

INFILTRACION DE AGUA EN SUELOS DE LA REGION PAMPEANA

R. A. del Barrio (1)

Recibido: 30/7/84

Aceptado: 2/11/84

RESUMEN

Se determinó la capacidad de infiltración de agua en los principales grandes grupos de suelos de la Región Pampeana.

Los valores de infiltración acumulada observados se ajustaron muy bien a la ecuación de Kostiakov-Lewis ($L: K \cdot t^n$), adoptándose el criterio de Fernández *et al.* (1971) para el cálculo de la infiltración básica de los suelos.

Se comprobó que el factor de mayor influencia sobre las tasas de infiltración alcanzadas fue el uso y manejo cultural del suelo.

WATER INFILTRATION INTO PAMPEAN REGION'S SOILS

SUMMARY

Water infiltration capacity in the main soil great groups in the Pampean region was determined.

The observed accumulated infiltration values fitted very well the Kostiakov-Lewis equation ($L: K \cdot t^n$), and the Fernández *et al.* (1971) criterion for soil basic infiltration calculation was adapted.

Use and cultural management of the soil proved to be the main factor influencing infiltration rates.

INTRODUCCION Y ANTEDECENTES

Infiltración es el término aplicado al proceso de entrada de agua a través de la superficie del suelo y verticalmente hacia abajo.

Con excepción del caso particular de un suelo saturado, la velocidad de infiltración es función de diversos factores. En general, es alta en las primeras etapas del proceso sobre todo cuando el suelo está inicialmente bastante seco, tendiendo a decrecer hasta llegar a un nivel casi constante denominado estado

de infiltración estacionario o infiltración básica (Hillel, 1971).

Los antecedentes sobre el tema en otros países son muy numerosos. A modo de ejemplo pueden consultarse las recopilaciones bibliográficas de Parr y Bertrand (1960) y de Philip (1969).

En la Argentina los trabajos realizados sobre mediciones de capacidad de infiltración de suelos son muy escasos. Entre ellos pueden citarse el estudio de Vallejos y Mazza (1967) para dos suelos de la depresión del

1) Centro de Investigaciones Biometeorológicas (CONICET). Serrano 669, (1414) Buenos Aires, Argentina.

Salado en la provincia de Buenos Aires; el de Hein (1969) en suelos arcillosos negros de la provincia de Entre Ríos; el de Fernández *et al.* (1971) en suelos del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, el de Medina Aguilar (1976) para suelos de la región de Pergamino en la provincia de Buenos Aires y el de Bermejo y Suero (1981) en suelos argiudoles de Balcarce en la provincia de Buenos Aires.

El conocimiento de la capacidad de infiltración es indispensable para el cálculo del balance de agua en el suelo, siendo su utilidad principal desde el punto de vista agrohidrológico el poder determinar la "efectividad bioambiental de las precipitaciones" (Troha, 1978). Es decir, conociendo la intensidad de las lluvias y la capacidad de infiltración del suelo, pueden determinarse los volúmenes que al no infiltrar escurren superficialmente y por ende no son utilizables por la vegetación, con el agregado de poder producir arrastre mecánico de partículas de las primeras capas del suelo.

MATERIALES Y METODOS

Para llevar a cabo las mediciones se utilizó un equipo compuesto por 6 infiltrómetros de doble cilindro y un tanque de agua de 600 litros de capacidad, construido siguiendo las especificaciones técnicas dadas por Haise *et al.* (1965).

En cada uno de los lugares estudiados (Cuadro 1) ubicados en la región pampeana, se midió la velocidad de infiltración expresada en mm.h^{-1} y la infiltración acumulada indicada en mm, a intervalos regulares de tiempo que son más cortos al comienzo del ensayo para luego hacerse más espaciados.

Se estima sin embargo, que el valor a determinar de mayor importancia práctica desde el punto de vista agrohidrológico es el correspondiente al "estado de infiltración estacionario o tasa de infiltración básica", definida por Criddle *et al.* (1956) y por Fernández *et al.* (1971) como "la velocidad de infil-

tración de agua en el suelo luego de transcurrido un período de varias horas cuando la variación de la misma con respecto al tiempo es muy lenta, es decir que permanece casi constante".

