

MOVIMIENTO VERTICAL DEL AGUA DE LLUVIA EN UN SUELO CON CARACTERÍSTICAS HIDRO-HALOMÓRFICAS

Mario Guillermo Castiglioni¹; Sofía Havrylenko²; Aimé Espíndola²; Lucas Gusmerotti².

(1) Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. e-mail: castigli@agro.uba.ar. (2) Instituto de Clima y Agua, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Hurlingham, Buenos Aires. e-mail: espindola.aim@inta.gob.ar.

Introducción

El estudio del movimiento de agua en el suelo, como resultado de las precipitaciones, es importante desde el punto de vista de sus efectos ambientales y productivos, ya que sus características influyen en los procesos de erosión, contaminación, percolación profunda y en el desarrollo de los cultivos (Reynolds and Elrick, 2005). No existe información abundante que evalúe, a través del uso de sensores de humedad dispuestos en el suelo, como es el comportamiento del movimiento vertical del agua en el suelo superficial y la consiguiente humectación de los primeros estratos del suelo, ante la ocurrencia de lluvias naturales. El objetivo del presente trabajo fue analizar las variaciones en la humedad edáfica ocurridas en tres estratos de un suelo con características hidro-halomórficas de la Pampa Ondulada, ante la ocurrencia de precipitaciones de distinta magnitud y con diferente contenido hídrico edáfico inicial.

Materiales y métodos

Se trabajó sobre un suelo con características hidro-halomórficas, ubicado en el sector bajo del paisaje, cerca de la localidad de Rojas (Bs.As.) (34°15'7.00" S; 60°38'21.20" O). El mismo presenta en superficie una textura franco limosa (arcilla: 18 %; limo: 52 %, arena: 30 %); contenido de carbono: 3,0 %; pH: 8,3; la profundidad al horizonte argílico es de 19 cm; tiene síntomas de hidromorfismo (moteados) y exceso de sodio a escasa profundidad (10 cm). El uso de la tierra es exclusivamente ganadero con baja carga animal, y la vegetación presente consiste en especies adaptadas a las restricciones que tiene dicho suelo. Se instalaron sensores de humedad edáfica a tres profundidades: 5 cm, 15 cm y 25 cm, los cuales registraron en forma horaria las variaciones de dicho parámetro en milivoltios, almacenando la información en un dispositivo, del que luego fue extraída cada dos meses. En el mismo sitio se encuentra instalado un pluviógrafo que almacena cada 15 minutos la información de las precipitaciones ocurridas. Mediante la toma de muestras de suelo, en distintos momentos y con diferentes contenidos hídricos, se determinó en laboratorio la humedad edáfica y la densidad aparente de los distintos estratos, a partir de lo cual se generó una función que relacionó los valores de humedad expresados en milivoltios con el contenido hídrico volumétrico. A partir de registros previos a la instalación del pluviógrafo, durante una etapa con mayor cantidad de precipitaciones, se pudo establecer el contenido hídrico de cada estrato en su estado de saturación. Con los datos de campo obtenidos durante el período 1/10/2020 al 22/2/2023, se analizó el comportamiento de la humedad edáfica a las tres profundidades seleccionadas, ante la ocurrencia de diferentes tormentas. Se determinaron los siguientes parámetros: lámina de lluvia caída (mm), su duración (h) e intensidad (mm h^{-1}), contenido de humedad ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) y grado de saturación (%) de cada estrato anterior y posterior a cada lluvia, lámina de agua (mm) previa y posterior a cada tormenta en las tres capas de suelo y la total hasta los 25 cm, grado de saturación (%) del suelo hasta los 25 cm antes y después de las lluvias, tiempo transcurrido desde el inicio de la lluvia hasta el momento de registrar el incremento de humedad, % de lluvia infiltrada en los 25 cm de suelo.

