

APTITUD DE ALGUNOS SUELOS VÉRTICOS PARA USO BAJO RIEGO COMPLEMENTARIO*

O. S. HEREDIA¹

RESUMEN

En los suelos con características vérticas de la Provincia de Entre Ríos, la matriz arcillosa determina fenómenos de expansión-contracción, esto hace que la distribución de los poros varíe con el contenido de humedad.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la aptitud física, morfológica y química de dos suelos vérticos para el riego complementario. Se realizó una descripción morfológica de los suelos, la determinación de propiedades físicas y químicas. Se analizaron las correlaciones entre las variables químicas y físicas.

Se calculó la porosidad total y efectiva y se graficaron las curvas de retención hídrica.

Los suelos vérticos, de las series Greco y Ñandubay, tienen una secuencia de horizontes E/A, B, BC_k y C_k, con diferente profundidad según la serie de suelo. Fueron pobres en P extractable, carbono, el pH y la CE fueron bajas, mientras que la CIC, densidad aparente y el contenido de arcilla fueron altos y aumentaron todas estas propiedades con la profundidad del perfil.

La serie Greco presentó una correlación elevada entre el valor de retención hídrica a capacidad de campo ($r = 0,987$ $P < 0,05$), el Coeficiente de Marchitez Permanente (CMP) correlacionó de manera significativa y negativa ($r = -0,967$, $P < 0,05$) con el Ct.

La serie Ñandubay solo el valor de succión en CMP correlacionó de manera significativa y positiva con el Ct ($r = 0,997$), la CIC ($r = 0,9907$) y el contenido de arcilla ($r = 0,922$).

Si bien la Porosidad Total fue alta en el horizonte superficial de ambos perfiles, la porosidad efectiva fue baja en los HA y E (< 10%), determinando condiciones reductoras y de anaerobiosis durante todo el año.

Por lo expuesto, se considera que estos suelos no son aptos para riego por aspersión en cultivos de verano en rotación con el arroz.

Palabras clave. Suelos vérticos, riego complementario, porosidad efectiva, curvas de retención hídrica.

APTITUDE OF VERTIC SOILS FOR USE UNDER COMPLEMENTARY IRRIGATION

SUMMARY

In vertic soils of Entre Ríos province, the clayed matrix determines shrink-swell actions, these results in a dynamic pore-size distribution that is a function of moisture content.

The objective of this work was evaluated the aptitude physical, chemical and morphological, in two vertic soils, for complementary irrigation for not traditional summer crop.

Morphological descriptions of soils, physical, and chemical properties were studied. Total and effective porosity was calculated and water retention curves were plotted.

Were descripts two soils: Greco and Ñandubay Series, these soils had an E/A, B, BC_k and C_k horizons with different depth between series. The soils were poor in Phosphorus; Organic Carbon. pH and EC were lows. The CEC, bulk density, clay content, total porosity and water retention were highs.

The pH, CEC and Clay increase with depth to profile.

For Greco Series the correlation value between CC and CEC was $r = 0,987$ $P < 0,05$. For CMP the correlation coefficient with Ct was $r = -0,967$ $P < 0,05$.

The correlation for Ñandubay Series was between CMP and Clay content was $r = 0,922$.

The effective porosity of A horizon was very low in both soils. These properties determine a poor aeration (< 10% of total porosity) and reduction conditions in the soils for water saturation.

The soils studied didn't have capacity for complementary irrigation with sprinkler, but other irrigation's systems could be used in these soils.

Key words. Vertic soils, complementary irrigation, effective porosity, moisture retention curves.

*Trabajo subsidiado por el PIP 4403.

¹Cátedra de Edafología, Dpo. De Recursos Naturales y Ambiente, FAUBA, Av. San Martín 4453 (1417), Bs.As. email: heredia@mail.agro.uba.ar

INTRODUCCIÓN

La provincia de Entre Ríos es una amplia fosa proveniente de la separación del basamento cristalino y la Cuenca Chaco-paranaense, rellena con sedimentos detríticos y pelíticos de origen continental y marinos más antiguos (De Petre, 1988). El Centro-Norte de la Pcia. de E. Ríos conforma una planicie muy suavemente ondulada a llana, sin red de drenaje y con numerosos bañados de altura. Por sectores se observan pendientes muy largas de hasta el 1,5%. La vegetación característica es el monte y monte con pastizal. El uso es ganadero (con cría, recría) se realiza sobre pastizales naturales y la invernada es sobre pasturas naturales mejoradas. El área ganadera predomina sobre el área agrícola (lino, sorgo y especialmente arroz).

