

# PROCESO DE EXTRACCION DE AGUA DEL SUELO: VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL EN UNA MICROCUENCA.

María Rosa ATECA<sup>1</sup>, Roberto SERENO<sup>2</sup> y Hernán APEZTEGUÍA<sup>3</sup>.

## RESUMEN.

Los modelos de balances hídricos requieren conocer la distribución espacial de los datos de entrada. Se analiza el comportamiento del perfil del suelo en 9 puntos de una microcuena durante cinco campañas para *considerar si existe variación espacial y temporal en la profundización de las raíces del cultivo de soja.*

Se mide la humedad del suelo con sonda de neutrones hasta 2.80 m de profundidad. La profundidad de enraizamiento se estima indirectamente por las curvas de desecamiento en el perfil durante períodos sin precipitaciones durante fases fenológicas similares. Se analizó la variabilidad temporal comparando las variaciones del contenido de agua volumétrica en las distintas profundidades de cada punto. *El patrón de extracción permanece constante en cada punto, a lo largo de los años.*

**Palabras claves:** humedad del suelo, extracción radicular, variabilidad espacial y temporal.

## INTRODUCCION.

Cuando se quiere correr modelos de balances hídricos para predicción de rendimientos, modelado de los procesos de erosión y manejo de agua, es necesario estimar la distribución espacial de los datos de entrada, variables de estado y condiciones límites (Wagenet, 1991). Esto requiere muestreos en sitios discretos, con localización específica. La densidad del muestreo depende de la escala de resolución del modelo, requiriendo datos muy precisos del clima y suelo a escala de campos o de cuencas pequeñas (Leenhardt, 1995).

Los procesos de infiltración y redistribución están representados por distintos tipos de modelos. Para ello el perfil del suelo es considerado como un reservorio que puede estar dividido en

---

1 Ingeniera Agrónoma. Profesor Adjunto de Climatología y Fenología Agrícolas.

2 Doctor en Físico Química del Suelo. Profesor Asociado de Química General e Inorgánica.

3 Ingeniero Agrónomo. Profesor Adjunto de Manejo de Suelos.

1,2 y 3. Grupo Gestión Ambiental de Suelo y Agua Fac.Ciencias Agropecuarias.UNCba. CC 509. 5000 Córdoba Argentina. Email: marateca@agro.uncor.edu; rsereno@agro.uncor.edu.

varias capas. Estas capas deben ser definidas dentro del perfil y poseen propiedades diferentes. Esto permite la variabilidad de posición y extensión de las reservas de agua en el suelo durante el crecimiento del sistema radical y zonas de extracción por las raíces.

Los modelos de extracción de agua del suelo tienen en cuenta de manera especial la profundidad de la zona radical debido a su influencia en el suministro de agua para compensar las pérdidas por los procesos de crecimiento de la parte aérea y la transpiración.

Se puede decir en general que las densidades de longitud radical bajo condiciones húmedas disminuyen exponencialmente con la profundidad, pero cuando el agua es escasa y la parte superior del perfil se seca, existe una proliferación de raíces en la profundidad, la parte más húmeda del perfil. Hoogenboom (1987) encontró que la soja bajo riego produjo las mejores raíces en los 0.6 m superiores del perfil, mientras que las plantas no regadas lo hicieron más profundo.

El modelo general de extracción de agua del suelo muestra mayor absorción en la superficie. A medida que se utiliza el agua de las capas superiores, la extracción se desplaza hacia capas cada vez más profundas. Dardanelli et al (1997) trabajando en la misma región determinaron la profundidad de enraizamiento de tres variedades de soja, la que osciló entre 1,30m y 2,30m. Irigoyen et al (1997) trabajando con un suelo Argiudol, observaron la presencia de raíces hasta 1.05 m. Los ensayos se realizaron en en la campaña 1992-93 y en 1993-94, respectivamente, midiendo con sonda de neutrones.

