



## GENERACIÓN DE MAPAS DE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA ÚTIL EN LA REGIÓN CHACO-PAMPEANA ARGENTINA

Gusmerotti, L.A.<sup>1,2\*</sup>, J.L. Mercou<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Clima y Agua, CIRN, CNIA, INTA; <sup>2</sup>Cátedra de Manejo y Conservación de Suelos, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, UNLP; <sup>3</sup>AER San Luis, INTA \*De Los Reseros y N. Repetto S/N (1686), Hurlingham, Buenos Aires, [gusmerotti.lucas@inta.gob.ar](mailto:gusmerotti.lucas@inta.gob.ar)

### RESUMEN

La disponibilidad de agua en el suelo condiciona sensiblemente la producción de cultivos agrícolas y forrajeros. En general, la capacidad de retención de agua útil (CRA) de los suelos varía fundamentalmente según su composición textural. El objetivo de este trabajo fue generar mapas de CRA en la Región Chaco-Pampeana a partir de la textura, en base a diferentes funciones de pedotransferencia utilizadas por diversos autores. Se realizó una simplificación de la CRA de los suelos de la región a partir de su composición textural e impedancias para el crecimiento radical. La información se obtuvo de las cartas de suelos elaboradas por el INTA. Se extrajeron las texturas de los horizontes de los suelos presentes en las unidades cartográficas hasta 1 y 2 metros de profundidad, cuya sumatoria constituyó la CRA de cada unidad. Los mayores valores de CRA se observaron en el Centro y Este de Córdoba, Sur de Santa Fe y Norte de Buenos Aires (150 y 300 mm hasta 1 y 2 metros de profundidad, respectivamente). Por su parte, los menores valores se evidenciaron en el Sur de San Luis, Centro Oeste de La Pampa, Noroeste de Córdoba y Suroeste de Buenos Aires, dado por la presencia de texturas arenosas con baja retención hídrica y/o presencia de horizontes líticos o petrocálcicos. El resto de la región presentó valores que se ubicaron entre los 120-140 mm hasta 1 metro y 240-260 mm hasta 2 metros. Los mapas obtenidos permitieron captar y visualizar la variabilidad espacial de la CRA de los suelos en la Región Chaco-Pampeana, los cuales resultan de utilidad para diversas aplicaciones agronómicas y/o ambientales.

**PALABRAS CLAVE:** agua edáfica, composición textural, cartas de suelo

### INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua es el principal factor limitante de la producción de cultivos a nivel global (Andrade, 2016). La cuantificación de la capacidad de los suelos para almacenar agua útil disponible para los cultivos es fundamental para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos (McCabe & Wood, 2006).

En la Región Chaco-Pampeana de Argentina las diferencias en la capacidad de retención de agua útil (CRA) de los suelos impactan significativamente en la producción de cultivos agrícolas y forrajeros. La CRA por cada centímetro de suelo explorado por las raíces surge de la diferencia entre dos valores discretos de potencial mátrico: capacidad de campo (-33 kPa) y punto de marchitez permanente (-1500 kPa). Si bien ambas aproximaciones pueden medirse experimentalmente a campo o estimarse en laboratorio, requieren un elevado esfuerzo para contemplar su alta variabilidad espacial. Una alternativa efectiva es su modelización a través de funciones de pedotransferencia (FPT) (Pérez Cutillas *et al.*, 2015).

