



Caracterización edafológica de la Reserva Natural de la Defensa La Calera, Córdoba (Argentina)

Edaphic characterization of the Reserva Natural de la Defensa La Calera, Córdoba (Argentina)

MARCOS S. KARLIN^{1,2}, F. ONTIBERO², S. A. ARNULPHI^{1,2}
Y J. BERNASCONI SALAZAR¹

¹ Asociación Civil El Cuenco – Equipo Ambiental. Tucumán 438, Pilar Córdoba. CP X5972.

² Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias Agropecuarias. Félix Marrone 746, Ciudad Universitaria, Córdoba. CC 509. CP 5000.
<mkarlin@agro.unc.edu.ar>

RESUMEN

La Reserva Natural de la Defensa La Calera (RNDLC) actúa como área de amortiguación de las ciudades circundantes frente a eventos de precipitaciones intensos. Ante potenciales eventos de inundación es fundamental definir un plan rector para la Reserva con el propósito de establecer pautas de manejo. El objetivo de este trabajo es caracterizar el recurso suelo, sintetizado en un mapa. Sobre la base de los mapas topográficos y de vegetación de la RNDLC se definieron unidades fisiográficas que permitieron identificar posteriormente unidades taxonómicas. Se realizaron calicatas a partir de las cuales se describieron los perfiles de suelo modales; se tomaron muestras que se remitieron a laboratorio. Los resultados de los análisis de suelo permitieron definir subgrupos de suelo según el Soil Taxonomy. Se diferenciaron tres ambientes geomorfológicos: Sierra Chica, Depresión Periférica y Pampa Loéssica Alta. En el primer ambiente se identificaron Ustifluvents típicos y Ustorthents líticos. En la Depresión Periférica se encontraron Haplustoles fluvénticos y Haplustoles típicos. En la Pampa Loéssica Alta se encontraron Haplustoles típicos y Haplustoles énticos. El mapeo de suelos permitirá establecer una línea de base a partir de la cual se pueda monitorear los cambios ambientales.

SUMMARY

The Reserva Natural de la Defensa La Calera (RNDLC) acts as a buffer area for the surrounding cities to intense rainfall events. In relation to potential flood events, it is essential to define a rector plan for the Reserve with the purpose of establishing management guidelines. The objective of this work is to characterize the soil resource, synthesized in a map. Based on topographic and vegetation maps of the RNDLC, physiographic units were defined, which eventually enabled the identification of taxonomic units. Test pits were made from which modal soil profiles were described; soil samples were taken and sent to the laboratory. The results of the soil analysis enabled us to define soil subgroups according to the Soil Taxonomy. Three geomorphological environments

were differentiated: Sierra Chica, Peripheral Depression and High Loessic Pampa. In the first environment, Typical Ustifluvents and Lithic Ustorthents were identified. Fluventic and Typic Haplustolls were found in the Peripheral Depression. In the High Loessic Pampa Typical and Entic Haplustolls were founded. Soil mapping will allow the definition of a baseline from which environmental changes can be monitored.

Palabras clave: ambientes geomorfológicos, área protegida, cuenca hidrográfica, suelo, unidades taxonómicas

Key words: geomorphologic environments, protected area, hydrographic basin, soil, taxonomic units

INTRODUCCIÓN

Las Sierras de Córdoba se ubican en el Distrito Chaqueño Serrano (Cabrera, 1976), en el centro de Argentina. En su piedemonte oriental se encuentra el ecotono con la Provincia Fitogeográfica del Espinal, Distrito Cordubense (Lewis et al., 1973).

Ocupando una pequeña porción de ambas regiones se encuentra la Reserva Natural de la Defensa La Calera (RNDLC), creada en el año 2009 y que representa a ambos ecosistemas altamente complejos, los que en la actualidad sufren graves procesos de degradación por efecto de los incendios forestales, invasión de especies exóticas, avance de la frontera agropecuaria, intervención minera y expansión urbanística (Bernasconi et al., 2015).

Estos procesos afectan directamente las características edáficas e hidrológicas, modificando los ciclos hidrogeoquímicos de las cuencas ubicadas dentro de la Reserva y aquellas otras cuencas que se ubican fuera pero sobre las que tiene influencia directa. Toda esta área actúa como área de amortiguación de las ciudades de Córdoba, La Calera y Yocsina-Malagueño frente a eventos de precipitaciones que provocan procesos de escorrentía, desaguando aguas abajo

con caudales variables. Los caudales de escorrentía dependen de las intensidades de las lluvias, topografía, tipo de suelo y cobertura de vegetación.

Frente a estas amenazas, es fundamental definir un plan rector de manejo de la Reserva con el propósito de establecer pautas para el mantenimiento, mejora y conservación de los servicios ecosistémicos que esta brinda a la sociedad. La capacidad de gestión o manejo incluye varias dimensiones: la gobernabilidad, el apoyo social, los instrumentos de planificación y los recursos (Crespo Guerrero & Peyroti, 2016).

Para construir los instrumentos de planificación es necesario contar con una línea de base que identifique, caracterice y cuantifique los recursos. Entre estos, resulta fundamental conocer en detalle el recurso suelo ya que condiciona otros recursos tales como el hídrico y la vegetación.

En la Reserva, la zona serrana se caracteriza por presentar pendientes elevadas, frecuentemente superiores al 5%, con suelos más bien esqueléticos, arenosos, agrietados, que permiten que las precipitaciones se insuman y recarguen los acuíferos. La zona de llanura presenta suelos franco limosos, formados a partir de materiales limo-loésicos, muy susceptibles a la erosión y que han sufrido

en algún momento de su historia reciente los efectos de la agricultura. En la actualidad estos suelos se han empastado, reduciendo su susceptibilidad al impacto de la lluvia, aumentando la rugosidad superficial y la retención de agua por parte de la vegetación y disminuyendo la radiación incidente sobre el suelo, reduciendo la evaporación.

En el presente trabajo se describen las características más sobresalientes de la geomorfología y edafología de la Reserva Natural de la Defensa La Calera, la cual abarca cerca de 14.000 ha, de las cuales 9.200 ha aproximadamente corresponden a áreas serranas, mientras que las 4.800 ha restantes corresponden a planicies del Espinal y su ecotono con el Chaco Serrano, que han sido destinadas a agricultura en los años previos a octubre de 2014.

El objetivo de este trabajo es caracterizar el recurso suelo, sintetizado en un mapa de suelo que servirá como base para la definición de un futuro plan rector de la RNDLC.