Las precipitaciones y la infiltración, la redistribución en el largo plazo en el perfil y el crecimiento radicular del cultivo, que son los factores principales de los modelos de extracción de agua, pueden variar de año en año. Por ello se analiza el comportamiento del perfil en 13 puntos de una microcuenca durante las campañas 1993-94, 1994-95, 1995-96, 1997-98 y 1998-99, para *considerar si existe variación espacial y temporal en la profundización de las raíces del cultivo de soja.*

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

Se utilizan los datos de medición de humedad del suelo con sonda de neutrones hasta 2.80 m de profundidad en 9 puntos seleccionados por análisis geoestadístico en una microcuenca de 8 ha, (Apezteguía et al, 1997) ubicada a 25 km al sur de la ciudad de Córdoba (31°19' LS, 64°13' W), República Argentina. Está delimitada mediante la construcción de bordos y tiene una pendiente en sentido oeste-este. El suelo se clasificó como un Haplustol típico de textura franco limosa y el perfil modal presentó los siguientes horizontes: Ap 0-14 cm, B3 40-60 cm, C1 60-84 cm, C2ca +84 cm, con 2.5% de materia orgánica, pH 6.7 y 1.28 gr/cm<sup>3</sup> de densidad aparente en Ap (Romero et al, 1995).

Se cultiva soja bajo labranza convencional para la zona. Se realizaron las observaciones de las variables meteorológicas con una estación instalada en el lugar del ensayo. Se siguió el comportamiento fenológico (Fehr y Caviness, 1977) y fenométrico del cultivo.

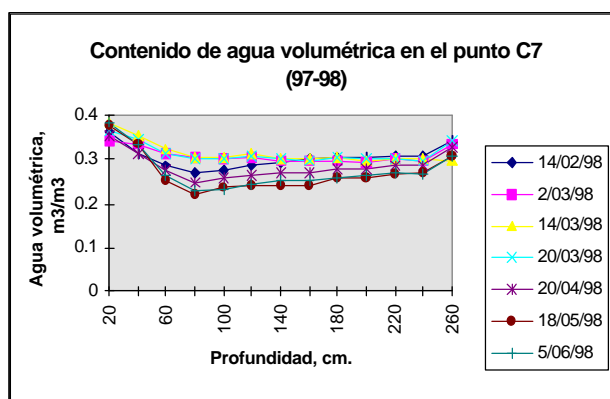
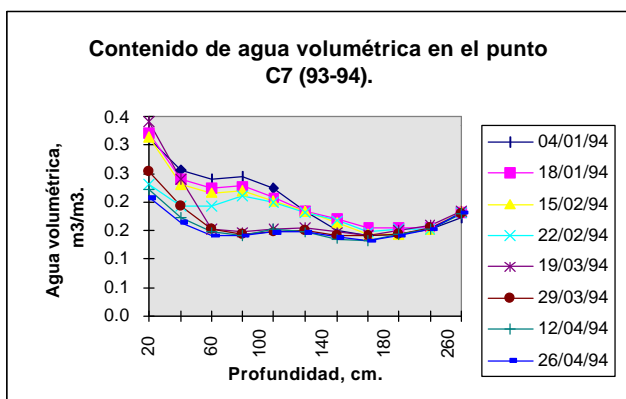
Klepper (1990) sostiene que la profundidad de enraizamiento depende de la especie y puede ser estimada indirectamente por las curvas de desecamiento en el perfil durante un período con suministro limitado de agua. La detección de la extracción radical se observa por una discontinuidad en la tasa de declinación del agua extraída durante un período seco (Gregory et al., 1978). Por ello se analizó el comportamiento del perfil durante los períodos sin precipitaciones entre fechas de medición de la humedad del suelo, en las distintas campañas, teniendo como segunda condición la similitud en la fase fenológica del cultivo.

Esta metodología difiere de la utilizada por Irigoyen et al (1997) que incluye el riego para mantener un nivel de disponibilidad de agua igual o superior al 50% del agua útil.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Las condiciones meteorológicas durante las campañas analizadas fueron disímiles, debido a que el monto de precipitación tanto en los 30 días anteriores a la siembra como en el transcurso del período de cultivo determinaron diferente disponibilidad de agua en el suelo. Esto permite analizar el comportamiento del perfil bajo distintas condiciones temporales.