Resultados

Durante el período analizado ocurrieron 206 tormentas, de las cuales el 86 % fueron menores a 20 mm, un 8 % correspondió al rango de 20 mm a 32 mm, mientras que el 6 % restante fue para aquellas superiores a los 37 mm. Para el presente trabajo se consideraron 20 lluvias, dado que el resto no influyó en el comportamiento hidrológico del suelo a las profundidades evaluadas. La lámina de agua aportada por las mismas osciló entre 18,8 mm y 64,2 mm (media: 39,6 mm), siendo el 45 % mayor a 40 mm. La humedad antecedente media en orden creciente de profundidad fue: $0,16 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, $0,22 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ y $0,23 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, que representa un grado de saturación medio del 32 %, 53 % y 51%, en ese mismo sentido, oscilando entre $0,11 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ y $0,37 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Los resultados se agruparon en tres categorías diferentes, de acuerdo a la lámina de contenido hídrico presente hasta los 25 cm al inicio de cada tormenta (Figura 1). Dichos valores corresponden a un grado de saturación medio del 37 % (entre 35 % y 40 %), 49 % (entre 42 % y 56 %) y 70 % (entre 70 % y 71 %), para las clases 1, 2 y 3 respectivamente.

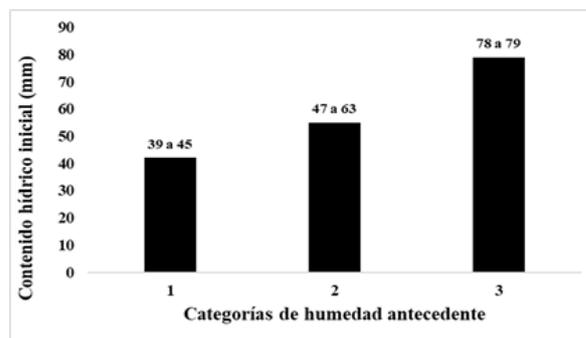


Figura 1.- Contenido hídrico inicial medio del suelo hasta los 25 cm para las distintas categorías de humedad antecedente. Los valores por encima de las columnas corresponden al rango de valores de cada categoría de humedad de suelo.

Las precipitaciones ocurridas dentro de cada uno de estos grupos, abarcó a aquellas menores y mayores a los 40 mm, no existiendo diferencias ($p < 0,05$) en esta propiedad entre las tres categorías mencionadas. El aumento en la humedad del suelo hasta los 25 cm, como también el porcentaje de lluvia infiltrada, fueron mayores ($p < 0,05$) en las dos categorías de suelo más seco (1 y 2) respecto a aquella que presentó mayor grado de saturación inicial (3) (Tabla 1), sin existir diferencias entre las dos primeras clases mencionadas.

Tabla 1.- Incremento en la saturación del suelo (IS), de su humedad inicial (IH) y porcentaje de lluvia infiltrada (LLI), de acuerdo a las tres categorías de humedad antecedente (HA). Letras distintas para un mismo parámetro indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

HA	IS (%)	IH (%)	LLI (%)
1	10 a	27 a	28 a
2	9 a	18 a	24 a
3	3 b	4 b	7 b

A su vez, y si bien las diferencias en muchos casos no fueron significativas, el comportamiento ocurrido en cada estrato fue similar al recientemente detallado (Figura 2).

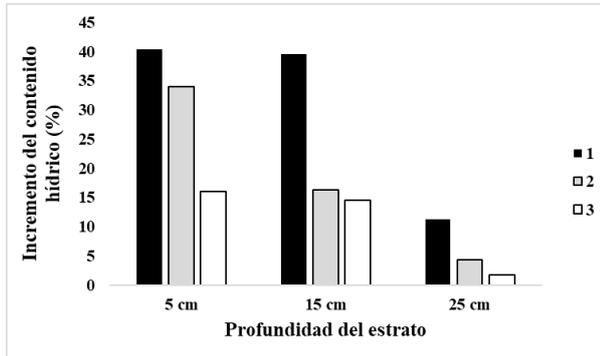


Figura 2.- Incremento del contenido hídrico según la profundidad del suelo y de acuerdo a la categoría de humedad antecedente (1, 2 y 3)

Sin embargo, en las dos clases con menor contenido hídrico inicial, se comprobó un incremento en el porcentaje de lluvia infiltrada con el aumento de la lámina inicial de agua en los primeros 25 cm de suelo, siendo a su vez esta relación diferente en ambas categorías (Figura 3).