El tiempo necesario para alcanzar esta situación será más o menos prolongado según cual sea la profundidad a que se encuentra la zona de saturación en un suelo homogéneo o, en su defecto, la capa de menor permeabilidad que determina la velocidad de infiltración básica, en el caso de suelos con horizontes bien diferenciados.

Por lo general se llevaron a cabo 5 repeticiones (nunca menos de 3) en cada situación analizada, tomándose como representativo el cilindro donde se observara la velocidad de infiltración básica mediana. Se utilizó esta medida de tendencia central porque no se encuentra tan afectada por valores extremos como la media aritmética. Los valores muy altos se producen con relativa frecuencia en los ensayos de infiltración a campo por la presencia de canales dejados por raíces muertas, cuevas de insectos, etc.

En todos los casos estudiados, además de las mediciones de infiltración se realizaron extracciones de muestras de suelos para determinar su contenido de humedad inicial, capacidad de campo, contenido de materia orgánica y densidad aparente.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se resumen para cada localidad y tipo de suelo considerado las tasas de infiltración básica calculadas así como el tiempo necesario para alcanzar esa condición de estabilidad.

En la Figura 1A a 1N se exponen las curvas de velocidad de infiltración y de infiltración acumulada en función del tiempo calculadas mediante la fórmula de Kostikov (1932) - Lewis (1937) y los valores observados de velocidad de infiltración para todas las localidades analizadas. Esta ecuación empírica de

CUADRO 1: Ubicación, clasificación de los suelos, uso y manejo cultural del lote, tasa de infiltración básica y tiempo necesario para alcanzarla de las localidades estudiadas.

Localidad	Lat. sur	Long. W	Altura s.n.m (m)	Clasificación de los suelos "Soil Taxonomy"	Uso y manejo cultural del lote	Tasa de infiltración básica (mm . h ⁻¹)	Tiempo para alcanzar estabilidad (min.)
San Pedro	33° 39'	59° 41'	27	Argiudol vértico	Pradera polifítica de varios años de antigüedad.	9,9	420
Rosario	32° 57'	60° 39'	22	Argiudol vértico	Pradera polifítica desde 1981. Anteriormente, rotaciones con cultivos hortícolas.	7,2	220
C. Casares	35° 37'	61° 22'	84	Hapludol típico	Pradera polifítica desde 1978. Anteriormente campo natural.	11,7	370
Junín	34° 35'	60° 57'	80	Hapludol típico	Agricultura continua desde 1951 a 1981. Pradera de achicoria y gramíneas desde 1981.	4,9	200
Blaquier	34° 39'	62° 28'	108	Hapludol típico	Pradera polifítica. Prácticamente nunca fue roturado.	20,4	810
La Carlota	33° 26'	63° 18'	141	Hapludol típico	Pradera polifítica. Prácticamente nunca fue roturado.	25,6	640
Ordóñez	32° 50'	62° 52'	138	Hapludol típico	Pradera polifítica desde 1979. Anteriormente, agricultura (sorgo).	7,0	240
J. E. Barrow	38° 19'	60° 14'	120	Hapludol petrocálcico	Pradera polifítica desde 1975. Anteriormente, rotaciones periódicas con cultivos anuales.	2,4	110
Las Acequias	33° 16'	63° 59'	290	Haplustol típico	Pradera de alfalfa desde 1982. Anteriormente, rotaciones periódicas de cultivos anuales.	6,7	218
Anguil	36° 31'	64° 01'	159	Haplustol éntico	Pradera de pasto llorón desde 1958	57,7	1.260
				Haplustol petrocálcico arídico.	Pradera de pasto llorón desde 1968.	25,8	810
Tornquist	38° 06'	62° 14'	285	Haplustol petrocálcico	Pradera de alfalfa desde 1975. Cincelada en 1982.	15,0	400
Uribelarrea	35° 05'	58° 50'	33	Hapludol thaptoárgico	Pradera de festuca spp. y Melilotus spp. desde 1979. Anteriormente, campo natural	2,5	100
					Campo natural.	1,9	90
Dolores	36° 19'	57° 40'	9	Natracuol típico	Campo natural.	5,3	270

tipo exponencial no tiene fundamento físico, pero posee el mérito de conllevar una precisión más que aceptable para determinar la infiltración dentro de los límites de tiempo aquí adoptados y siendo, además, de aplicación muy sencilla.