En la Figura 1 puede observarse la variación espacial e interanual. De los 9 puntos analizados, el punto C7 es el más húmedo de la microcuenca porque se encuentra en la parte más baja de la misma, recibe además de las precipitaciones el aporte por escurrimiento, el punto E3 es



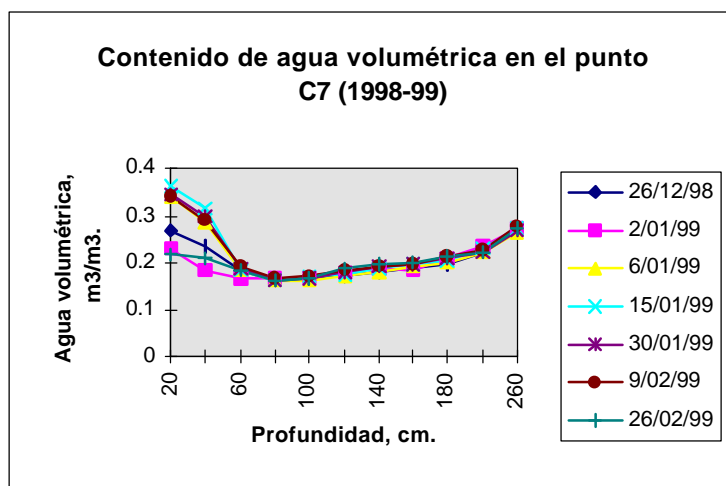


Figura 1. Variación del contenido de agua volumétrica ( $m^3 m^{-3}$ ) en el punto C7 en las campañas consideradas.

uno de los más secos y el M5 se acerca al promedio de humedad. En las campaña más secas (1993-94) y (1998-99), se observa claramente la actividad extractiva de las raíces. Pero en el año húmedo (1997-98) no se puede observar lo mismo debido a que la precipitación complica la extracción radical especialmente en las capas más profundas (Molz y Remson, 1971).

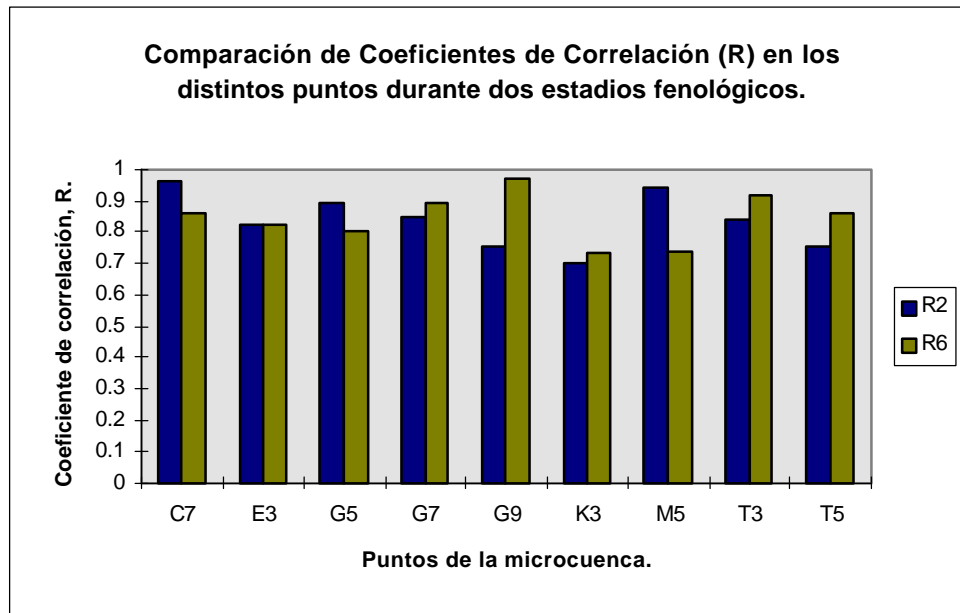
Se encontraron dos situaciones que cumplieron las condiciones de Klepper (1990) y Gregory (1978) que permiten comparar la variabilidad interanual del perfil: 1) el período entre el 15-2-94 al 22-2-94 con el cultivo en R2 (plena floración) y el comprendido entre el 9-2-99 y 26-2-99 en igual estadio fenológico. 2) el período entre el 29-3-94 al 12-4-94 con el cultivo en el estado R6 (plena formación del grano) y el comprendido entre el 2-5-98 al 9-5-98, en igual fenofase.