Aunque tradicionalmente se la incluye en la región pampeana, su actividad agropecuaria presenta algunas características distintivas con relación al resto como son: menor rendimiento agrícola y ganadero, desarrollo de producciones no pampeanas (arroz, citrus, forestales).

La provincia tiene una larga tradición en riego de arroz, y en los últimos 8 años ha pasado de 40.000 a 132.000 ha regadas utilizando para esto aguas subterráneas, pero esta tradición no existe para la rotación de arroz con cultivos de cereales y oleaginosas ya que falta información sobre los parámetros básicos para el diseño de riego superficiales (Benavidez *et al.*, 1999).

Los suelos de la zona Centro-Norte corresponden a tres Ordenes de la Taxonomía de Suelos Vertisoles, Molisoles o Alfisoles. Los suelos que poseen características vérticas son ricos en arcillas expandentes y no responderían adecuadamente a los modelos de balance hídrico comúnmente conocidos, por lo que en los mismos hay que evaluar los movimientos de expansión y contracción que hacen que en verano los suelos presenten grietas anchas y profundas que producen flujos de agua por "by pass" o flujo preferencial, mientras que cuando se humectan, por expansión de sus materiales coloidales se hacen impermeables al agua,

generándose habituales anegamientos (Heredia, 1992, Favore *et al.*, 1997). Las grietas deben ser contempladas en el momento en que se modeliza un balance hídrico (Bouma, 1990), deben considerarse los intervalos óptimos entre riegos y el momento preciso en que comienza el déficit hídrico (Hulugalle y Entwistle, 1997).

El desarrollo y la producción agropecuaria de una zona, con déficit hídricos estacionales, esta condicionada al aporte adicional de agua por riego complementario y a la disponibilidad de agua en calidad y cantidad adecuadas, en combinación, con suelos aptos que justifiquen con buenos rendimientos las inversiones de implementación y mantenimiento que esta tecnología requiere.

La calidad del agua a usar también es un factor a tener en cuenta ya que algunas clasificaciones de agua para riego (FAO, 1989) atribuyen a los suelos ricos en montmorillonitas mayor susceptibilidad a la sodificación con aguas de alto RAS.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la aptitud de los suelos para riego complementario en el Norte de la Pcia. de Entre Ríos, a través de su caracterización morfológica y sus propiedades físicas y químicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Antecedentes del área: se buscaron los antecedentes del área sobre clima y suelos.

Los suelos evaluados están ubicados en el departamento de Federal, al Norte de la Pcia. de Entre Ríos, la precipitación promedio (de 50 años) para la zona es de 1086,1 mm/año, con una distribución de tipo OVPI, siendo la Evapotranspiración Potencial, según la fórmula de Penman, de 1197,5 mm anuales, la máxima FTP se produce en el mes de Diciembre y la mínima en el mes de Junio (Damario y Cattáneo, 1982).

El balance hídrico medio mensual determina que haya un marcado déficit hídrico en los meses de Octubre a Febrero y excesos en los meses de Abril a Junio (Forte Lay, 1994¹). El paisaje es llano en general con pendientes suaves y largas, los suelos evaluados corresponden a los Ordenes Molisol y Alfisol.

¹Forte Lay, A. 1994. Comunicación personal, cálculo del balance Hídrico para Federal, CIBIOM

Se realizó una caracterización morfológica a campo, en dos posiciones de relieve media loma y bajo, tomándose muestras compuestas (de 5 submuestras cada una) de cada horizonte para hacer una evaluación de las siguientes variables químicas: Carbono oxidable (Ct), pH, cationes intercambiables, CIC, Conductividad Eléctrica, P extractable por Bray 1 (Page, 1982).

