

NOTA TÉCNICA

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA HUMEDAD EN TRES PERFILES DE UN SUELO REGADO POR GOTEO

María Alejandra Moreno¹ y Roberto Villafaña¹

RESUMEN

Dado que la variabilidad espacial del suelo puede afectar la distribución en el perfil del agua aplicada mediante un sistema de goteo, se estudió la distribución espacial de la humedad en tres perfiles de suelo. El estudio fue realizado en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, en Maracay, y el riego se aplicó mediante una manguera Naan PAZ 25 con goteros integrados, separados cada 33 cm y con descarga cada uno de 1,7 L·h⁻¹. Dentro del área del estudio se ubicaron tres sitios donde se tomaron muestras de suelo por estrato para la determinación de densidad aparente, conductividad hidráulica y textura. Se aplicaron dos volúmenes diferentes de agua (20 y 40 litros por planta) mediante la variación del tiempo de aplicación, y posteriormente, se tomaron muestras para determinar la humedad a distintas profundidades y distancias de la línea de goteo. También fue medido en superficie el área de mojado producido por la cinta de goteo. Los resultados fueron interpretados según las propiedades físicas de cada sitio de muestreo. Los tres sitios mostraron ser diferentes en cuanto a su estratificación pero el comportamiento de la distribución de la humedad generada por los emisores resultó similar, con ligeras variaciones, atribuidas a la formación de sello sobre la superficie del suelo y el micro-relieve irregular, factores que deben ser considerados en las evaluaciones con fines de diseño.

Palabras clave adicionales: Riego por goteo, patrón de humedecimiento, física de suelos

ABSTRACT

Spatial distribution of moisture in three soil profiles under trickle irrigation

Since soil spatial variability may affect the moist distribution of a drip irrigated soil, it was studied the moist distribution pattern in three soil profiles. The study was carried out at the experimental field of the Agronomy School of the Universidad Central de Venezuela, in the city of Maracay. Drip irrigation was applied using a Naan PAZ 25 line with 1.7 L·h⁻¹ emitters located every 33 cm. Three sites selected and soil samples were taken by stratum for bulk density, hydraulic conductivity and texture determinations. Two water volumes were applied (20 and 40 liters per plant) by varying the irrigation time, and soil samples were taken in each site at different depths and distances of the irrigation line for moisture determinations. It was also measured the surface moistened area along the irrigation line. The results were interpreted according to the physical properties of each soil profile. The three profiles showed to be different in their stratification but the moist distribution generated by emitters was similar, with few differences attributed to surface sealing and rough micro-relief, factors that should be considered in the design of trickle irrigation systems.

Additional key words: Drip irrigation, moist distribution, soil physics

INTRODUCCIÓN

El área mojada y el volumen de suelo humedecido en riego por goteo están determinados por las características físicas de los horizontes del perfil, la dosis aplicada, el caudal del emisor, la frecuencia de riego y la topografía del terreno; sin embargo, aún no existen modelos suficientemente precisos que permitan estimar

adecuadamente la forma y el tamaño del bulbo en función de las condiciones de suelo y de manejo del agua, resultando obligante la realización de pruebas de campo para el diseño (Keller y Bliesner, 1990; Gil, 2001; Elmaloglou y Diamantopoulos, 2007).

El espaciamiento entre los emisores y entre las líneas regantes, también son factores que condicionan la distribución de la humedad en el

Recibido: Mayo 2, 2008

Aceptado: Septiembre 15, 2009

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. Apdo. 4579. email: morenom@agr.ucv.ve

suelo, y son a su vez, elementos del diseño básico que inciden directamente en el costo del sistema (Colombo y Or, 2006).