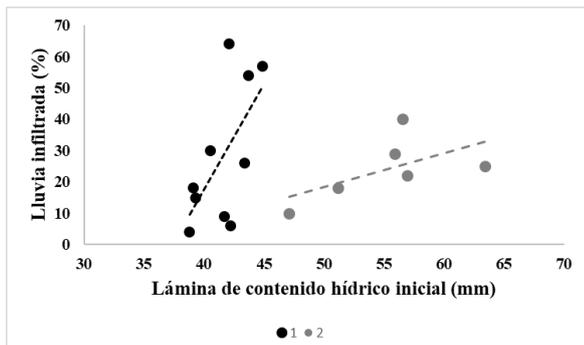


Figura 3.- Porcentaje de lluvia infiltrada según el contenido hídrico inicial del suelo para las dos categorías de suelo más seco (1 y 2)

Con las lluvias evaluadas, en ningún momento se logró la saturación de alguno de los estratos de suelo. No obstante, en el 65 % de ellas se comprobó un incremento casi simultaneo del contenido hídrico de cada una de las capas de suelo evaluadas, lo que presupone que el movimiento de agua en profundidad no se dio en forma secuencial, sino que se produjo por flujos preferenciales (Bergstrom et al., 2005). Al mismo tiempo, hubo una menor proporción de situaciones en las que solo se humectaron los primeros 5 cm de suelo (20 %), mientras que en el restante 15 % hubo un desplazamiento de pocas horas en el registro del incremento de humedad de los estratos más profundos respecto al superficial. De cualquier manera y si bien no se evidenciaron diferencias significativas, en la Figura 2 se comprueba una tendencia, sobre todo en el estrato ubicado a 25 cm, de un menor

incremento en la ganancia de humedad con la profundidad del suelo, independientemente de su estado hídrico inicial. Se hizo un análisis de correlación entre el volumen de lluvia caído los 5, 10, 15 y 30 días previos a cada una de las 20 tormentas analizadas, con la humedad inicial de cada estrato y con la lámina de contenido hídrico antecedente correspondiente a los 25 cm de suelo correspondiente a cada una de dichas tormentas. El análisis mostró que las precipitaciones caídas los 30 días anteriores a cada tormenta, fue el parámetro que mejor explicó el contenido de humedad edáfica antecedente (coeficientes de correlación: 0,60 (5 cm), 0,74 (15 cm y la totalidad del suelo hasta los 25 cm), 0,64 (25 cm); $p < 0,01$). Mediante un análisis similar, pero separando los resultados de acuerdo a las estaciones del año, se comprobó el mismo comportamiento, pero con mejores resultados (coeficientes de correlación: otoño-invierno entre 0,96 y 0,98 ($p < 0,05$); primavera-verano entre 0,56 y 0,86 ($p < 0,05$)).

Conclusiones

Se comprobó que el incremento del contenido hídrico edáfico estuvo condicionado por el valor de su lámina de agua inicial, disminuyendo este significativamente cuando la saturación del suelo estuvo cerca del 70 %. Por su parte, entre el 39 % y el 49 % de saturación edáfica media (clases 1 y 2), no existieron diferencias significativas en el aumento de la humedad edáfica. Contrariamente, en estas dos últimas situaciones se pudo corroborar que: a mayor lámina de humedad edáfica antecedente, hubo un superior porcentaje de lluvia infiltrada. En la mayoría de los casos, se pudo observar que hubo una humectación casi simultánea de los distintos estratos de suelo evaluados, no obstante lo cual, la magnitud de este proceso tendió a disminuir con la profundidad del suelo. Al analizar los resultados por estrato, estos no fueron muy diferentes entre sí, ni tampoco con lo ocurrido en el conjunto del suelo hasta los 25 cm. Por último, se pudo constatar que la condición de humedad antecedente estuvo regulada por las lluvias ocurridas los treinta días previos y según la estación del año considerada.

Agradecimientos

Trabajo financiado por proyecto UBACyT 20020170100460BA

Referencias bibliográficas

Bergstrom, L., Sadeghi, A. and Bosch, D. (2005). "Preferential Flow: Identification and Quantification". En: *Soil water solute process characterization. An integrated approach*. Alvarez Benedí, J. and Muñoz Cárpena, R. (Ed). Capítulo 8: pp. 290-308.
 Reynolds, W.D. and Elrick, D.E. (2005). "Measurement and Characterization of Soil Hydraulic Properties". En: *Soil water solute process characterization. An integrated approach*. Alvarez Benedí, J. and Muñoz Cárpena, R. (Ed). Capítulo 6: pp. 198-252.