Las FPT permiten estimar diferentes parámetros hidráulicos del suelo a través de atributos morfológicos de fácil obtención (e. g. composición textural, densidad aparente, contenido de carbono orgánico, estructura). Numerosos autores han utilizado diferentes FPT para estimar la



CRA de suelos con granulometrías contrastantes (e. g. Damiano & Taboada, 2000; Saxton & Rawls, 2006; Zimmermann & Basile, 2008; Soracco *et al.*, 2010), cuyos valores se relacionan principalmente con la composición textural y el contenido de materia orgánica (Andriani, 2018). Las cartas publicadas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) brindan información sobre la distribución espacial de las propiedades del suelo, entre ellas la textura, a diferentes escalas. En este trabajo se generaron mapas de CRA en la Región Chaco-Pampeana a partir de información sobre la textura brindada por las cartas de suelos, en base a diferentes FPT utilizadas por diversos autores.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Medio geográfico**

La región de estudio comprendió las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa, Santa Fe, Santiago del Estero y San Luis, las cuales se encuentran en diferentes regiones naturales (Casas & Albarracín, 2015) y concentran la mayor proporción del área sembrada con cultivos agrícolas y forrajeros de Argentina. La superficie de la región es de aproximadamente 100 millones de hectáreas y representa una de las áreas sedimentarias más planas del planeta, con una porción muy grande del territorio con pendientes menores a 0,1% (Jobbágy *et al.* 2008). El clima es templado húmedo hacia el sur y tropical húmedo hacia el norte, con temperaturas medias anuales de 14°C y 22°C respectivamente. Las precipitaciones medias anuales comprenden las isohietas de 500 mm en el suroeste y de 1100 mm en el noreste. Por su parte, los valores medios de evapotranspiración potencial anual (Thornthwaite) oscilan entre los 800 mm en el sur y los 1200 mm en el norte de la región. La variabilidad eco-ambiental de la región ha generado diferentes tipos de suelos, evolucionados a partir de materiales loésicos (Pereyra, 2012).

### **Estimación de la CRA**

Se realizó una simplificación de la variabilidad de la CRA de los diferentes tipos de suelos de la región en base a su composición textural y a impedancias a la profundización radical. Los valores para cada clase textural se obtuvieron en base a FPT basadas en estimaciones a campo de la CC y el PMP. Se utilizaron ecuaciones basadas en límites hídricos medidos a campo (Ritchie *et al.*, 1989) y, en base a la revisión de las mismas (Gijsman *et al.*, 2002), para horizontes con más del 65% de arena se promediaron los valores corregidos con ecuaciones de mayor sensibilidad para texturas gruesas (Saxton *et al.*, 1986; Saxton & Rawls, 2006). En la Tabla 1 se presentan los valores de CRA asumidos para cada granulometría, expresadas en lámina de agua útil por metro de profundidad. Se asumió una profundidad de exploración de las raíces de hasta 2 metros (Dardanelli *et al.*, 2003), la cual fue restringida en aquellos perfiles con presencia de limitantes para el crecimiento radicular. Se consideraron limitantes absolutas, como la presencia de piedra o tosca, y variables, como la presencia de horizontes con escasa porosidad de oxigenación (Tabla 2). En base a los valores de CRA para cada horizonte, los mapas de CRA fueron confeccionados hasta 1 y 2 metros de profundidad o menos según el tipo de limitación presente.

### **Información cartográfica**

Se utilizaron las cartas de suelos elaboradas por el INTA a diferentes escalas espaciales. En Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe se usaron escalas de semidetalle (1:50.000), mientras que en el resto de las provincias las escalas fueron de reconocimiento (1:100.000 en Entre Ríos, La Pampa y San Luis, y 1:500.000 en Santiago del Estero). En los Bajos Submeridionales

santafesinos se emplearon las cartas a 1:500.000, ya que dicha zona no cuenta con información disponible a escala de semidetalle. De cada una de las cartas se extrajeron los valores de composición textural de los taxones presentes en las unidades cartográficas (UC) hasta 1 y 2 metros de profundidad. Dada la variación de la textura conforme a los cambios en los horizontes del suelo, la suma de la CRA de cada uno de ellos resultó en la CRA total de cada unidad taxonómica (UT). En el caso de las UC compuestas por dos o más UT, la CRA de la unidad se determinó a partir del porcentaje de ocupación de cada uno de ellas.

