 1999. Seasonal and spatial variations in infiltration rates in badland surfaces under Mediterranean climatic conditions. *Water Resour. Res.* 35 1, 319-328.
- Chowdary, V.M., Damodhara Rao, M. and C.S.Jaiswal. 2006. Study of infiltration process under different experimental conditions. *Agricultural Water Management*, volume 83, issues 1-2 pages 69-78.
- Ciollaro and Lamaddalena, 1998. Effect of tillage on the hydraulic properties of a vertic soil. *J. Agric. Eng. Res.* 71 pp 147-155.
- Convenio CFI-Provincia de Río Negro-INTA. Estudio de Suelos de Area Sur. Influencia del canal Principal Dique salto Andersen. Ejido Municipal de Río Colorado. Provincia de Río Negro. 2011. Consejo Federal de Inversiones, San Martín 871 (C1004AAQ) Buenos Aires, Argentina.

- Logsdon and Jaynes, 1996. Spatial variability of hydraulic conductivity in a cultivated field at different times. *Soil Sci.Soc.Am J.* 60, pp703-709.
- Messing and Jarvis, 1990. Seasonal variation in field-saturated hydraulic conductivity in two swelling clay soils in Sweden *J. Soil Sci.* 41 pp229-237.
- Prieksat et.al. 1994. Positional and temporal changes in ponded infiltration in a corn field. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58, pp181-184.
- Moscatelli, G., Iurtia, C. B., Sobral, R., Mon, R. y A. Lutens. 2006. Medición de parámetros físicos químicos y biológicos en suelos de la Región Pampeana para establecer criterios de calidad y salud. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta.
- Reynolds, W. D. and Eldrick. 1990. Ponded infiltration from a single ring. I Analisis of steady flow. *Soil Sci. Soc. Am. Journal* 54, 1233-1241.
- Wu, L. and L. Pan. 1997. A generalized solution to infiltration from single-ring infiltrometers by scaling. *Soil Science Society of America Journal* vol. 61, September-October, 1318-1322.
- Wu, L.; Mitchell, J. and B. Sanden.1999. Measuring saturated hydraulic conductivity using a generalized solution for single-ring infiltrometers. *Soil Science Society of America Journal* vol. 61, september-october, 1318-1322. *Soil Science Society of America Journal* vol. 63, July-August, 778-792.