MATERIAL Y MÉTODO

La RNDLC colinda hacia el oeste con la ciudad de Córdoba, hacia el este con el lago San Roque y la localidad de Villa San Nicolás, hacia el norte con la localidad de Yoccina y hacia el sur con las localidades de La Calera y el Diquecito. Sus límites pueden ser definidos mediante una traza vial definida por la RN 20 ubicada hacia el sur, por la RP 73 ubicada al oeste, por la RP e-55 ubicada al norte y por la Avenida de Circunvalación ubicada hacia el este. Ocupa una superficie de 13.628 ha.

La precipitación media anual del área de estudio es de 800 mm anuales, con distribución marcadamente esti-

val (640 mm). La temperatura media anual es de 16 °C, con una máxima media anual de 24 °C y una mínima media anual de 10,1 °C. Las máximas absolutas alcanzan los 44 °C y las mínimas absolutas de -10 °C (Dalmaso et al., 1997).

Como base geológica y geomorfológica, se consultaron los trabajos de Capitanelli (1979) y Carignano et al. (2014) quienes efectuaron una caracterización general de la geomorfología de la provincia de Córdoba, y Martino et al. (2012), quienes describieron desde el punto de vista estructural la Sierra Chica perteneciente a las Sierras Pampeanas. Sus observaciones fueron contrastadas con los mapas topográficos disponibles y las observaciones de campo efectuados en este trabajo para la determinación posterior de las unidades taxonómicas de suelo.

En base a los mapas topográficos y al mapa de vegetación de la RNDLC elaborado por Karlin et al. (2014) se definieron las unidades fisiográficas que permitieron contar con una base cartográfica para la delimitación en el terreno de potenciales unidades taxonómicas. Los mapas topográficos definieron a priori dos grandes unidades geomorfológicas.

Dentro del sector serrano se diferenciaron, desde el punto de vista topográfico, los suelos zonales de valles y quebradas y los suelos azonales poco desarrollados de laderas. En el sector de llanura pudieron diferenciarse los suelos de lomas, bajos y abanicos aluviales.

La identificación de unidades de vegetación (Karlin et al., 2014) se llevó a cabo mediante una imagen satelital RapidEye de alta resolución espacial (5 m por pixel) de noviembre del 2010, correspondiente al área de estudio, y fue sometida a un proceso de clasificación no supervisada sobre la base de sus 5 bandas espectra-

les, mediante el uso del módulo de clasificación de imágenes del software ArcGISTM 10 (ESRI®) con el algoritmo ISO Cluster en base a 10 clases. Estas clases fueron posteriormente reducidas a siete clases de cobertura de suelo, de las cuales cuatro pertenecen a vegetación (Bosque Denso, Bosque Abierto, Arbustal Bosque Bajo, Pastizal-Arbustal Abierto), una a Agricultura-Suelo de Baja Cobertura, y las otras dos a Agua y Suelo Desnudo, respectivamente.

Para el sector serrano, se agruparon Bosque Abierto, Arbustal Bosque Bajo y Pastizal-Arbustal Abierto en una sola clase, diferenciándose de la clase Bosque Denso y Suelo de Baja Cobertura.

En el sector de llanura se agruparon las clases Agricultura con Pastizal, diferenciándose de Suelo Desnudo. Esta clase unificada fue posteriormente dividida en unidades mediante fotointerpretación de imágenes de Google Earth (©Digital Globe) de diferentes fechas (junio de 2008 y mayo de 2015) en las cuales se pudieron identificar diferencias de suelo a través de la textura de las imágenes, apoyados con mapa topográfico y ajustando los límites por medio de la identificación de curvas de nivel.

En sectores representativos de la Reserva se realizaron 7 calicatas, a partir de las cuales se describieron los perfiles de suelo modales, y se corroboraron otras zonas mediante 12 chequeos. En todos los casos se definieron horizontes, sus límites y se corroboró presencia o ausencia de carbonatos en campo mediante ácido acético al 5%.

De cada uno de los horizontes identificados en las calicatas se tomaron muestras. Para el horizonte superior se decidió tomar muestras compuestas (x15 submuestras) con barreno de torsión en

un área aledaña de no más de 30 m de radio, a fin de compensar la variabilidad espacial; para el horizonte subsuperficial inmediato se tomaron 3 submuestras; para el resto de los horizontes se colectaron muestras simples directamente de la calicata.

Las muestras se remitieron al Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNC donde se determinó carbono orgánico (C_{org} , %) por el método de Walkley y Black, nitrógeno total (N_t , %) por digestión Kjeldahl, fósforo (P, ppm) por el método de Bray y Kurtz, pH actual por potenciometría, conductividad eléctrica del extracto de saturación ($dS\ m^{-1}$) (Sparks, 1995), carbonatos ($CO_3^{=}$, %) por el método rápido de titulación de Piper (IUSS-WRB, 2007), cationes intercambiables ($meq\ 100\ g^{-1}$) por el método de extracción con acetato de amonio (Thomas, 1982) y granulometría (% de las fracciones arena, limo y arcilla) por el método de la pipeta (Day, 1965).

Los resultados de los análisis de suelo permitieron definir subgrupos de suelo según la clasificación del Soil Survey Staff (2014) y algunas fases distintivas, mediante los cuales se definieron las unidades taxonómicas de suelo.

Al final de este proceso se construyó un mapa de suelos a escala de subgrupo, identificando fases características de algunos sectores en particular. En función de la resolución espacial de la imagen utilizada (5 x 5 m), el mapa resultó de una escala cartográfica de 1:5000 (McBratney et al., 2003).

RESULTADOS

Geomorfología y geología

Montañas y llanuras son los dominios geomorfológicos predominantes en la

provincia de Córdoba. Las primeras, conocidas como Sierras de Córdoba, se elevaron durante el cenozoico, siendo modeladas por procesos morfoclimáticos y morfotectónicos. Se caracterizan por presentar cumbres dentadas, cierta homogeneidad estructural y una orientación general N-S. Presentan drenajes hacia el E y O y se encuentran afectadas en sus flancos por fallas y separadas por valles. Por otro lado, las llanuras se encuentran caracterizadas por la escasa energía de los procesos modeladores y por sus pendientes de bajo gradiente; predominan en ellas los modelados climáticos (Capitanelli, 1979).