Desde el punto de vista físico se determinaron las curvas de retención hídrica en mesa de tensión desde succiones de 33 a 1500 kPa (Gardner, 1986), textura (Day, 1965) y densidad aparente por el método del cilindro. Por cálculo se determinó la cantidad de agua útil, la porosidad total y efectiva de los suelos (Black, 1965).

El análisis estadístico fue un Análisis de Varianza entre las constantes hídricas y los valores de humedad para cada horizonte y un análisis de correlación entre los valores de succión y otras variables físico-químicas, utilizando el paquete estadístico SX 4.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Observación morfológica de los suelos:

La secuencia de horizontes fue semejante para las dos posiciones evaluadas siendo variable la profundidad de los mismos y la posición en la que se encontraron las concreciones de CaCO_3 . Se pudo verificar que los dos suelos presentaron movimientos típicos de expansión en épocas anteriores ya que había evidencias de grietas pasadas rellenas con material superficial hasta 1,5 m de profundidad.

Los suelos fueron clasificados como un Argiacuol vértico serie Ñandubay y, Ocracualf vértico serie Greco (INTA, 1980; NRCS, 1998).

El suelo de la serie Greco ocupa la posición de media loma, con menor profundidad de perfil.

- E: 0-14 cm de espesor, de color gris, alta concentración de raíces, granular, fino, medio, síntomas de hidromorfismo, con abundantes moteados de ferromanganesíferos.
- B_w : 14-66 cm, negro, estructura cuneiforme media fuerte, presencia de moteados y concreciones de hierro y manganeso en menor proporción que en el HA y movimiento en masa, evidencias de grietas anteriores (rellenas, al momento del muestreo). Este horizonte puede

subdividirse en B_{w1} y B_{w2} que presenta CaCO_3 BC_k : +66 cm, alto contenido de concreciones de CaCO_3 , síntomas de hidromorfismo y grietas.

La serie Ñandubay ocupa la posición de bajo con mayor profundidad total de perfil, mayor evidencia general de hidromorfismo y menor evidencia de movimiento en masa.

A: 0-15 cm, moteados de Fe y Mn abundantes, oscuro.

AB: semejante al A de 15 a 29 cm de profundidad.

B_w : 29-75 cm, las raíces crecen bien hasta los 50 cm, allí puede dividirse este horizonte en dos B_{w1} y B_{w2} , es muy arcilloso, con slickensides, estructura cuneiforme.

BC_k : +75 cm alto contenido de CaCO_3 , más claro.

Estas observaciones fueron realizadas durante el mes de mayo de 1997, el perfil se encontraba ese año con un contenido hídrico adecuado para su descripción (no estaba saturado con agua desde superficie). El momento de muestreo correspondió a la época de recarga de agua del perfil, con la mayoría de las grietas ya cerradas, pero el contenido hídrico del suelo superficialmente en promedio fue de 17%, determinado gravimétricamente, este contenido fue menor al porcentaje de humedad a CMP en ambos suelos.

Florinsky y Arlashina (1998) consideran que en suelos vertisólicos, la profundidad del HC está determinada por mecanismos de pedoturbación y las características microtopográficas del mismo podrían condicionar la profundidad del HBC_k como también las migraciones laterales y superficiales, la acumulación de agua, etc.

Características químicas y físicas

Las características físicas y químicas de los suelos pueden verse en la Tabla 1 y Figura 1.

Los suelos son deficientes en fósforo y muestran una elevada saturación de bases y Capacidad de Intercambio Catiónico, propiedad que aumenta con la profundidad coincidiendo con el aumento en el contenido de arcillas, que en el HB, llega a ser de un 60% en el caso de la serie Ñandubay.