Tabla 1. Comparación del contenido de agua volumétrica ( $m^3 m^{-3}$ ) y coeficiente de correlación ( $R^2$ ) entre pares de valores a la misma profundidad y fechas analizadas (29-3-94 y 9-5-98) en los puntos considerados en el estado fenológico R6.

Puntos.	C7				E3				M5			
	Agua vol. $m^3/m^3$ .		Diferencia, %	Agua vol. $m^3/m^3$ .		Diferencia, %	Agua vol. $m^3/m^3$ .		Diferencia, %	Agua vol. $m^3/m^3$ .		Diferencia, %
	29/03/94	9/05/98		29/03/94	9/05/98		29/03/94	9/05/98		29/03/94	9/05/98	
Profundidad, cm.												
20	0.255	0.349	37.1	0.197	0.248	26.1	0.247	0.308	24.6	24.6		
40	0.195	0.315	62.0	0.136	0.216	58.9	0.199	0.263	32.0	32.0		
60	0.153	0.266	74.0	0.115	0.208	81.2	0.155	0.221	42.8	42.8		
80	0.146	0.235	61.5	0.114	0.207	81.3	0.136	0.206	51.7	51.7		
100	0.146	0.239	63.8	0.119	0.223	87.2	0.126	0.220	74.3	74.3		
120	0.152	0.254	67.6	0.126	0.220	74.3	0.134	0.233	73.3	73.3		
140	0.142	0.263	85.0	0.113	0.211	87.0	0.149	0.226	52.5	52.5		
160	0.14	0.264	88.1	0.117	0.197	68.3	0.139	0.221	58.9	58.9		
180	0.145	0.271	87.1	0.129	0.214	66.0	0.142	0.210	47.9	47.9		
220	0.155	0.274	76.7	0.146	0.211	44.5	0.169	0.243	43.9	43.9		
260	0.179	0.323	80.5	0.147	0.200	35.8	0.191	0.246	28.9	28.9		
Coef. correlación, R	0.86			0.82			0.74					

Para analizar la variabilidad temporal del perfil y ver el patrón de extracción de las raíces, se compararon las variaciones del contenido de agua volumétrica ( $\Delta\theta$ ) en las distintas profundidades de cada punto, en los períodos considerados y se obtuvieron coeficientes de correlación ( $R^2$ ): desde

0.70 en K3 hasta 0.96 en C7 durante la fase R2, y desde 0.74 en K3 a 0.97 en G9 durante el estadio R6 (Figura 2). Esto manifiesta un comportamiento similar de las distintas capas del perfil a pesar que los contenidos de agua fueron más elevados el 9-5-98, variando desde un 24.6 hasta un 88 % más de agua volumétrica que lo medido el 29-3-94 (Tabla 1). *Se puede decir de este modo que el patrón de extracción permanece constante en cada punto, a lo largo de los años.*



**Figura 2. Cuadro comparativo de los Coeficientes de Correlación ( $R^2$ ) de las variaciones del contenido de agua volumétrica en los distintos puntos de la microcuencia durante los dos períodos fenológicos diferentes.**

Se observa en la Tabla 2 que la variación de  $\Delta\theta$  expresada como porcentaje de la variación total varía según los puntos de la microcuencia y estado fenológico. Es más variable en el estado R2 a 100cm de profundidad. En R6 algunos puntos alcanzan el 100% de la extracción o valores muy cercanos a 160 cm de profundidad; y la mayoría lo ha alcanzado a 220cm de profundidad. Estos valores difieren de los encontrados por Irigoyen et al (1997) pero son semejantes a los de Dardanelli et al (1997) y manifiestan la variabilidad espacial en la dinámica de extracción.