El procesamiento de la información se realizó a través del software libre QGIS ®. Los cursos y cuerpos de agua y las áreas misceláneas (e. g. afloramientos rocosos, salinas, ciudades, sierras y montañas) fueron enmascaradas en base a la información provista por las cartas de suelos. El producto final se obtuvo en formato de archivo vectorial con los valores de CRA de cada unidad cartográfica correspondiente, con su posterior rasterización para lograr una mejor representación de la variación espacial de la CRA.

**Tabla 1.** CRA de las diferentes clases texturales expresadas en mm por cada metro de profundidad en base a diferentes funciones de pedotransferencia.

Clase textural	CRA (mm.m <sup>-1</sup> )
Arenosa (90% arena)	60
Areno franca (80% arena)	90
Areno franca (70% arena)	110
Franco arenosa (65% arena)	120
Franco arcillo arenosa	120
Arcillo arenosa	110
Franca	130
Franco limosa	150
Franco arcillosa	130
Franco arcillo limosa	140
Arcillo limosa	140
Arcillosa	120

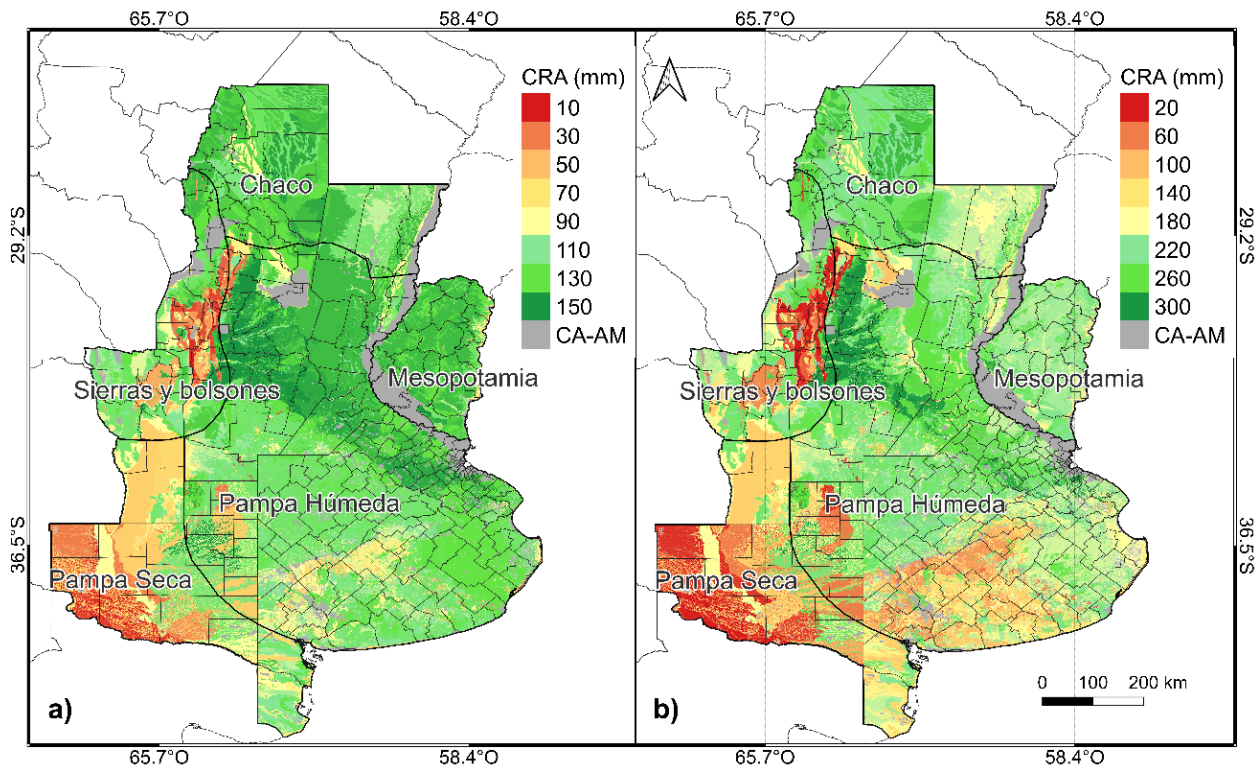
**Tabla 2.** Profundidades consideradas para la estimación de la CRA según las diferentes limitantes presentes en los suelos.