Cuadro N° 1. Características físicas y químicas de las series Greco y Ñandubay

Serie Greco

Horizonte	Prof. (cm)	CIC (cmole/kg)	Clase Textural	Porosidad total (%)	Agua útil (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
E	0-14	27,5	F arc.Limoso	51,8	19,3	1,28
Bw1	14-40	28,0	arcilloLimoso	47,84	23,1	1,38
Bw2k	40-66	35,7	arcilloso	48,3	15,5	1,37

Serie Ñandubay

Horizonte	Prof. (cm)	CIC (cmole/kg)	Clase Textural	Porosidad total (%)	Agua útil (%)	Densidad aparente (g/cm ³)
A	0-29	24,0	arcilloso	54,2	17,7	1,214
Bw1	29-49	30,0	arcilloso	49,43	22,0	1,34
Bw2k	49-75	30,4	arcilloso	44,53	23,3	1,47

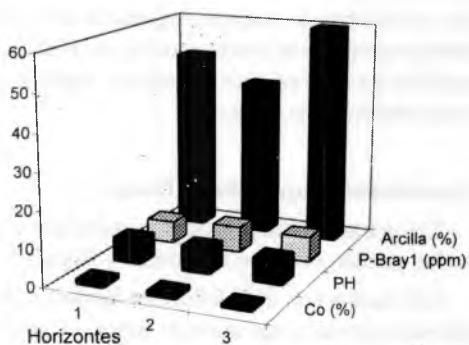
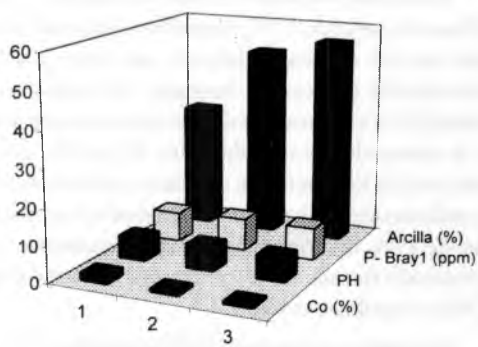


Figura 1. series Greco y Nandubay. Valor de algunas variables edáficas en las series estudiadas. Los números 1, 2 y 3 corresponden a los horizontes E ó A, B_{w1} y B_{w2} respectivamnete de cada serie.

Los valores de las curvas de retención hídrica para todos los horizontes de la serie Greco pueden observarse en la Figura 2 y para la serie Ñandubay en la Figura 3.

Estas demuestran la alta energía con la que esta retenida el agua y la poca posibilidad del uso de agua útil por los cultivos.

Los valores de densidad aparente y porosidad fluctuaron para la serie Greco entre 1,28 g/cm³ y 51,8% en el HE y 1,38 g/cm³ y 48,3 % en el HB respectivamente

Para la serie Ñandubay los mismos fueron 1,214 g/cm³ de densidad aparente y 54,2% de porosidad en el HA y 1,47 g/cm³ de da y 44,53 % de porosidad total en el horizonte B, lo que coincide con la bibliografía consultada (Wilson *et al.*, 1999). Pudiéndose verificar que el espacio aéreo en todos los casos disminuye drásticamente (Dorrnsoro, 1988).

Battikhi y Suleiman (1997) utilizando sondas de neutrones para determinar la humedad del suelo, consideraron que dicha determinación debe ser hecha teniendo en cuenta los valores de densidad aparente convencional y actual considerando además en volumen ocupado por las grietas.