**Tabla 2. Porcentaje de extracción de agua (%) en distintas profundidades y estados fenológicos, en los puntos de la microcuencia.**

Fenofase.	Fecha.	Profundidad	Puntos de la microcuencia.								
			C7	E3	G5	G7	G9	K3	M5	T3	T5
R2	26/02/99	100 cm	97.5	91.8	100.0	56.7	51.9	61.3	88.7	54.4	94.7
	22/02/94	100 cm	96.0	85.5	96.0	95.4	92.6	93.9	88.9	100.1	92.7
R6	29/03/94	160 cm	91.1	87.2	90.7	89.8	86.2	97.4	94.0	88.8	96.2
	9/05/98	160 cm	81.7	100	99.5	100	99.0	91.3	94.7	100	84.6
	29/03/94	220 cm	96.7	94.0	98.8	98.4	96.2	98.4	97.0	97.4	100.0
	9/05/98	220 cm	100	100	99.5	100	100	100	96.1	100	94.2

## CONCLUSIONES.

-El patrón de extracción permanece constante en cada punto a través de los años, esto tiene una importancia fundamental para los modelos de balance hídricos.

-Se observa la variabilidad espacial que se manifiesta por el comportamiento diferencial de cada punto dentro de la microcuenca. Esto es un tema a tener en cuenta cuando se modela en contenido de agua del suelo especialmente en escalas pequeñas.

**Agradecimientos.** A CONICOR, SECyT UNC y CONICET.

## BIBLIOGRAFIA.

APEZTEGUIA, H.P., AOKI, A., ROMERO, L., MENDOZA, R., ESMORIZ, G. y R. SERENO.

1997. "Una metodología para modelar el agua del suelo en una microcuenca (8 ha)". Actas XXVI Congresso Brasileiro de Ciencia do Solo. Sesión 6 (Manejo e Conservação do Solo e da Agua) Rio de Janeiro.

DARDANELLI, J. et al. 1997. "Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in a silty loam Haplustoll". *field Crops Research* 54 :29-38.

FEHR, W.R. y C.E. CAVINESS. 1977. "Stages of soybean development". Iowa Agric. Exp. Stn. Spec. Rep. 80. Iowa State University, Ames, 11 pp.

GREGORY, P.J. et al. 1978. "Water relations of winter wheat. 2. Soil water relations". *J. Agric. Sci. Camb.*, 91: 103-116.

HOOGENBOOM, G. et al. 1987. "Root growth rate de soybean as affected by drought stress". *Agron. J.* 79: 607-614.

IRIGOYEN, A.I., DELLA MAGGIORA, A.I., GARDIOL J.M. Y V.SILVA. 1997. "Patrón de extracción de agua de un cultivo de soja en Balcarce". Actas 7º Reunión Argentina y 1º Latinoamericana de Agrometeorología. Sesión IV Hidrometeorología Agrícola: 29-30.

KLEPPER, B. 1990. "Root growth and water uptake". In: eds. B.A. Stewart and D.R. Nielsen, *Irrigation of Agricultural Crops. Agronomy Monograph N° 30. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI, pp. 281-*

LEENHARDT, D. et al. 1995. "A survey of several agroclimatic soil water balance models with reference to their spatial application". *Eur. J. Agron.* 4(1): 1-14.

MOLZ, R. y I. REMSON. 1971. "Application of an extraction term model to the study of moisture flow to plant roots". *Agron. J.* 63: 72-77.

ROMERO, L.H. et al. 1995. "Caracterización de una microcuenca sembrada con soja de la región semiárida central de la provincia de Córdoba (Argentina). *Agriscient XII*: 59-66.

WAGENET, R.J. et al. 1991. "Minimum data sets for use of soil survey information in soil interpretative models". In: Mausbach, M.J. y Wilding.