Particularmente, la variabilidad espacial del suelo es uno de los factores que puede afectar el diseño de un sistema de riego por goteo al incidir en el comportamiento de la distribución de la humedad para una determinada dosis, tiempo e intervalo de aplicación. En este sentido, se planteó evaluar cómo podía incidir esta variabilidad en la distribución de la humedad en el perfil en un área donde se ha observado que existe variación espacial en las propiedades físicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, ubicado en las coordenadas 10°17'N y 67°36'W, y altitud de 462 msnm, sobre un suelo cuyas características físicas se muestran en el Cuadro 1. El estudio se inició con una exploración del suelo, utilizando un barreno tipo holandés y tomando muestras cada 10 cm de profundidad, comprobándose la gran variabilidad en cuanto a espesores de los horizontes y características texturales. Se escogieron tres de los sitios más contrastantes, donde se abrieron calicatas para tomar las muestras de suelo.

En las muestras no alteradas, obtenidas con un toma-muestras tipo Uhland, se determinó la densidad aparente y conductividad hidráulica; la primera por simple relación entre la masa del suelo seco contenida en el cilindro y el volumen del cilindro, y la segunda empleando permeámetros de carga variable.

En las muestras disturbadas de suelo se realizaron determinaciones de textura por sedimentación y determinaciones de retención de humedad a diferentes valores de potencial mátrico, utilizando cámaras de presión y platos porosos.

Para el estudio del comportamiento de la humedad en el suelo se utilizaron los volúmenes de riego de 20 y 40 litros por planta, aplicadas en las borduras de un huerto de lechosa 'Cartagena Roja', con plantas en producción separadas 2 m en la hilera (Basso et al., 2008). El aumento del volumen de agua aplicada se logró con el aumento

del tiempo de riego. Se utilizó una manguera de riego Naan PAZ 25 con goteros integrados, separados cada 33 cm y con descarga cada uno de 1,7 L·h⁻¹ a una presión de operación de 0,1 MPa. Los muestreos de humedad para cada volumen de riego se hicieron simultáneamente en los tres sitios de muestreo, después de aplicar la cantidad de agua correspondiente cuatro veces consecutivas a intervalo alternados de tres y cuatro días (dos riegos por semana). El muestreo para la determinación gravimétrica de la humedad se realizó en la mañana del día siguiente a la aplicación del último riego para garantizar la redistribución del agua infiltrada en el perfil. Las muestras se tomaron por estrato y a diferentes distancias (posiciones) del ancho de mojado. Para ello se identificó el eje de la franja de mojado (posición cero), y a partir de allí se establecieron las posiciones 30, 45 y 60 cm, obteniendo una malla de datos donde se pudieron trazar las isolíneas de humedad, utilizando el programa SigmaPlot, versión 8.0.

También se midió sobre el terreno el área mojada por metro lineal de manguera, colocando marcas cada 10 cm a lo largo de 1 m de manguera seleccionado, midiendo el ancho de la franja humedecida en cada una de las marcas para luego obtener el ancho promedio. El aforo de los goteros se realizó midiendo por duplicado el volumen descargado por un emisor durante un minuto. El área mojada y los patrones de humedad obtenidos fueron interpretados de acuerdo con las propiedades físicas determinadas en cada perfil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estratificación de los perfiles

Los porcentajes de las fracciones texturales, la clase textural, la conductividad hidráulica (K) y la densidad aparente (Da) de los tres perfiles se muestran en el Cuadro 1. A simple vista los tres perfiles se observan distintos, existiendo en el fondo de cada uno un horizonte fósil a profundidad variable y un estrato predominantemente arenoso, muy variable en espesor y posición. De los tres perfiles, el perfil 1 es el más estratificado. Por otra parte los dos primeros perfiles son franco limosos en superficie mientras el último es franco arenoso. El perfil 2 es el único que presenta un estrato arenoso de espesor considerable a poca profundidad.