Sobre la base de la experiencia obtenida en este trabajo se adoptó el criterio sustentado por Fernández *et al.* (1971) para la determinación de las tasas de infiltración básica calculadas y, por consiguiente, el tiempo necesario para arribar a dichos valores (tiempo básico).

En todos los sitios estudiados se realizó un análisis acabado de los factores que pudieran afectar los resultados obtenidos (Cuadro 2).

En primer término, la humedad inicial del suelo es el factor que más influye sobre las tasas de infiltración medidas, pero según lo expresado por diversos investigadores (Philip, 1957 y 1969; Gumbs y Warkentin, 1972 y Tricker, 1981), su influencia sólo es relevante en los estadios iniciales de la infiltración disminuyendo hasta hacerse despreciable cuando el perfil está humedecido a saturación y se ha llegado a la infiltración básica.

Otros factores que influyen notablemente los resultados obtenidos son el contenido de materia orgánica (Pillsbury y Richards, 1954 y Tricker, 1981) y la densidad aparente del suelo (Pillsbury y Richards, 1954; Hills, 1971; Gumbs y Warkentin, 1972 y Bermejo y Suero, 1981). En general, el contenido de materia orgánica presenta una correlación positiva con la capacidad de infiltración de un suelo, inversamente a lo que ocurre con la densidad aparente del mismo.

Ambas propiedades del suelo determinan la mayor o menor estabilidad de los agregados así como la distribución del tamaño de poro y consecuentemente su influencia sobre la infiltración.

Un factor que no se ha tenido en cuenta es la carga hidráulica ocasionada por la lámina de agua agregada en el cilindro de infiltración. Si bien en condiciones de laboratorio (Aranovici, 1955) se demostró la influencia

de este factor sobre la infiltración, Philip (1958 y 1969) indica que la lámina ejerce su influencia sobre los primeros estadios de la infiltración, pero cuando el volumen de suelo humedecido es grande, como en el caso de estar midiendo tasas de infiltración básica luego de varias horas, la influencia que pueden tener 5 a 7 cm de agua confinados dentro de los límites del cilindro de infiltración es mínima en relación a la distancia que se encuentra el frente de mojadura.

Un factor que *a priori* era considerado de fundamental importancia en la determinación de la tasa de infiltración de un suelo era su clase textural. No obstante, se llegó a la conclusión de que el grado de cobertura vegetal del suelo así como el uso y manejo cultural del mismo, influyen los valores de infiltración obtenidos en mayor medida que el tipo de suelo por sí mismo. Esto coincide con lo expresado por Dee *et al.*, (1966), Wood y Blackburn, (1981) y Bermejo y Suero, (1981).

De allí que para obtener resultados comparables entre sí, todos los ensayos se realizaron en suelos bajo praderas pastoreadas por bovinos y recabando toda la información disponible sobre uso y manejo cultural de los mismos.

En el presente trabajo, se han observado diferencias entre suelos pertenecientes a un mismo gran grupo dentro de una clasificación general, que presentan tasas de infiltración básica significativamente distintas entre sí, debido a que en un caso se trata de suelos labrados normalmente durante años y, en el otro, se trata de suelos vírgenes o que casi nunca fueron sometidos a tareas agropecuarias. El suelo labrado presenta una tasa de infiltración menor debido, especialmente, a la utilización continuada de elementos de labranza que provoca una desagregación estructural en concordancia con una disminución de la macroporosidad del mismo.

Las mediciones efectuadas permiten realizar un primer análisis a nivel regional de las tasas de infiltración correspondientes a los

CUADRO 2: Contenido de humedad inicial, capacidad de campo, densidad aparente y contenido de materia orgánica de los suelos donde se llevaron a cabo mediciones de tasas de infiltración de agua.