Se diferencian en la región bajo estudio tres ambientes geomorfológicos, que definen aspectos geomórficos, estructurales y de vegetación (**Figura 1**):

Sierra Chica: Cordón con rumbo N-S, ubicado en el borde oriental de las Sierras de Córdoba. Comienza al N en el valle tectónico que va desde la localidad de Deán Funes a Sarmiento, finalizando al S con las sierras de Las Peñas, perdiéndose bajo los sedimentos pampeanos. Hacia el O limita con los valles de Punilla y Calamuchita y al E con la Llanura. La Sierra Chica tiene una longitud de unos 250 km y una anchura variable entre 12 y 20 km. Litológicamente es una región muy heterogénea dominada por rocas del basamento plutónico-metamórfico de edad precámbrica a eopaleozóica, parcialmente cubierto por un complejo volcano-sedimentario cretácico con depósitos mayormente aluviales del Paleógeno-Neógeno y acumulaciones de sedimentos fluvio-eólicos pleistocenos (Carignano et al., 2014).

En la ladera oriental, con relieve más tendido que la occidental, los suelos están mejor expuestos a la meteorización,

lo que favorece la alteración y edafización de la roca madre, observándose mayor contacto paralítico (Gorgas y Tassile, 2006).

De pendiente general al E, la Sierra es atravesada por los ríos Suquía, Xanaes y

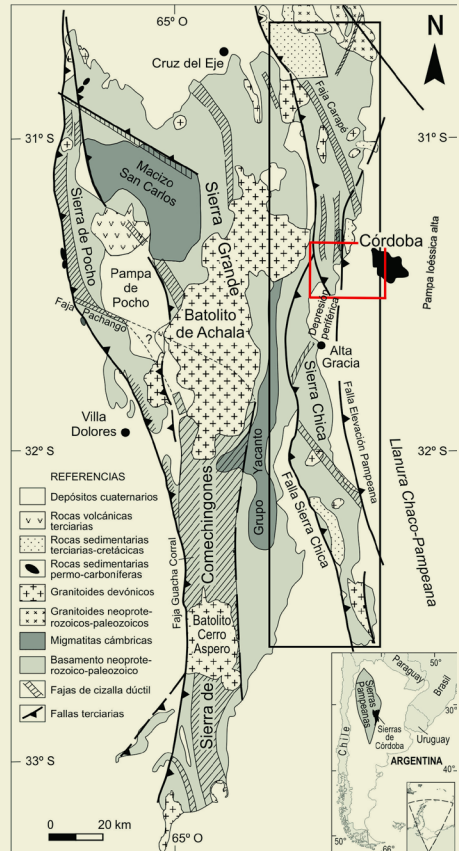


Figura 1. Esquema geológico de las Sierras de Córdoba, adaptado y modificado de Martino et al. (2012). En rojo, el área de estudio. Reproducido con el permiso de los autores *Figure 1. Geologic scheme of the Sierras of Córdoba, adapted and modified from Martino et al. (2012). In red, the study area. Reproduced with the permission of the authors*

Ctalamochita, y por arroyos de menor caudal que en condiciones normales se insumen en el piedemonte oriental o las llanuras (Capitanelli, 1979; Gorgas y Tassile, 2006).

Depresión Periférica: Ambiente deprimido ubicado al E de la Sierra Chica en forma paralela a este cordón. Constituido por conos, abanicos aluviales y terrazas de ríos y arroyos parcialmente cubierto por depósitos eólicos franco-limosos, atravesado por diversos ríos.

Los materiales originarios definen texturas variables en sus suelos; desde esqueléticas gruesas en las partes apicales de los abanicos y cerrillos hasta franco limosas y aun arcillo limosas en el loess y derrames finos distales respectivamente.

Cursos de agua que son permanentes en las sierras no lo son en la llanura, pero luego de lluvias intensas se reactivan sobre su cauce o irrumpen por caminos y campos agrícolas, generando procesos erosivos puntuales de magnitud variable según las características del relieve local, más intensos en los bordes de la depresión.

Se observan evidencias de movimientos neotectónicos en la falla La Calera-Mal Paso, de rumbo N-S y con frente hacia occidente, que se manifiesta en el campo como una franja ondulada, que es consecuencia de la fuerte erosión hídrica que ha dejado expuestos en los suelos carbonatos alcalinotérreos (Sanabria y Argüello, 2003).

Según Gorgas y Tassile (2006), la capa freática se encuentra a profundidades superiores a la zona de influencia edafogenética de manera tal que no afecta a los perfiles de los suelos.

Pampa Loéssica Alta: Delimitada entre la Pampa Loéssica Plana al E y la Depresión Periférica y la Elevación Pampeana

por el O. Se trata de un plano alto, denominado plataforma basculada, con pendiente regional al E, parcialmente cubierto por depósitos aluviales y eólicos (Capitanelli, 1979). A nivel superficial predomina mayoritariamente el loess franco limoso muy homogéneo.

Por acción del agua, esta unidad geomorfológica sufre procesos erosivos intensos y generalizados en toda la unidad, sobre todo en el O donde ocurren en forma laminar, de surcos y cárcavas profundas.

La capa freática está muy profunda sobre el borde occidental, encontrándose más próxima a la superficie en el E, no afectando el perfil de suelo (Gorgas y Tassile, 2006).

La Reserva Natural de la Defensa La Calera está representada por porciones de la Sierra Chica y la Pampa Loéssica Alta, entre los 1050 m s.n.m. como límite altitudinal superior y los 450 m s.n.m. como límite altitudinal inferior, actuando como área de transición con la llanura (**Figura 2**).

En el sector norte del área de estudio se encuentra la quebrada del río Suquía que ha generado un profundo valle donde el río se ha encajado en las rocas del basamento. El valle del Suquía en el tramo serrano (entre el dique San Roque y Villa Warcalde, **Figura 2**) se caracteriza por presentar en su interior una serie de meandros encajados en rocas del basamento y sedimentos cretácicos. En el segmento de la Pampa Loéssica Alta, su valle está excavado en sedimentos pliocenos y pleistocenos y presenta una anchura media de 1 a 2 km (Carignano et al., 2014).