Limitantes	Profundidad considerada (cm)
Horizontes petrocálcicos y horizontes líticos	30, 60, 90, 120 o 150
Suelos con Bt (>25-27% arcilla) de al menos 30 cm de espesor ó con Bt nátrico (<25-27% arcilla).	180
Suelos con Bt nátrico (>25-27% arcilla) y Vertisoles y Argiudoles vérticos (>40% arcilla entre 60 y 120 cm)	150
Vertisoles con pendiente de 2-5%	120

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Fig. 1 representa la variación espacial de la CRA de los suelos de la Región Chaco-Pampeana hasta 1 y 2 metros de profundidad. Los mapas obtenidos pueden ser visualizados y descargados en formato vectorial desde la plataforma GeoINTA (<http://www.geointa.inta.gob.ar/>). Dentro de la Pampa Húmeda, los suelos con mayor CRA se ubicaron en el Centro y Este de

Córdoba, Sur de Santa Fe y Norte de Buenos Aires, con valores máximos de 150 mm hasta 1 metro y 300 mm hasta 2 metros. Esto se corresponde con la textura franco limosa predominante, lo cual le otorga una elevada capacidad de retención hídrica. Andriani (2006) evaluó diferentes Argiudoles típicos de Santa Fe con predominio de texturas franco limosas y encontró un rango de CRA de 291-304 mm hasta 2 metros de profundidad. Por otro lado, en la misma región los menores valores (30-60 mm) se observaron en zonas con presencia de suelos someros constituidos por horizontes petrocálcicos y/o horizontes líticos (Sur de Buenos Aires, Norte de Córdoba y Este de La Pampa). Falasca *et al.* (2007) reportaron valores de CRA inferiores a 70 mm en los sistemas de Tandilia y Ventania y en el sector serrano cordobés. El resto de la región presentó valores de CRA que oscilaron entre los 110-140 mm hasta 1 metro y 220-280 mm hasta 2 metros, constituidos principalmente por texturas francas, franco arcillosas y franco arcillo limosas. Damiano & Taboada (2000) utilizaron FPT para estimar la CRA en la Región Pampeana y obtuvieron valores similares (110-140 mm hasta 1 metro), los cuales se correspondieron con suelos bien desarrollados y sin restricciones para el crecimiento radical. Andriani (2006) halló valores de CRA de 142-155 mm (1metro) y de 242-249 mm (2 metros) en Hapludoles del Sur de Santa Fe con texturas francas y franco arenosas.



**Figura 1.** Capacidad de retención de agua (CRA) de los suelos de la Región Chaco-Pampeana hasta 1 (a) y 2 (b) metros de profundidad. La línea sólida negra delimita las regiones naturales. CA-AM: cursos y cuerpos de agua y áreas misceláneas.

La Pampa Seca presentó los menores valores de CRA de la Región Chaco-Pampeana. En el Sur de San Luis y Centro de La Pampa los valores oscilaron entre los 60-90 mm hasta 1 metro y entre los 120-150 mm hasta 2 metros. En estas zonas, las texturas predominantes fueron las arenosas y las areno francas (>80% arena). En el Centro-Oeste de la Pampa la CRA fue inferior a los 60 mm, dado por la existencia de tosca a profundidades variables (25, 50, 75 y 100 cm), las cuales restringieron la profundidad del perfil. En el sureste y centro de La Pampa se evidenció un aumento en la CRA, dado por la presencia de texturas franco arenosas y franco

arcillo arenosas sin restricciones a la profundidad. El Sur de Buenos Aires presentó valores de CRA de 110-120 mm hasta 1 metro y de 220-240 mm hasta 2 metros. En algunos sectores, la aparición de horizontes petrocálcicos generó una disminución de la CRA, sobre todo hasta 2 metros de profundidad.

