

## LA VARIABILIDAD DE LA SALINIDAD Y HUMEDAD EN LA GÉNESIS DE SUELOS DE UN HUMEDAL

Osvaldo A. Barbosa<sup>1\*</sup>, José Álvarez-Rogel<sup>2</sup>, Raúl S. Lavado<sup>3</sup>, Daniel A. Riscosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ingeniería y Cs Agropecuarias, Universidad Nacional de San Luis, Villa Mercedes, Argentina.

<sup>2</sup> Departamento de Tecnología y Ciencia Agraria, ETSIA, UPCT, Cartagena, España

<sup>3</sup> Facultad de Agronomía - INBA, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

### RESUMEN

Las sales son un importante factor en la formación y evolución de los suelos, y su clasificación. Los humedales salinos son ambientes permanente o frecuentemente inundados, lo que determina normalmente el desarrollo de suelos halohidromórficos y vegetación halófila. El objetivo fue estudiar la génesis de suelos halohidromórficos en un bajo salino de San Luis (Argentina). El área estudiada fue la depresión denominada "Bajo Las Saladas", localizada a los 33° 37' de latitud Sur y 65° 25' longitud Oeste, con una superficie de 120,7 ha. Se delimitaron los tipos fisonómicos de vegetación en diferentes subpaisajes. Se ubicaron varias parcelas de seguimiento en cada tipo fisonómico, y en ellas se realizaron las descripciones de los suelos y profundidad al nivel freático. Se muestrearon los horizontes, se analizaron y se procedió a clasificar los suelos taxonómicamente. En el sector llano se identificó el monte halófilo cuyos suelos se clasificaron como Haplustoles típicos. En el subpaisaje depresión salina el tipo fisonómico Matorral halófilo (dominado por *Atriplex* spp.) ocupa los suelos menos salinos, con mayor pH y nivel freático más profundo y los suelos se clasificaron como Ustortentes típicos o Epiacuentes típicos. En las áreas más húmedas y salinas aparecen parches de arbustal halófilo rastrero (dominado por *Sarcocornia neei*) y praderas abiertas de *Distichlis spicata*, praderas densas de *D. spicata* y en las zonas con mayor encharcamiento y anoxia, playas salinas que no presentan vegetación. Estos suelos se clasificaron como Epiacuentes típicos, con diferente distribución de horizontes, algunos con horizontes gley, en los restantes subpaisajes. En la génesis de estos suelos intervienen conjuntamente varios factores, como profundidad freática, salinidad, microrelieve, textura, y grado y duración del anegamiento.

**Palabras clave:** pedogénesis, suelos halo-hidromórficos, relación suelo-planta

## THE VARIABILITY OF SALINITY AND HUMIDITY IN THE GENESIS OF SOILS OF A WETLAND

### ABSTRACT

Salts are an important factor in the formation and evolution of soils, and their classification. Saline wetlands are permanently or frequently flooded environments, which normally causes the development of halohydromorphic soils and halophytic vegetation. The aim of this work was to study the genesis of halohydromorphic soils in a saline wetland in San Luis (Argentina). The area studied was the depression called "Bajo Las Saladas", located at 33° 37' South latitude and 65° 25' West longitude, with an area of 120.7 ha. The physiognomic types of vegetation in different sub-landscapes were delimited. Descriptions of the soils and depth to the water table were carried out in the monitoring plots located in each physiognomic type. The horizons were sampled, analyzed and the soils were classified. In the flat sector, soils of the halophilic bush were

\* Autor de contacto:  
baldibarbosa@yahoo.com.ar

Recibido:  
04-12-21

Recibido con revisiones:  
21-11-22

Aceptado:  
21-11-22

classified as typic Haplustolls. In the saline depression sublandscape, the physiognomic type Halophilic bush (dominated by *Atriplex* spp.) occupies the less saline soils, with higher pH and deeper water table, and the soils were typic Ustorthents or typic Epiaquents. In the more humid and saline areas there are patches of creeping halophilic bush (dominated by *Sarcocornia neei*), open meadows of *Distichlis spicata*, dense meadows of *D. spicata* and in the areas with greater flooding and anoxia, free of vegetation saline beaches. Those soils were classified as typic Epiaquents showing different distribution of horizons, some with glei horizons. Several factors intervene jointly in the genesis of these soils, such as water table depth, salinity, micro-relief, texture, and degree and duration of flooding.

**Keywords:** edo-genesis, halo-hydromorphic soils, soil-plant relationship

## INTRODUCCIÓN

Los humedales son ambientes que se identifican como áreas geográficas que están permanente o frecuentemente inundadas, o bien con el suelo saturado (Tiner, 1999), lo cual determina el desarrollo de suelos hidromórficos con vegetación hidrófita. Estos suelos llamados hídricos son definidos como aquellos que poseen inadecuada condición de drenaje, están saturados con agua, encharcados o inundados durante la estación de crecimiento, desarrollando condiciones anaeróbicas que favorecen el crecimiento y regeneración de vegetación hidrófila (Soil Survey Staff, 2017). Cuando el agua es salina, en cambio, se desarrollan suelos halomórficos y vegetación halófila (Barbosa, 2020).