Localidad	Contenido de humedad inicial (mm)	Capacidad de campo (mm)	Densidad aparente * (g . cm ⁻³)	Contenido de materia orgánica (%)
San Pedro	344	422	1,27 - 1,27 - 1,27 1,27 - 1,26	3,5
Rosario	336	422	1,22 - 1,36 - 1,49 1,35 - 1,22	3,0
Carlos Casares	260	288	1,14 - 1,09 - 1,25 1,25 - 1,22	2,4
Junín	271	326	1,37 - 1,40 - 1,33 1,26 - 1,21	2,3
Blaquier	152	218	1,33 - 1,28 - 1,29 1,32 - 1,37	2,1
La Carlota	127	208	1,18 - 1,17 - 1,18 1,13 - 1,12	1,8
Ordóñez	211	230	1,20 - 1,24 - 1,25 1,17 - 1,17	2,2
J. E. Barrow	148	148	1,16 - 1,20 - 1,29 1,22 - Tosca	4,8
Las Acequias	172	216	1,25 - 1,28 - 1,29 1,25 - 1,14	2,05
Anguil (H. ént.)	48	154	1,08 - 1,14 - 1,11 1,11 - 1,11	1,6
Anguil (H. p. ár.)	134	236	1,20 - 1,07 - 1,02 1,00 - 0,98	2,1
Uribelarrea (E.A.S.)	298	450	1,21 - 1,21 - 1,24 1,34 - 1,29	2,8
Uribelarrea (vecino EAS)	310	450	1,10 - 1,26 - 1,20 1,34 - 1,29	2,4
Tornquist	149	212	1,08 - 1,15 - 1,22 1,29 - 1,29	1,83
Dolores	220	450	1,37 - 1,36 - 1,25 1,31 - 1,29	1,7

* Cada 10 cm hasta 50 cm de profundidad.