Cuadro 1. Características físicas de los tres perfiles de suelo regados por goteo

Perfil	Profundidad (cm)	Fracción (%)			Clasificación textural	K (mm·h ⁻¹)	Da (Mg·m ⁻³)
		A	L	a			
1	0-20	10	51	39	Franco limoso	17,5	1,25
	20-35	11	37	52	Franco arenoso	23,0	1,49
	35-55	12	48	40	Franco	9,8	1,43
	55-60	4	17	79	Areno franco	9,2	1,54
	60-80	12	38	50	Franco arenoso	16,1	1,45
	80-95	25	36	39	Franco	4,6	1,53
2	0-15	7	52	41	Franco limoso	9,1	1,31
	15-35	7	38	55	Franco arenoso	14,3	1,46
	35-80	1	14	85	Arenoso	16,8	1,48
	80-95	18	51	31	Franco limoso	6,4	1,27
3	0-25	7	42	51	Franco arenoso	10,6	1,47
	25-65	4	38	58	Franco arenoso	30,9	1,37
	65-85	15	57	28	Franco limoso	8,7	1,25

En general los contenidos elevados de limo y arena en los perfiles explican la estructura débil observada en campo.

Los valores promedios de conductividad hidráulica (K) y densidad aparente (Da) guardan en general relación con la textura a excepción del estrato superficial debido a que la conductividad es altamente variable en la superficie debido a la presencia de vías preferenciales generadas por las fracturas de la labranza y los conductos dejados por raíces, insectos y lombrices. Se observa, también, que el último estrato presenta el menor valor de K.

Retención de humedad y área mojada

En la Figura 1 se puede observar el comportamiento de la retención de humedad en los tres perfiles de suelo. En el perfil 1, el estrato inferior es el que retiene más humedad y el estrato arenoso (55-60 cm) el que retiene menos, concordando tal comportamiento con las características texturales señaladas previamente. Los restantes estratos presentan una retención de humedad relativamente intermedia. En el perfil 2, también el último estrato es el que retiene más humedad mientras que el arenoso (35-80 cm) presenta la menor retención, coincidiendo ello igualmente con las características texturales. Los estratos más superficiales muestran una retención de humedad relativamente intermedia. En el perfil 3 también se da la mayor retención de humedad en el último estrato.

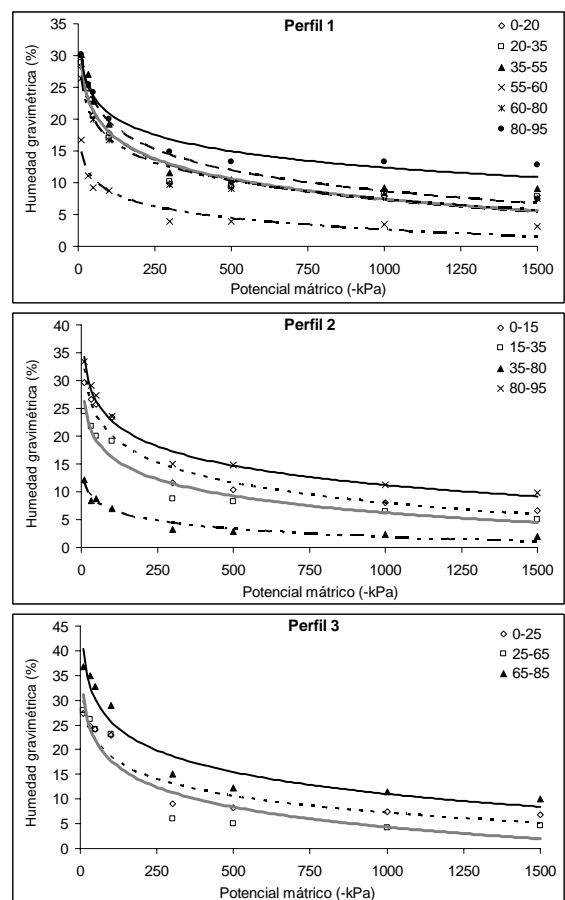


Figura 1. Curvas de retención de humedad por estrato en los tres perfiles del suelo regado por goteo

Las variaciones encontradas en las propiedades de flujo y retención de agua podrían causar

variaciones en la infiltración y retención del agua. Con relación al área mojada se observa que ésta aumentó ligeramente con el incremento del volumen de riego aplicado en los tres perfiles (Cuadro 2). En promedio, se alcanzó un aumento de 13 % al duplicar el volumen de agua aplicado.