El piedemonte oriental evolucionó como un complejo sistema que combina depósitos de abanicos aluviales y depósi-

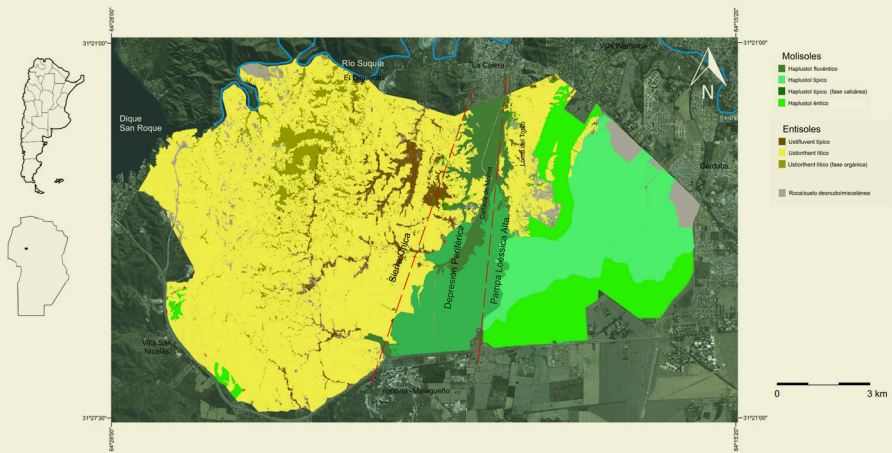


Figura 2. Mapa de unidades taxonómicas de suelo de la RNDLC
Figure 2. Map of soil taxonomic units from the RNDLC

tos eólicos modificados por procesos de arrastre y deposición de sedimentos. Estos sedimentos se superponen en función de la distancia al frente serrano y a las condiciones climáticas predominantes durante su formación.

El piedemonte oriental de las Sierras Chicas está interrumpido por una dorsal de posible origen tectónico que actúa de divisoria de aguas entre la Depresión Periférica y la Pampa Loésica alta. Esta dorsal conocida en La Calera como Loma del Torito (**Figura 2**) es visible como una pequeña cadena de colinas que se extiende hacia el sur desde la localidad de La Calera (Costa et al., 2014). La dorsal está controlada por la falla Elevación Pampeana que es la continuación al sur de la falla La Calera-Salsipuedes. Esta falla desplaza un bloque de basamento y su cubierta sedimentaria presenta su máximo desplazamiento en la zona entre La Calera y Yocsina-Malagueño, donde afloran el basamento y los

sedimentos cretácicos. Esta pequeña cadena está compuesta esencialmente por gneises biotíticos, anfibolitas y mármoles cálcicos (Martino et al., 2012). Presenta la morfología de una planicie ondulada con pendientes medias próximas al 5%. El loess del Pleistoceno tardío que cubre la región enmascara los rasgos morfológicos asociados a la neotectónica, sin ocultarlos totalmente debido a la presencia del basamento cristalino y sedimentos cretácicos próximos a la superficie (Carignano et al, 2014).

Suelo

Sobre la base de las evidencias geomorfológicas y fisiográficas, se delimitaron sectores que posteriormente resultarían en unidades taxonómicas. Las unidades taxonómicas se muestran en la **Figura 2**.

Inicialmente se distinguieron los tres ambientes geomorfológicos; Sierra Chica hacia el O, Depresión Periférica en el centro y Pampa Loésica Alta hacia el E.

Los dos primeros se dividen virtualmente por una franja que abarca las isolíneas de 575 y 600 m s.n.m. Entre los últimos dos ambientes (ambos pertenecientes a la Llanura Chaco-Pampeana) se interpone la Elevación Pampeana que divide a ambos como divisoria de aguas. En esta elevación se encuentra la Loma del Torito que presenta sectores con suelos muy poco desarrollados.

La identificación de ambientes geomorfológicos permitió una primera sectorización de la Reserva, separando Entisoles, ubicados en áreas serranas, de los Molisoles, ubicados en áreas periserranas y de llanura. Para divisiones sucesivas en grandes grupos o subgrupos se identificaron diferencias topográficas.

Estas diferencias topográficas fueron marcadas en las áreas serranas y pudieron hacerse más evidentes mediante la identificación de diferentes comunidades vegetales, según la clasificación de Karlin et al. (2014).

En las zonas de llanura, carentes de vegetación original, se identificaron límites tentativos basados en la microtopografía del terreno y en algunos casos complementado mediante la identificación de diferencias de vegetación herbácea, especialmente entre los Haplustoles fluvénticos y los Haplustoles énticos/típicos.

El régimen de humedad de los suelos identificados para todos los casos resultó ser ústico.

Suelos de la Sierra Chica y Elevación Pampeana

En estos sectores se tipificaron los suelos de las quebradas y los suelos de laderas y lomas, sobre la base de las diferencias topográficas.

Los primeros, los suelos de quebradas, poseen un origen edafogénico fluvial,

observándose evidencias de erosión y acumulación de materiales, generando discontinuidades litológicas. De esta forma se definen los Fluvents, por no observarse contacto lítico dentro de los 25 cm superiores del perfil y por presentar decrecimiento irregular en los contenidos de C_{org} , los cuales, por estar ubicados en una región semiárida, se han definido como Ustifluvents. Para este gran grupo se ha encontrado en el área de estudio el subgrupo típico (Soil Survey Staff, 2014) (**Tabla 1**). Se caracteriza en estos suelos la presencia de especies vegetales riparias tales como *Cynodon dactylon*, *Cyperus* spp. o *Dichondra* spp. Estas unidades taxonómicas representan el 2% del total del área.

Los suelos de laderas y lomas no acumulan materiales por depositación y se los ha clasificado como Ustorthents líticos debido a su contacto lítico dentro de los 50 cm de profundidad y debido a su régimen climático ústico (Soil Survey Staff, 2014). Asimismo, para este subgrupo se pudo diferenciar una fase orgánica (**Tabla 2**) a base de la presencia de comunidades de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs que producen un horizonte A enriquecido con materia orgánica, siendo su *value* en húmedo (luminosidad del horizonte) más bajo (10 YR 2/2) y su contenido de materia orgánica más alto (11,47%) que el de los suelos típicos (10 YR 3/2 y 4,56% respectivamente), donde predominan pastizales saxícolas, bosquecillos de *Acacia* spp. o de *Schinopsis marginata* (**Tabla 3**) y que dominan el área serrana. Representan un 3 y 57% respectivamente.