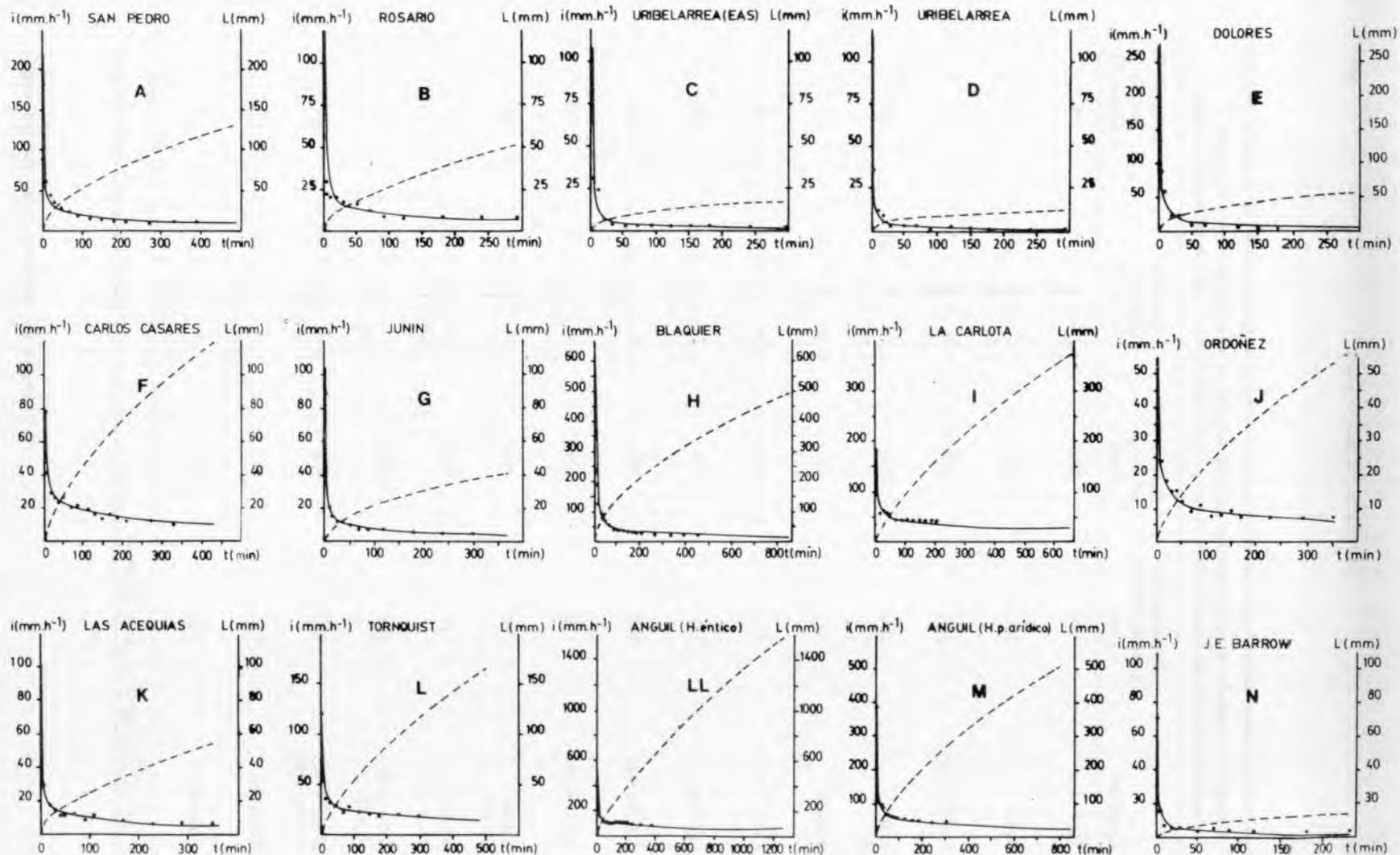


Figura 1. Representación gráfica de la velocidad de infiltración calculada (—), lámina total infiltrada calculada (----) y velocidad de infiltración observada (••••) en función del tiempo transcurrido para cada localidad estudiada.

principales grandes grupos de suelos de la región pampeana.

En primer lugar, se observa una tendencia creciente en las tasas de infiltración básica al pasar de suelos con textura fina, arcilloso-alcalinos ($I_b: 2 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$) a lomas arenosas ($I_b: 50 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$).

Sin embargo, el factor que tiende a influir en mayor medida sobre las tasas de infiltración alcanzadas fue el uso y manejo cultural a que estaba sometido el lote donde se llevarán a cabo las mediciones. Al respecto, es de sumo interés examinar algunos de los resultados obtenidos que se encuentran condensados en el Cuadro 1:

- a) Los suelos de San Pedro y Rosario pertenecen al mismo subgrupo (Argiudoles vérticos) de acuerdo a "Soil Taxonomy" (Arens y Etchevehere, 1966). Los valores de infiltración básica ajustados fueron 9,9 y 7,2 $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente. Estos valores podrían estar relacionados con los distintos manejos culturales de ambos lotes (praderas polifíticas de varios años y rotaciones anuales con cultivos hortícolas, respectivamente), si bien la distancia entre ambos puntos no permite realizar aseveraciones definitivas, los resultados obtenidos indican una tendencia a confirmar.
- b) Otro caso interesante de examinar es el de los suelos pertenecientes al subgrupo de los Hapludoles típicos. En las unidades estudiadas correspondientes a las localidades de La Carlota, Blaquier y Carlos Casares, las tasas de infiltración básica calculadas oscilan en los 25, 20 y 12 $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente. En los tres casos se trata de suelos que casi nunca habían sido roturados anteriormente. La situación en las localidades de Ordóñez y Junín difiere de las anteriores ya que, tratándose de suelos dedicados durante años a tareas agropecuarias, sus tasas de infiltración básica fluctúan entre los 7 y 5 $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente. Se determinaron como causales de las mismas, en el primer caso la

presencia de un "piso de arado" por debajo del horizonte Ap, y un fuerte encostramiento superficial en el lote de Junín. De hecho se hace notar que la exactitud de las mediciones realizadas, con la metodología aquí expuesta, es probable que disminuya al trabajar con suelos de textura mediana a gruesa, con baja humedad inicial sin limitantes en su perfil o con una limitante ubicada a mayor profundidad que la correspondiente al cilindro de infiltración. En estos casos (Anguil, La Carlota, Blaquier y Tornquist, respectivamente) es probable que los valores de velocidad de infiltración medidos luego de varias horas de ensayo no correspondan a las verdaderas tasas de infiltración básica de agua para dichos suelos. Esto se debe a que el suelo circundante a los anillos no es saturado en forma suficiente por el agua del anillo "buffer", produciendo un movimiento lateral de agua por debajo del cilindro de infiltración, lo que determina que transcurrido un lapso prolongado, las tasas de infiltración observadas permanezcan en niveles algo superiores a los esperados. Este problema se solucionó en forma bastante satisfactoria por el buen ajuste que presentaron los valores observados con los calculados por la fórmula de Kostakov-Lewis, ya que se pudo realizar una extrapolación hasta obtener las velocidades de infiltración básica calculadas, en concordancia con la metodología seguida en este trabajo para la determinación de las mismas.