Cuadro 2. Área mojada ($m^2 \cdot m^{-1}$ de manguera) para cada volumen de riego aplicado

Perfil	Volumen de riego ($L \cdot planta^{-1}$)	
	20	40
1	0,55	0,70
2	0,56	0,59
3	0,66	0,71

Perfiles de humedad

En la Figura 2 se ilustran los resultados obtenidos en los muestreos de humedad

realizados después de aplicar los diferentes volúmenes de agua. La humedad observada en la parte superior de los tres perfiles es la producida propiamente por el riego. La humedad en el fondo de los perfiles 1 y 3 podría ser producto del agua infiltrada en el período lluvioso y retenida como resultado de la menor K del estrato inferior, mientras que en el perfil 2 la presencia del estrato arenoso espeso explicaría los bajos contenidos de humedad por debajo del frente de humedecimiento ya que este estrato actuaría como una barrera al drenaje interno del agua percolada de los primeros estratos (Yohannes, 1999). La zona húmeda alrededor de los 40 cm en el perfil 1 es explicable por la presencia de un estrato franco con mayor retención de humedad que los estratos suprayacentes.

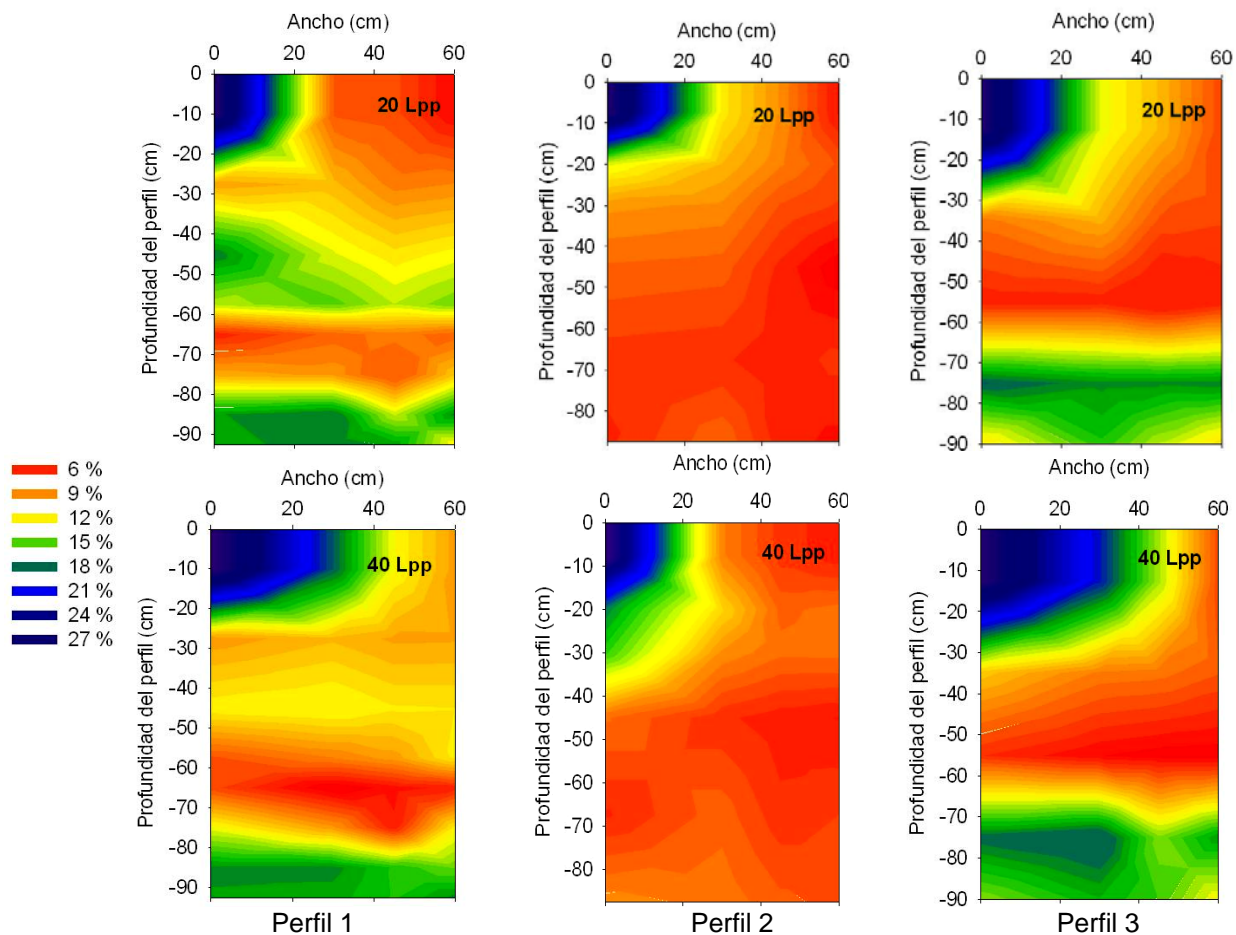


Figura 2. Distribución de la humedad gravimétrica en tres perfiles de suelo después de aplicar volúmenes de 20 y 40 litros de agua por planta (Lpp)

Las pocas diferencias en la forma del frente de humedecimiento pueden ser atribuidas a las ligeras diferencias en el estrato superficial y al sellamiento, el micro-relieve, las raíces y la fauna edáfica. Asimismo, se observó que este frente no se alteró por los contrastes en las propiedades físicas de los perfiles debido a que el humedecimiento no alcanzó en ningún caso dichos contrastes.

Observaciones realizadas durante la medición del área mojada permiten reportar la formación de charcos donde obviamente pudo ocurrir mayor infiltración mientras que en las micro-elevaciones el humedecimiento de la superficie fue básicamente por capilaridad. El sellamiento del suelo observado