En la Región de Sierras y Bolsones, el Centro-Oeste y Noroeste de Córdoba presentaron valores bajos de CRA (< 30 mm) debido a la presencia de horizontes líticos en las zonas serranas. En las Sierras del Norte de San Luis se observaron valores levemente superiores (<60 mm) hasta 1 y 2 metros de profundidad, dado por la presencia de suelos con elevados porcentajes de rocosidad (80-90%). Una porción del Oeste de la provincia de Córdoba presentó valores de 150 y 300 mm hasta 1 y 2 metros respectivamente; mientras que, en el resto de la región, la CRA fue de 100-110 mm hasta 1 metro y de 200-260 mm hasta los 2 metros. En esta zona, predominaron las texturas franco limosas, francas y franco arcillosas. En el Suroeste de Santiago del Estero, la CRA fue de 120-140 mm hasta 1 metro y de 240-260 mm hasta 2 metros de profundidad.

En la Región Chaqueña, Santiago del Estero presentó valores de CRA que oscilaron entre 120-140 mm (1 metro) y entre 220-280 mm (2 metros), asociado a texturas franco arenosas, francas y franco arcillosas. En una pequeña porción del centro de la provincia la CRA fue inferior (90 y 180 mm), a causa de la presencia de texturas areno francas con contenidos de arena de alrededor de 80%. En los Bajos Submeridionales del Norte de Santa Fe la CRA de los suelos fue de 100-110 mm hasta 1 metro de profundidad y de 160-180 mm hasta 2 metros. Las texturas predominantes fueron franco limosas y franco arcillo limosas con restricciones en la profundidad por la aparición de horizontes Bt nátricos. En la misma zona, Falasca *et al.* (2007) hallaron valores de CRA de 70-90 mm hasta 1 metro de profundidad, similares a los obtenidos en este trabajo.

Por último, en la Región Mesopotámica los valores de CRA hasta 1 metro oscilaron entre los 130-140 mm. Sólo en la porción este se observaron valores de 70-90 mm, debido a la existencia de suelos con texturas arenosas y areno francas. Por su parte, hasta 2 metros la CRA fue de 260-280 mm hacia el Oeste y de 180-200 mm hacia el Este. En la porción central la CRA se redujo a valores de 210-230 mm, debido a la presencia de horizontes con elevado contenido de arcilla (Argiudoles vérticos y Vertisoles) y, en algunos casos, con pendientes superiores al 2% que restringieron la profundidad del perfil. En este sentido, Damiano & Taboada (2000) hallaron el mismo gradiente hídrico entre las costas del Río Paraná (Molisoles) y el Río Uruguay (Entisoles e Inceptisoles) con valores de CRA hasta 1 metro de 157 y 74 mm respectivamente.

## **CONCLUSIONES**

Se estimó la CRA de los suelos a partir de su composición granulométrica hasta 1 y 2 metros de profundidad a diferentes escalas. Los mapas obtenidos permitieron visualizar su variabilidad espacial a lo largo de la Región Chaco-Pampeana. Los mayores valores de CRA se observaron en aquellas zonas con predominancia de texturas franco limosas y franco arcillo limosas, sin restricciones para el crecimiento radical en el perfil del suelo. Por el contrario, las zonas con menores CRA fueron aquellas ocupadas por suelos de texturas más gruesas (arenosas y areno francas) y/o con restricciones para la profundización radicular. Los mapas de CRA confeccionados son la base para la realización de balances hídricos que permitan evaluar la capacidad de los suelos para amortiguar el déficit entre la demanda de los cultivos y las precipitaciones. Esto resulta de utilidad para mejorar la estimación del efecto de las sequías climáticas aparentes sobre los rendimientos de los cultivos agrícolas o los recursos forrajeros.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Andrade, FH. 2016. Los desafíos de la agricultura. 1ra. Edición. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