Suelos de la Depresión Periférica

En este sector de la Reserva se han encontrado dos subgrupos de suelo sobre

Tabla 1: Perfil modal de Ustifluent típico (31°24'19,8"S-64°23'59,0"W). 2%
Table 1: Modal profile of Typic Ustifluent (31°24'19,8"S-64°23'59,0"W). 2%

Horizonte	A _k	AC	C	II	III _k	IV _k
Profundidad	0-12	12-23	23-40	40-50	50-74	+74
Materia Orgánica (%)	5,60	1,79	1,14	1,07	0,98	1,82
Carbono Orgánico (%)	3,25	1,04	0,66	0,62	0,57	1,06
Nitrógeno Total (%)	0,231	0,105	0,071	0,069	0,065	0,107
Relación C:N	14,1	9,9	9,3	9,0	8,7	9,9
CO ₃ Ca (%)	2,5	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
Fósforo (ppm)	8,2	7,4	14,2	11,0	7,2	28,5
pH actual	7,1	7,0	6,5	6,9	7,9	7,8
Cationes Intercambiables (meq 100 g ⁻¹)						
Ca ²⁺	-	8,0	4,0	7,0	-	-
Mg ²⁺	2,00	2,00	0,50	0,50	1,00	2,50
Na ⁺	0,15	0,04	0,02	0,04	0,02	0,02
K ⁺	1,16	0,46	0,20	0,35	0,36	0,43
Extracto de saturación: Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	0,9	0,5	0,3	0,2	0,4	0,6
Arena (%)	47,7	66,2	76,6	63,0	67,2	54,7
Limo (%)	42,5	27,5	20,1	32,5	28,9	39,8
Arcilla (%)	9,8	6,3	3,3	4,5	3,9	5,5
Clase textural	Fr	Fr-Ar	Ar-Fr	Fr-Ar	Fr-Ar	Fr-Ar a Fr

la base de las características topográficas y geomorfológicas.

Pueden encontrarse Haplustoles fluvénticos (**Tabla 4**) característicos de áreas de escurrimiento, donde se pudieron identificar, al igual que para los Ustifluents, especies herbáceas riparias tales como *Cynodon dactylon*, *Cyperus* spp. o *Dichondra* spp. Estos suelos corresponden al afluyente conocido como Cañada de Molina que desemboca en la localidad de La Calera y que circula entre el sector serrano y la Loma del Torito, este último

correspondiente a la Elevación Pampeana. Se caracterizan por una disminución irregular en el contenido de carbono orgánico y en el cambio de las fracciones minerales entre las discontinuidades litológicas, con aumentos importantes en profundidad de la fracción arenosa. Representan el 4% del área relevada.

En el sector centro sur de este dominio se encuentran suelos de llanura, identificados como Haplustoles típicos (**Tabla 5**), explotados para agricultura años anteriores, pero que en la actuali-

Tabla 2. Perfil modal de Ustiorthent lítico, fase orgánica (31°25'04,8"S-64°24'33,0"W). 3%
Table 2. Modal profile of Lithic Ustiorthent, organic phase (31°25'04,8"S-64°24'33,0"W). 3%

Horizonte	A _k	A/R _k
Profundidad	0-10	10-20
Materia Orgánica (%)	11,47	5,86
Carbono Orgánico (%)	6,65	3,40
Nitrógeno Total (%)	0,477	0,242
Relación C:N	14,0	14,1
CO ₃ Ca (%)	4,5	3,0
Fósforo (ppm)	4,4	2,7
pH actual	7,1	7,5
Cationes Intercambiables (meq 100 g ⁻¹)		
Ca ²⁺	-	-
Mg ²⁺	4,00	3,00
Na ⁺	0,11	0,09
K ⁺	0,74	0,49
Extracto de saturación: Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	1,3	0,6
Arena (%)	54,5	47,7
Limo (%)	37,5	41,1
Arcilla (%)	8,0	11,2
Clase textural	Fr-Ar	Fr

dad no se encuentran afectados por dicha actividad. Como inclusiones en esta matriz se ha podido identificar una fase calcárea (**Tabla 6**) por los elevados contenidos de carbonatos alcalinotérreos en superficie (5,5%), lo que posiblemente coincida con las observaciones de suelos con afloramientos de carbonato hechas por Sanabria y Argüello (2003), mencionadas previamente. Se han encontrado en áreas planas con cierta influencia de abanicos aluviales aledaños, por lo que se sospecha que son afectados por eventos extraordinarios de precipitación como

consecuencia de derrames fluviales. Esta fase se diferencia de la fase típica, con concentraciones menores de carbonatos en el horizonte superficial (1,5%), y se extiende por el resto de la llanura hacia el E. Representan el 8% de la superficie total.

Suelos de la Pampa Loésica Alta

En este ambiente se han encontrado Halustoles con mayor o menor desarrollo de perfil dependiendo de la influencia topográfica. Se aprecia en la **Figura 2** que esta llanura bascula hacia el oriente

Tabla 3. Perfil modal de Ustiorthent lítico (31°24'44,9"S-64°24'05,3"W). 57%
Table 3. Modal profile of Lithic Ustiorthent (31°24'44,9"S-64°24'05,3"W). 57%

Horizonte	A
Profundidad	0-8
Materia Orgánica (%)	4,56
Carbono Orgánico (%)	2,65
Nitrógeno Total (%)	0,200
Relación C:N	13,3
CO ₃ Ca (%)	1,0
Fósforo (ppm)	3,2
pH actual	6,1
Cationes Intercambiables (meq 100 g ⁻¹)	
Ca ²⁺	11,5
Mg ²⁺	2,50
Na ⁺	0,17
K ⁺	0,96
Extracto de saturación: Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	0,6
Arena (%)	50,3
Limo (%)	39,9
Arcilla (%)	9,8
Clase textural	Fr a Fr-Ar

como consecuencia de la influencia de la Elevación Pampeana (representada por la Loma del Torito al centro-norte). Además, se ha observado una elevación muy sutil al sur de la mencionada llanura, ubicada paralelamente a la autopista Córdoba-Carlos Paz, la cual provoca que en el centro de la planicie se desarrolle un área de escurrimiento que termina desembocando en el área del Tropezón, hacia el ENE, coincidiendo con la ubicación del Barrio Militar.