durante las pruebas es otro factor que puede influir en la infiltración y consecuentemente en la magnitud del área mojada. Esto explicaría por qué en algunos casos el ancho de mojado en la superficie, obtenido por mediciones directas en el campo, no se correspondió exactamente con el ancho medido dentro del perfil.

CONCLUSIONES

Los tres perfiles de suelo mostraron ser diferentes en las propiedades físicas evaluadas, pero se comportaron de manera similar respecto a las propiedades de penetración del agua descargada por los emisores, con patrones de humedecimiento comparables entre sí.

El área de mojado aumentó sólo ligeramente al duplicar el volumen aplicado de agua.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico y

Humanístico de la Universidad Central de Venezuela por el financiamiento otorgado según proyecto PI N° 01.5847.2005

LITERATURA CITADA

1. Basso, C., R. Villafañe, S. Torres y J. Díaz. 2008. Evaluación de la uniformidad del riego y efecto del fertirriego nitrogenado en un huerto de lechosa (*Carica papaya* L.). *Bioagro* 20: 105-110.
2. Colombo, A. y D. Or. 2006. Plant water accessibility function: A design and management tool for trickle irrigation. *Agricultural Water Management* 82(1): 45-62.
3. Elmaloglou, S. y E. Diamantopoulos. 2007. Wetting front advance patterns and water losses by deep percolation under the root zone as influenced by pulsed drip irrigation. *Agricultural Water Management* 90: 160-163.
4. Gil, J. 2001. Forma y dimensiones del bulbo húmedo con fines de diseño de riego por goteo en dos suelos típicos de sabana. *Revista UDO Agrícola* 1: 42-47.
5. Keller, J. y R. Bliesner. 1990. *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Van Nostrand Reinhold, NY. USA. 652 p.
6. Yohannes, F. 1999. Improvement of water application efficiency by moisture conservation methods for establishment of planted tree seedlings. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 30(7): 1119-1125.