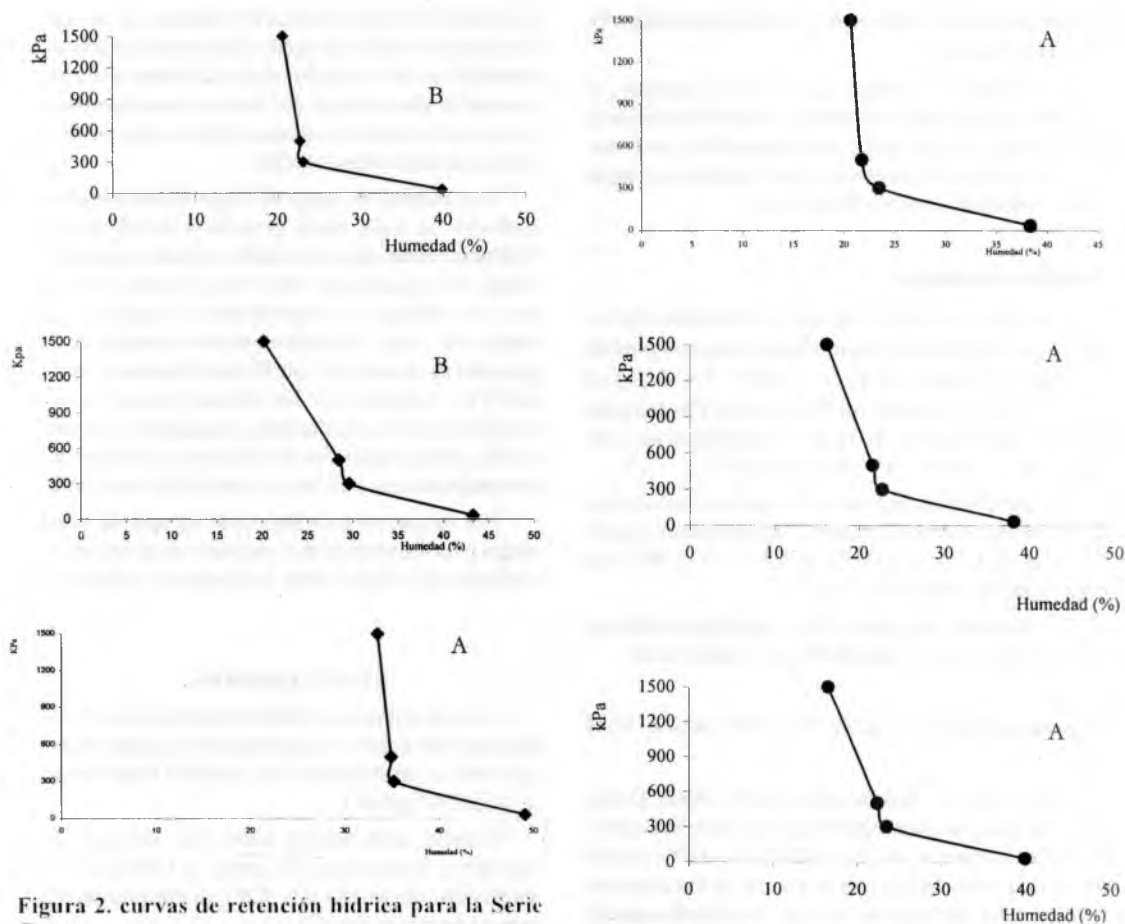


Figura 2. curvas de retención hídrica para la Serie Greco

Letras mayúsculas: indican diferencias significativas entre horizontes ($P < 0,05$).

Letras minúsculas: indican diferencias significativas entre contenidos de humedad a distintas succiones ($P < 0,05$).

La porosidad capilar ó porosidad efectiva, determinada en el horizonte superficial con una succión de 33 kPa (capacidad de campo), fue del orden de 0,63 % y 7,5% para las series Greco y Ñandubay, siendo prácticamente nula en los horizontes subsuperficiales, lo que estaría relacionado con el contenido de arcillas y la alta retención hídrica de estos suelos (Benavidez *et al.*, 1999).

Cuando el suelo esta seco (CMP) esta porosidad aumenta por efecto de los procesos de expansión,

Figura 3. Curvas de retención hídrica para la Serie Ñandubay

Letras mayúsculas: indican diferencias significativas entre horizontes ($P < 0,05$).

Letras minúsculas: indican diferencias significativas entre contenidos de humedad a distintas succiones ($P < 0,05$).

pero no tiene significado agronómico, ya que lo que interesa para los objetivos del trabajo es mantener el suelo cerca del valor de CC, con una adecuada disponibilidad de agua para los cultivos.

Informes posteriores de Irurtia y Gil (1997) demostraron la baja infiltración básica de estos suelos y una disminución de la misma luego de someter a los suelos al simulador de lluvia y conse-

cuenta pérdida de suelo por escurrimiento superficial (0,83 tn/ha).

Esto último explicaría el menor espesor, la diferencia en la profundidad de los carbonatos de la serie Greco por su posición topográfica, más expuesto a la erosión hídrica y movimientos en masa que el suelo de la serie Ñandubay.