Como consecuencia de estas características topográficas se han identificado

dos subgrupos de suelo, correspondientes a Haplustoles típicos (**Tabla 5**) y a Haplustoles énticos (**Tabla 7**). Los primeros dominan la planicie, y representan el 13% del área de estudio, coincidiendo con las áreas de escurrimiento que desembocan en el Tropezón (ENE de la cuenca). Los segundos se ubican en áreas más elevadas y pueden encontrarse en dos sectores separados; el primer sector al pie de la Loma del Torito hacia el norte de la Reserva, coincidiendo con las áreas que han sido afectadas por agricultura en los años previos a 2014, como

Tabla 4. Perfil modal de Haplustol fluventico (31°24'09,2"S-64°20'31,9"W). 4%
Table 4. Modal profile of Fluventic Haplustoll (31°24'09,2"S-64°20'31,9"W). 4%

Horizonte	A _k	B _w	II
Profundidad	0-19	19-41	+41
Materia Orgánica (%)	4,19	2,11	0,27
Carbono Orgánico (%)	2,43	1,22	0,16
Nitrógeno Total (%)	0,187	0,120	0,019
Relación C:N	13,0	10,2	8,3
CO ₃ Ca (%)	2,5	2,0	2,5
Fósforo (ppm)	63,2	67,6	19,7
pH actual	7,5	8,0	8,2
Cationes Intercambiables (meq 100 g ⁻¹)			
Ca ²⁺	-	15,5	14,0
Mg ²⁺	2,00	1,50	6,00
Na ⁺	0,22	0,09	0,11
K ⁺	3,20	1,97	1,20
Extracto de saturación: Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	1,2	0,7	0,6
Arena (%)	37,8	37,7	60,0
Limo (%)	45,3	41,0	29,9
Arcilla (%)	16,9	21,3	10,1
Clase textural	Fr	Fr	Fr-Ar

consecuencia de presentar suelos arables y moderadamente profundos; el segundo sector se ubica al sur de la Reserva, en las áreas más elevadas aledañas a La Perla; esta unidad representa el 10% del área de estudio.

DISCUSIÓN

La única referencia a los suelos del área de estudio corresponde a Gorgas & Tasile (2006), y se describen a escala de reconocimiento 1:500.000, no existiendo cartas de suelo a una escala detallada de la zona de influencia del Gran Cór-

doña, La Calera y Yocsina-Malagueño. Muestra tres unidades cartográficas que representan la región. Estas unidades corresponden a EPLi-9, y abarcan el arco noroeste de la Reserva, en el sector de la Sierra Chica; EPLi-17, ocupa el resto de la Sierra Chica, la Depresión Periférica y la Loma del Torito; MKtc-2, y representa el sector de Llanura, aunque toda el área que se encuentra dentro del ejido municipal de Córdoba Capital se representa como tierras misceláneas.

Las primeras dos unidades (EPLi-9 y EPLi-17) incluyen Ustorthents líticos y paralíticos en diversas proporciones. Sin

Tabla 5. Perfil modal de Haplustol típico (31°24'29,7"S-64°17'49,2"W). 13%
Table 5. Modal profile of Typic Haplustoll (31°24'29,7"S-64°17'49,2"W). 13%

Horizonte	A	B _w	C _k
Profundidad	0-19	19-37	+37
Materia Orgánica (%)	4,58	0,58	0,42
Carbono Orgánico (%)	2,66	0,33	0,24
Nitrógeno Total (%)	0,195	0,040	0,029
Relación C:N	13,6	8,4	8,2
CO ₃ Ca (%)	1,5	1,5	5,0
Fósforo (ppm)	92,6	112,3	26,2
pH actual	6,5	6,8	7,8
Cationes Intercambiables (meq 100 g ⁻¹)			
Ca ²⁺	15,0	15,5	-
Mg ²⁺	4,00	1,50	2,00
Na ⁺	0,26	0,15	0,09
K ⁺	2,66	2,19	1,66
Extracto de saturación: Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	0,9	0,3	0,4
Arena (%)	28,9	29,5	32,7
Limo (%)	56,5	54,3	55,0
Arcilla (%)	14,6	16,2	12,3
Clase textural	Fr-L	Fr-L	Fr-L

embargo, el Soil Taxonomy en el que el presente trabajo se ha basado (Soil Survey Staff, 2014) no incluye el subgrupo “paralítico”, entendiéndose como material paralítico aquellos materiales relativamente inalterados, con una clase de resistencia a la ruptura de débil a moderadamente cementado. Esta cementación impide a las raíces penetrar, con excepción de grietas (Soil Survey Staff, 2014). Aparentemente, las categorías “lítico” y “paralítico” han sido unificadas, entendiéndose como contacto lítico límite entre el suelo y un material subyacente coherente; el material que está por abajo

del contacto lítico deberá tener una clase de resistencia a la ruptura de fuertemente cementado o extremadamente cementado (Soil Survey Staff, 2014).

Una proporción importante de ambas unidades cartográficas (EPLi-9 y EPLi-17) está representada por afloramientos rocosos, pero la unidad EPLi-17 además contiene áreas representadas por Haplustoles fluvénticos ubicados en la Depresión Periférica.

La unidad MKtc-2 está representada en el área de estudio solo por Haplustoles énticos, sin hacer mención de los Haplustoles típicos que dominan la

Tabla 6. Perfil modal de Haplustol típico, fase “calcárea” (31°26'17,0”S-64°22'06,2”W). 8%
Table 6. Modal profile of Typic Haplustoll, “calcareous” phase (31°26'17,0”S-64°22'06,2”W). 8%

Horizonte	A _k	Bw _k	BC _k	C _k
Profundidad	0-17	17-26	26-40	+40
Materia Orgánica (%)	2,72	2,14	1,18	0,77
Carbono Orgánico (%)	1,58	1,24	0,69	0,44
Nitrógeno Total (%)	0,143	0,120	0,071	0,048
Relación C:N	11,0	10,4	9,6	9,2
CO ₃ Ca (%)	5,5	3,5	3,0	8,0
Fósforo (ppm)	6,0	6,8	8,0	0,9
pH actual	7,7	7,7	7,8	7,9
Cationes Intercambiables (meq 100 g ⁻¹)				
Ca ²⁺	-	-	-	-
Mg ²⁺	3,00	1,50	2,50	4,00
Na ⁺	0,13	0,11	0,09	0,13
K ⁺	1,79	1,73	1,37	0,74
Extracto de saturación: Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	0,7	0,5	0,5	0,5
Arena (%)	25,8	26,1	27,9	31,6
Limo (%)	61,2	57,5	59,7	58,7
Arcilla (%)	13,0	16,4	12,4	9,7
Clase textural	Fr-L	Fr-L	Fr-L	Fr-L

Llanura. Esto posiblemente se deba a que gran parte de esta área entra como suelos misceláneos dentro del ejido de la Ciudad de Córdoba.

A la escala de trabajo de reconocimiento (1:500.000) Gorgas & Tassile (2006) no identificaron fases diferentes tales como las definidas en este trabajo (la fase “orgánica” de los Ustorthents líticos y la fase calcárea de los Haplustoles típicos).