- Andriani, JM. 2006. Contenido de agua útil de los principales suelos Argiudoles y Hapludoles del sur de Santa Fe. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, I reunión de suelos de la región andina. Salta y Jujuy, Argentina.
- Andriani, JM. 2018. Constantes hídricas y retención de agua en el suelo. En: Quiroga, RA; R Fernández & C Álvarez (Eds.). Análisis y evaluación de propiedades físico hídricas de los suelos. Pp 51-62. Ediciones INTA. Anguil, La Pampa, Argentina.
- Casas, R & G Albarracín. 2015. El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina. FECIC. Tomo I y II. Buenos Aires, Argentina.
- Damiano, F & MA Taboada. 2000. Predicción del agua disponible usando funciones de pedotransferencia en suelos agrícolas de la región pampeana. Revista Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 18 (2), 77-88.
- Dardanelli, J, D Collino; ME Otegui & V Sadras. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: Satorre, EH, R Benech, G Slafer, E De la Fuente, D Miralles, ME Otegui & R Savin (Eds.). Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Pp 375-440. Editorial de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- Falasca, SL, A Ulberich & MC Lamas. 2007. Constantes hidrológicas edáficas en la región subhúmeda-húmeda y húmeda oriental de la República Argentina. Instituto Panamericano de Geografía e Historia - Revista geográfica 142: 89-109.
- Gijsman, AJ; SS Jagtap & JW Jones. 2002. Wading through a swamp of complete confusion: how to choose a method for estimating soil water retention parameters for crop models. European Journal of Agronomy 18: 75-105.
- Jobbágy, E, MD Nosetto, CS Santoni & G Baldi. 2008. El desafío ecohidrológico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. Ecología Austral 18 (3): 305-322.
- McCabe, MF & EF Wood. 2006. Scale influences on the remote estimation of evapotranspiration using multiple satellite sensors. Remote Sensing of Environment 105: 271-285.
- Pereyra, FX. 2012. Suelos de la Argentina. Ed. SEGEMAR-AACS-GEA, Anales N° 50. Buenos Aires, Argentina. Ilustraciones y cuadros.
- Pérez Cutillas, P, GG Barberá & C Conesa García. 2015. Estimación de la humedad del suelo a niveles de capacidad de campo y punto de marchitez mediante modelos predictivos a escala regional. Boletín de la Asoc. de Geógrafos Españoles, 45: 325-345.
- Ritchie, JT & DC Godwin. 1989. Obtaining soil input for the CERES model. En: Virmani, SM; HLS Tandon & G Alagarswamy (Eds.). Modeling the Growth and Development of Sorghum and Pearl Millet, Research Bulletin 12: 16-18. ICRISAT, Andhra Pradesh, India.
- Saxton, KE, WJ Rawls, JS Romberger & RI Papendick. 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. Soil Science Soc. of America Journal 50: 1031-1036.
- Saxton, KE & WJ Rawls. 2006. Soil Water Characteristic Estimates by Texture and organic Matter for hydrologic Solutions. Soil Science Society of America Journal 70: 1569-1578.
- Soracco, CG, LA Lozano, RR Filgueira, L Fournier & G Sarli. 2010. Funciones de transferencia edafológica adaptadas a suelos de La Plata, Argentina. Revista FCA UNCuyo 42 (2): 111-115.
- Zimmermann, ED & PA Basile. 2008. Uso de funciones de pedotransferencia para la estimación de parámetros hidráulicos en suelos limosos (Llanura Argentina). Boletín Geológico y Minero, 119 (1): 71-80.