Análisis estadístico

La serie Greco presentó una correlación elevada entre el valor de retención hídrica a capacidad de campo (CC) con la CIC ($r = 0,987$ $P < 0,05$) en cambio el Coeficiente de Marchitez Permanente (CMP) correlacionó de manera significativa y negativa ($r = -0,967$, $P < 0,05$) con el Ct.

La serie Ñandubay solo el valor de succión en CMP correlacionó de manera significativa y positiva con el Ct ($r = 0,997$), la CIC ($r = 0,99$) y el contenido de arcilla ($r = 0,922$).

La función que asocia los contenidos hídricos de I_s

$$\% \text{ Humedad } \text{Ñandubay} = 2,225 + 0,733 \% \text{ H Greco} \quad R^2 = 0,66$$

$$\% \text{ Humedad } \text{Ñandubay} = 2,225 + 0,733 \% \text{ H Greco} \quad R^2 = 0,66$$

Los ANVA demuestran que la Serie Greco presentó diferencias significativas entre los contenidos de humedad a CC y CMP ($P < 0,05$) para el horizonte superficial y diferencias en la retención hídrica entre horizontes (Figura 2), mientras que la serie Ñandubay solo presenta diferencias a nivel de contenidos hídricos entre CC y CMP en el horizonte superficial, pero no entre horizontes (Figura 3).

La serie Greco presentó mayor retención hídrica que la serie Ñandubay en general para todas las succiones, siendo mayor la pendiente para el IIB_{w2} , lo que hace que su comportamiento hidrológico sea distinto y condicione el movimiento del agua en el lugar.

La expansión-contracción que presentan estos suelos se transfiere en cambios en los valores de densidad aparente para los distintos contenidos de humedad, por lo que no existirían valores únicos de constantes hídricas o estados energéticos de agua edáfica, por lo que intentar realizar un balance hídrico y estimar valores adecuados de humedad disponible para las plantas no podría realizarse con

los modelos tradicionales de balance, sino que los modelos utilizados para determinar el contenido hídrico de un suelo vértico deberán tener en cuenta la anisotropía del suelo, corrigiéndolo por la deformación causada durante los procesos de secado-humectación

La cantidad de agua útil disponible para los cultivos fue baja, junto al natural problema de hidromorfismo de estos suelos un manejo inadecuado del agua puede llevarlo a severos problemas de drenaje y anaerobiosis. Luego de la época de riego complementario comienza el período de recarga del perfil por disminución de la ETP y aumento de las lluvias, lo que de no mediar prácticas de drenaje adecuadas y mejora de las propiedades físicas del suelo, habrá problemas para los cultivos y el resto del ecosistema.

Por lo que se concluye que su aptitud para riego es comprometida y requiere de un manejo del agua de calidad muy cuidadoso y ajustado.

CONCLUSIONES

Los valores de densidad aparente son elevados en estos suelos y en ambas series, aumentando con la profundidad del perfil (Ñandubay: 1,21 a 1,47 g/cm^3).

Existió correlación entre los valores de succión a capacidad de campo y CMP con el contenido de arcilla y la CIC, siendo negativa con el contenido de Ct.

Las pendientes de las curvas de retención son distintas para los horizontes evaluados lo que indica un comportamiento diferencial de los mismos, sin dejar de ser en ambos características limitantes para el riego complementario.

Los valores de Porosidad Efectiva para el horizonte superficial son muy bajos 1 al 7,5 %, por lo que el agua disponible para los cultivos será deficiente en las épocas críticas y habrá severos problemas de aireación.

Por lo menos en estos dos suelos, si bien el riego es la única alternativa de producción, el manejo del agua deberá hacerse con sumo cuidado, para evitar su exceso y la anaerobiosis típica a la que están sometidos los mismos cuando se saturan de agua.

La cantidad de agua útil calculada a partir de

las curvas de retención hídrica, disponible para los cultivos fue baja, y aunque se apliquen láminas muy pequeñas habrá problemas de drenaje interno y externo, escurrimiento superficial y anegamiento en las zonas más bajas, por lo que se concluye que su aptitud para riego es comprometida y requiere

de un manejo del agua de calidad muy cuidadoso y ajustado.