Posiblemente la fase “orgánica” sea consecuencia del tipo de vegetación dominante en sectores que están influen-

ciados por vías de escurrimiento con evidencias de afloramientos rocosos. Las comunidades de *S. commersioniana* encontradas en estos sectores posiblemente estén influenciadas por la cercanía de la capa freática y los pulsos de crecidas de los arroyos serranos, y asimismo es posible que estas comunidades sean formadoras de suelo. Ontiveros et al. (2015) mencionaron que bosques en galería de *S. commersioniana* en ambientes ecotonaes de Yunga-Chaco actúan como importantes sumideros de carbono y aportan elevados contenidos de este ele-

Tabla 7. Perfil modal de Haplustol éntico (31°25'58,1"S-64°19'51,1"W). 10%
Table 7. Modal profile of Entic Haplustoll (31°25'58,1"S-64°19'51,1"W). 10%

Horizonte	A	AC_k	C_k(I)	C_k(II)
Profundidad	0-17	17-41	41-66	+66
Materia Orgánica (%)	4,26	1,69	0,97	0,81
Carbono Orgánico (%)	2,47	0,98	0,57	0,47
Nitrógeno Total (%)	0,187	0,101	0,063	0,055
Relación C:N	13,2	9,7	9,0	8,7
CO ₃ Ca (%)	0,5	2,5	7,5	7,0
Fósforo (ppm)	50,4	10,0	1,6	1,0
pH actual	6,7	7,6	8,1	8,2
Cationes Intercambiables (meq 100 g ⁻¹)				
Ca ²⁺	-	-	-	-
Mg ²⁺	2,00	2,00	0,50	-
Na ⁺	0,20	0,13	0,17	0,46
K ⁺	2,12	0,83	0,58	0,69
Extracto de saturación: Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	0,5	0,7	0,5	0,9
Arena (%)	34,5	33,4	41,8	44,4
Limo (%)	53,0	52,5	46,5	45,1
Arcilla (%)	12,5	14,1	11,7	10,5
Clase textural	Fr-L	Fr-L	Fr	Fr

mento al suelo, hecho que se evidencia en los análisis de suelo efectuados en este trabajo. Por ello, estos ambientes deben ser priorizados desde el punto de vista ambiental y debe controlarse la invasión de especies exóticas con las cuales comparten nichos ecológicos similares (Karlin et al., 2014).

En cambio, la fase calcárea de los Haplustoles típicos, consecuencia del desarrollo del material parental en la Depresión Periférica, puede que no tenga tanta influencia ambiental (sobre la vegetación) como puede tener la materia

orgánica en el caso anterior. Está reconocido que los suelos calcáreos litogénicos, cuando no han sido formados por eutrofización ni han formado horizontes petrocálcicos, son suelos excelentes desde el punto de vista físico, ya que la ligera cementación con carbonatos de calcio mejora la estructura y porosidad (Bronnick & Lal, 2005). Además protege los complejos arcillo-húmicos de la degradación por laboreo y hace los suelos menos susceptibles a erosión. El pH de estos suelos es ligeramente alcalino en superficie y esto puede afectar la disponibilidad

de micronutrientes (Bachmeier et al., 2000). Según Mikhailova et al. (2009), el cultivo en estos suelos (Molisoles con carbonatos litogénicos) puede aumentar la concentración de carbonatos pedogénicos, mientras que probablemente al transformarse estos suelos agrícolas en praderas naturales, tal como ha ocurrido en nuestro caso, las concentraciones de carbonatos alcalinotérreos se reducen como consecuencia de la actividad biológica más intensa de las raíces y la acumulación de carbono orgánico en el suelo (Bronick y Lal, 2005).

No se cuenta con cartas de suelo publicadas de áreas aledañas, hacia el sur (San Agustín) o hacia el norte (Cosquín), por lo que no es posible comparar unidades taxonómicas con estas áreas. Lo más cercano y similar al área de estudio constituye la carta de suelo de Río Tercero (Secretaría de Ambiente-INTA, 2008). En esta carta solo se describen los suelos de áreas planas, cuyo perfil está más desarrollado. No se describen suelos de las áreas serranas, sino solo suelos con potencial agrícola.

Es posible comparar las unidades taxonómicas Haplustoles énticos, típicos y fluvénticos de nuestra área de estudio con la serie Alpa Corral, Corralito y Las Peñas Sur (carta Río Tercero; Secretaría de Ambiente-INTA, 2008), respectivamente.

La primera serie presenta parámetros similares a los encontrados en nuestra área de estudio, variando significativamente solo el contenido de carbono orgánico y el contenido de carbonatos alcalinotérreos. En cuanto al carbono orgánico, se encontraron valores de 1,10% en el horizonte A de la serie Alpa Corral y 2,47% en el área de estudio. Los contenidos de carbonatos alcalinotérreos tam-

bién difieren, siendo ya importante su contenido en superficie en nuestro caso, mientras que en la serie Alpa Corral se los encuentra recién a los 75 cm de profundidad, ya que los materiales originarios varían entre sí.

La serie Corralito también resulta similar a los Haplustoles típicos encontrados en el área de estudio, pero al igual que en el caso anterior, se encontraron diferencias en cuanto a los contenidos de carbono orgánico (1,5 vs. 2,66% para Corralito y la RNDLC, respectivamente) y carbonatos alcalinotérreos (en Corralito se lo encuentra a partir de los 62 cm de profundidad, mientras que en este trabajo se lo encuentra en superficie). También se destaca un mayor contenido de limos en los horizontes del perfil de la serie Corralito.

Respecto a la serie Las Peñas Sur, representado por Haplustoles fluvénticos, se encuentran grandes diferencias con el mismo subgrupo encontrado en la RNDLC, debido posiblemente a que la variabilidad de este tipo de suelos es más importante que los citados anteriormente, puesto que depende de los regímenes de inundación, los patrones climáticos variables en el tiempo y el tipo de material fluvial aportado desde aguas arriba. Las Peñas Sur se destaca por la ausencia de discontinuidades con materiales arenosos, respecto de la capa encontrada a 41 cm de profundidad en la calicata realizada sobre áreas con influencia del arroyo Cañada de Molina en la RNDLC. Esta ausencia de materiales gruesos en capas inferiores en la serie Las Peñas Sur puede deberse a la distancia existente entre esta serie y la Sierra Chica (ubicada aproximadamente 40 km hacia el oeste).