- c) Otra situación importante de examinar es la correspondiente a los suelos pertenecientes al gran grupo de los Haplustoles. Entre ellos se encuentran dos situaciones extremas: 1) Suelos de Las Acequias (Haplustoles típicos), con una tasa de infiltración básica calculada de 6,7 $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ y 2) Suelos de Anguil (Haplustoles petrocálicos arídicos y énticos), con tasas de infiltración básica calculadas del orden de 26 y 58 $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente.

Si bien existe una diferenciación en las características físicas de estos tres subgrupos de suelos y, además, los valores calculados para Anguil pueden estar algo sobrevalorados por lo explicado en el punto anterior, es indudable que el factor que más incidió sobre las tasas de infiltración obtenidas fue el uso y manejo cultural de los lotes.

En el caso de Las Acequias, el lote estaba asignado desde muchos años atrás a rotaciones periódicas agrícola-ganaderas, presentando una compactación subsuperficial fuerte debido al uso continuo de los elementos de labranza. Los lotes de Anguil, en cambio, corresponden a sendas pasturas de pasto llorón (*Eragrostis cúrva*) con un promedio de 20 años de antigüedad.

d) Los suelos correspondientes a la depresión del Salado (Uribelarrea y Dolores) muestran tasas de infiltración básica muy bajas (2 y 5 mm . h⁻¹, respectivamente) debido, en especial, a la textura fina de los componentes del perfil acentuado por la presencia de sodio, que ejercen una influencia negativa sobre las tasas de infiltración de estos suelos (Tschapek, 1966).

CONCLUSIONES

- 1) El empleo del método del doble cilindro para la determinación de las tasas de infiltración básica en los principales grandes grupos de suelos de la región pampeana ha resultado satisfactorio en la mayoría de las situaciones analizadas.
- 2) De todas las ecuaciones empíricas y con basamento físico analizadas, la fórmula de Kostikov-Lewis, por los buenos resultados obtenidos (valores de coeficiente de determinación - r² - siempre superior a 0,94) y por su sencillez, resultó ser la más aconsejable de emplear para ajustar los valores de infiltración de agua en el suelo obtenidos a campo. Para el cálculo de la filtración básica de un suelo es correcta la

utilización del criterio sustentado por Fernández *et al.* (1971).

- 3) Además de la clase textural a que pertenezca un suelo dado, se verificó que es el uso y manejo cultural del lote el factor que mayor influencia tiene sobre las tasas de infiltración.
- 4) En los casos de suelos con textura mediana a gruesa, con bajo contenido de humedad inicial sin limitantes en su perfil o con limitantes ubicadas a mayor profundidad que la correspondiente al clavado del cilindro de infiltración, los resultados obtenidos con la utilización del doble cilindro parecen estar sobrevalorados y no haberse llegado a la tasa de infiltración básica verdadera. La corrección introducida por medio de la extrapolación de los datos ajustados por la fórmula de Kostikov-Lewis tiende a corregir este defecto.

AGRADECIMIENTOS

El autor deja constancia de su agradecimiento al Profesor Juan J. Burgos que fue director de la beca de iniciación del CONICET; al Ing. Agr. Adrián Troha por las sugerencias aportadas en función del logro de los resultados propuestos; a la Señora Elba A. Modia y a la Ing. Agr. Sonia Suárez por sus colaboraciones en la revisión de los manuscritos y presentación del presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Arens, P. L. y P. H. Etchevehere, 1966. Normas de reconocimiento de suelos; con suplementos de mayo de 1967 y noviembre de 1969. INTA. Inst. de Suelos y Agrotecnia, Buenos Aires.