La descripción morfológica, junto a la evaluación de propiedades físicas y químicas de los suelos es una herramienta útil para determinar la aptitud de estos suelos para riego complementario.

BIBLIOGRAFÍA

- BLACK C. A. 1986. (Ed): Method of Soil Analysis (part 1), 2^o Ed., ASSA Inc., Madison, Wisconsin, USA. 569 pp.
- BATTIKHI, A. M. AND A. A. SULEIMAN. 1997. Uncertainties of soil moisture readings using neutron probe in Vertisols (research note). *Dirasat. Agriculture sciences*, 24: 335-345.
- BENAVIDEZ, R.; J. CERANA; E. L. DÍAZ; O. C. DUARTE; L. LENZI; C. QUINTEROL; S. RIVAROLA Y R. VALENTI. 1999. Evaluación de características hidráulicas de suelos verticos con fines de riego. Pcia. de E. Ríos. *Actas del Primer Simposio nacional sobre suelos vérticos, Oro Verde, E. Ríos: 75-76.*
- BOUMA, J. 1990. Using morphometric expression for macropores to improve soil physical analysis of field soils. *Geoderma* 46: 3-11.
- DAMARIO, E. A. Y C. L. CATTÁNEO. 1982. Estimación climática de la evapotranspiración potencial en la Argentina, según el método de Penman. *Rev. Fac. Agr., UBA*, 3: 271-292.
- DAY, Y., 1965. Particle fractionation and Particle Size Analysis, Chapter 43: 545-567p. En Black C. A. (Ed): Method of Soil Analysis (part 1), 2^o Ed., ASSA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- DORRONSORO, C. 1988. Micromorfometría de suelos. Aplicaciones. *Anal. De Edafología y Agrobiología XLVII: 503-533.*
- DE PETRE, A. 1988. Contribución al conocimiento de los vertisoles argentinos con énfasis en los de la Pcia. de Entre Ríos. Génesis, Clasificación, Cartografía y Micromorfología. Seg. Jornadas de Suelos de la Región Pampeana, la Plata, 91p.
- FAO. 1989. Manual de Riego, N° 29, Roma, 122pp.
- FAVORE, F.; P. BOVIN AND M.C.P. WOPERIES. 1997. Water movement and soil swelling in a dry, cracked vertisol. *Geoderma*, 78. 113-123.
- FLORINSKY, I.V. AND H. A. ARLASHINA. 1998. Quantitative topographic analysis of gilgai soil morphology. *Geoderma*, 82: 359-380.
- GARDNER, W. H. 1986. water content. In Klute A. (Ed). 1986. Methods of Analysis. Part I, Physical and Mineralogical Methods, Agronomy Monograph N° 9, 2nd Ed. ASSA, Madison, WI, USA: 493-544.
- HULUGALLE, N. R. AND P. ENTWISTLE. 1997. Soil properties, nutrient uptake and crop growth in a irrigated Vertisol after nine years of minimum tillage. *Soil & Tillage Research*, 42: 15-32.
- INTA. 1980. Plan Mapa de suelos de la Pcia. de Entre Ríos. PNUD/FAO/INTA.
- IRURTIA, C. Y R. GIL. 1997. Informe sobre las mediciones de infiltración en un lote con fines de riego suplementario en cultivos agrícolas. Est. Santa Ana del Carpinchori, Federal, Entre Ríos. Agosto de 1997, 7pp.
- HEREDIA, O. 1992. Efecto de las grietas sobre los principales parámetros que afectan el Balance de Agua en los Suelos. Física de Suelos, EPG-FAUBA, 22p.
- NRCS. 1998. Keys to Soil Taxonomy, USDA, 18th Ed., 325pp
- PAGE, A. L. (Ed). 1982. Methods of soil analysis 2^oed. SSSA, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA, 1159p.
- WILSON, M. G.; O. R. VALENZUELA; M. A. PILATTI Y O. FELLI. 1999. Relaciones entre el contenido hídrico y resistencia a la penetración en un suelo con características vérticas. *Actas del Primer Simposio Nacional sobre suelos vérticos, Oro Verde, E. Ríos: 47-48.*