Gorgas & Tassile (2006) describieron un perfil de un suelo Ustorthent

lítico paralítico, perteneciente a la serie Esquisto, ubicada en Pampa de Olaen. Este perfil resulta ser comparable con los Ustorthents líticos encontrados en nuestra área de estudio. La mayoría de los parámetros analizados resultan similares entre sí, variando en forma importante el contenido de limos (22,0 vs. 39,9% para Esquisto y RNDLC, respectivamente).

Estos autores también describieron un suelo Ustifluent típico, perteneciente a la serie Tronco Pozo, al NNE de Jesús María. Sin embargo, los parámetros físico-químicos difieren de forma importante de los valores encontrados en las muestras analizadas para nuestro estudio, posiblemente debido a las mismas causas que las discutidas para los Halustoles fluvénticos.

La vegetación resultó estar íntimamente relacionada a los tipos de suelo, por lo que el reconocimiento de las propiedades edáficas permite establecer los parámetros bajo los cuales las diferentes comunidades se desarrollan.

Contar con un mapa de suelo de la RNDLC permitirá establecer una línea de base a partir de la cual se pueda monitorear cambios en la calidad de suelo y en la fisonomía de la vegetación. Constituirá un insumo muy valioso para futuras investigaciones ambientales específicas, especialmente relacionadas a efectos de incendios forestales, invasión de especies forestales exóticas, sucesiones ecológicas y dinámica hídrica de sus cuencas. También servirá para extrapolar datos de suelo y su relación con la vegetación a otras cuencas o áreas de influencia.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Martino y colaboradores, quienes permitieron que pudiéramos reproducir

su esquema geológico. A AVINA, quienes financiaron el proyecto marco “El Manejo como Herramienta para la Recuperación de Cuencas”.

BIBLIOGRAFÍA

- BACHMEIER, O., E. BUFFA, S. HANG & A. ROLLÁN, 2000. Temas de edafología. Ed. Triunfar, Córdoba.
- BERNASCONI, J., M. KARLIN, R. ACCIETTO, C. SCHNEIDER, S. RUFINI & S. ARNULPHI, 2015. Modelos de estados y transiciones: bases para el manejo de la vegetación en la Reserva Natural de la Defensa La Calera, Córdoba, Argentina. En: Martínez Carretero, E. & A. Dalmaso. Restauración ecológica en la Diagonal Árida de la Argentina. CONICET, Mendoza. Pp. 3-20.
- BRONICK, C. J. & R. LAL, 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124(1): 3-22.
- CABRERA, A., 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. ACME, Buenos Aires.
- CAPITANELLI, R., 1979. Geomorfología. En: Vázquez, J. B. (Ed.). Geografía Física de Córdoba. Ed Boldt, Buenos Aires. Pp.: 213-296.
- CARIGNANO, C. A., D. KRÖHLING, S. DEGIOVANNI & M. A. CIOCCALE, 2014. Geomorfología. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina. Pp. 747-821.
- COSTA, C. H., A. C. MASSABIE, G. L. SAGRIPANTI, E. BRUNETTO & M. COPPOLECCHIA, 2014. Neotectónica. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina. Pp. 725-746.
- CRESPO GUERRERO, J. M. C. & G. F. PEYROTI, 2016. Las áreas naturales protegidas de Córdoba (Argentina): desarrollo normativo y ausencia de gestión territorial. *Cuadernos Geográficos* 55(1): 33-58.
- DALMASSO, A., R. CANDIA & J. LLERA, 1997. La vegetación como indicadora de la contaminación por polvo atmosférico. *Multequina* 6: 85-91.

- DAY, P. R., 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. En: Black, C. A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy Inc., Madison. Pp. 545-567.
- GORGAS, J & J. TASSILE (Eds.), 2006. *Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba: Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1: 500.000*. Agencia Córdoba Ambiente-INTA.
- IUSS GRUPO DE TRABAJO WRB, 2007. *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103*. FAO, Roma.
- KARLIN, M. S., C. SCHNEIDER, S. RUFINI, J. BERNASCONI, R. ACCIETTO, U. KARLIN & Y. FERREYRA, 2014. Caracterización florística de la Reserva Natural Militar Estancia La Calera. *Nature and Conservation* 7(1): 6-18.
- LEWIS, J. P. & M. B. COLLANTES, 1973. El Espinal Periestépico. *Ciencia e investigación* 29: 360-377.
- MARTINO, R. D., A. B. GUERESCHI & C. A. CARIGNANO, 2012. Influencia de la tectónica preandina sobre la tectónica andina: El caso de la falla de la Sierra Chica, Sierras Pampeanas de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 69 (2): 207-221.
- MCBRATNEY, A. B., M. M. SANTOS, & B. MINASNY, 2003. On digital soil mapping. *Geoderma* 117 (1): 3-52.
- MIKHAILOVA, E., C. POST, L. CIHACEK & M. ULMER, 2009. Soil inorganic carbon sequestration as a result of cultivation in the mollisols. En: McPherson, B. J. y E. T. Sundquist (Eds.). *Carbon Sequestration and its role in the Global Carbon Cycle*. American Geophysical Union, Washington, D. C. Pp. 129-133.
- ONTIVEROS, S., S. MANRIQUE, J. FRANCO, R. DÍAZ & N. BARRANCO, 2015. Biomasa y stock de carbono en la Reserva de Campo Alegre, la caldera, provincia de Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 19: 06.01-06.12.
- SANABRIA, J. A. & G. L. ARGÜELLO, 2003. Aspectos geomorfológicos y estratigráficos en la génesis y evolución de la Depresión Periférica, Córdoba (Argentina). *Actas del Segundo Congreso Argentino de Cuaternario y Geomorfología, Tucumán*. Pp. 177-184.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE DE CÓRDOBA – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA), 2008. *Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3363-1. Río Tercero. Escala 1:50.000*. Gobierno de Córdoba-INTA. CD.
- SOIL SURVEY STAFF, 2014. *Keys to soil taxonomy*. 12 Edition. United States Department of Agriculture. 410 pp.
- SPARKS, D. L., 1995. *Environmental Soil Chemistry, Genesis-Composition-Reactions*. A Wiley-international publication, John Wiley & Sons, New York.
- THOMAS, G. W., 1982. Exchangeable cations. En: Page, A. L. (Ed.) *Methods in soil analysis*. Agronomy 9, 2nd. Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. Pp. 159-165.

Recibido: 04/2017
 Aceptado 03/2018