- 2) Aranovici, V S., 1955. Model study of ring infiltrometer performance under low initial soil moisture. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 19 (1): 1-6.
- 3) Bermejo, B. M. y E. E. Suero, 1981. Infiltración en suelos argiudoles de Balcarce *RIA*. 16 (2): 205-213.
- 4) Criddle, W. D.; S. Davis; C. H. Pair and G. Dell Shockley, 1956. *Methods of Evaluating Irrigation Systems*. Agricultural Handbook No 82. Soil Conservation Service.
- 5) Dee, R. F.; T. W. Box and Robertson Jr., 1966. Influence of grass vegetation on water intake of Pullman Silty clay loam. *J. Range Management* 19: 77-79.
- 6) Fernández, P. C.; J. A. Luque y J. D. Paoloni, 1971. Análisis de la infiltración y su aplicación para diseños de riego en el Valle inferior del Río Colorado. *RIA*. Serie 3. Clima y suelo 8 (1): 1-29.
- 7) Gumbs, F. A. and B. P. Warkentin, 1972. The effect of bulk density and initial water content on infiltration in clay soil samples. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 36 (5): 720-724.
- 8) Haise, H. R.; W. Donnan; J. Phelan; L. F. Lawhon and D. G. Shockely, 1965. Uso del infiltrómetro de cilindro para determinar las características de infiltración de los suelos irrigados. U.S. Dept. of Agric. 10 p.
- 9) Hein, J., 1969. Los suelos en la estación experimental de Concepción del Uruguay con especial referencia a las características más importantes de sus suelos negros. Actas de la 5^o Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Santa Fe, Rep. Arg.
- 10) Hillel, D., 1971. *Soil and Water: Physical Principles and Processes*. Acad. Press. New York. 288 p.
- 11) Hills, R. C., 1971. The influence of land management and soil characteristics on infiltration and the occurrence of overland flow. *Journal of Hydrology* 13: 163-181.
- 12) Kostakov, A. M., 1932. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessities for studying it from a dynamic point of view for purpose of amelioration (en ruso). In International Society of Soil Science, 6th Commission Transactions, Gronigen Holland V. A. PP, 17-21.
- 13) Lewis, M. R., 1937. The rate of infiltration of water in irrigation practice. *Trans. Am. Geophys. Union.* 18 (2): 361-368.
- 14) Medina Aguilar, P. A., 1975. Influencia de algunos factores físicos y del manejo sobre la infiltración de un brunizem. Tesis para optar por el título de Magister Scientiae Escuela para graduados en Ciencias Agropecuarias de la República Argentina. INTA Castelar (Bs. As.) 68 p.
- 15) Parr, J. F. and A. R. Bertrand, 1960. Water infiltration into soils. *Adv. Agron.* 12: 311-363.
- 16) Philip, J. R., 1957. The theory of infiltration: 5. The influence of initial moisture content. *Soil Sci.* 84 (4): 329-339.
- 17) Philip, J. R., 1958. The theory of infiltration: 6. Effect of water depth over soil. *Soil Sci.* 85 (5): 278-286.
- 18) Philip, J. R., 1969. The theory of infiltration. *Advan. Hydroscience* 5: 216-296.
- 19) Pillsbury, A. F. and S. J. Richards, 1954. Some factors affecting rates of irrigation water entry into Ramona Sandy Loam Soil. *Soil Sci.* 78: 211-217.
- 20) Tricker, A. S., 1981. Spatial and temporal patterns of infiltration. *J. Hydrol* 49: 261-277.
- 21) Troha, A., 1978. Efectividad de las precipitaciones en la Región Pampeana. Taller Argentino-Estadounidense sobre "Sequías". Mar del Plata, 4-8 de diciembre de 1978, 25 p. CIBIOM, Buenos Aires.
- 22) Tschapek, M., 1966. El agua en el suelo. 2a. ed. Madrid. España, 517 p.
- 23) Vallejos, W. E. y C. A. Mazza, 1967. Velocidad de filtración de suelos chernozoides de depresiones húmedas de la Región Pampeana. *RIA*. Serie 3, 4 (2): 17-25.
- 24) Wood, K. and L. Blackburn, 1981. Grazing systems: their influence on infiltration rates in the Rolling Plains of Texas. *Journal of Range Management.* 34 (4): 331-335.