Una fracción importante de la región pampeana presenta lagunas permanentes o temporales de drenaje endorreico, generalmente conectadas con las aguas subterráneas (Imbellone et al., 2021). La provincia de San Luis no es ajena a estos tipos de paisajes. Varios autores realizaron estudios sobre la distribución espacial de ellos en la provincia, y concluyeron en la dificultad que posee la cartografía de estas áreas, debido al dinamismo de las sales y alternancia de periodos húmedos y secos presentes en la zona (Barbosa, 2020). En estos ecosistemas el suelo juega un papel fundamental, pues en él se originan complejos gradientes ambientales que condicionan la distribución de la vegetación (Barbosa et al., 2012). Dichos gradientes tienen un componente espacial, al existir zonas con mayor acumulación de sales o inundaciones más prolongadas, pero también componentes temporales, al secarse el suelo y concentrarse las sales en los periodos secos, o diluirse estas en los meses lluviosos (Álvarez-Rogel et al., 2000; 2007; González-Alcaraz et al., 2014; Lavado et al., 1988;). También, el oxígeno en los espacios intersticiales del suelo es desplazado por el agua, causando condiciones anaerobias que favorecen procesos biogeoquímicos que provocan rasgos redoximórficos (Imbellone, 2018). Estos rasgos prevalecen aún después de drenado el humedal, caracterizando los suelos y siendo un rasgo útil para su identificación.

La profundidad a la freática es un factor importante en la determinación de los patrones de salinización y determina la aparición de condiciones que permite originar ambientes en el que se van a instalar plantas y otros organismos especialmente adaptados o que se encuentran favorecidos competitivamente (Álvarez-Rogel et al., 2000; 2007). Por otro lado, el movimiento de las sales dentro del perfil del suelo y su acumulación en la superficie está asociado con la concentración salina del nivel freático y es causada por difusión, convección o ambos procesos simultánea o sucesivamente (Lavado et al., 1992).

En el país son escasos los estudios que correlacionen el grado de hidromorfismo con sus expresiones macro y micromorfológicas de los suelos (Imbellone et al., 2010). Entre ellos se pueden citar a Piñeiro y Panigatti (1972) e Imbellone y Zárate (1983), que analizaron la composición y características de nódulos en suelos de las provincias de Santa Fe y Buenos Aires, respectivamente, así como los trabajos que mostraron la presencia de estos rasgos con el estado de aireación del suelo (Imbellone et al., 2021; Taboada y Lavado, 1986).

Teniendo en cuenta los escasos antecedentes sobre estos ecosistemas y especialmente de su medio edáfico, el objetivo fue determinar la influencia de las variaciones estacionales de salinidad y humedad en la génesis de los suelos de un ecosistema de humedales del centro este de la provincia de San Luis.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se ubica a 7 km al norte de la ciudad de Villa Mercedes (San Luis) en la depresión "Bajo Las Saladas" (33° 37' S y 65° 25' W) con una superficie aproximada de 120,7 ha (Figura 1).

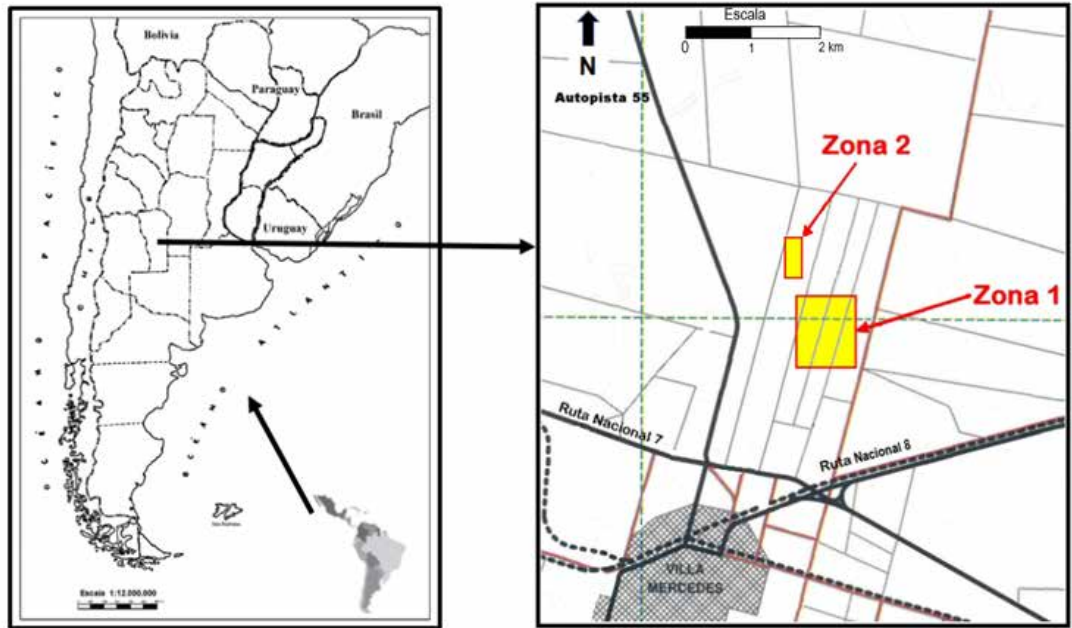


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

Figure 1. Location map of the study area.

Climáticamente, la región semiárida central se caracteriza por presentar un semestre seco y frío (otoño-invierno) que contrasta nítidamente con el semestre cálido (primavera-verano), en el que se concentra casi el total anual de precipitaciones (Barbosa, 2020). Los suelos de la región son predominantemente de texturas arenosas, reflejando el material parental del tipo sedimentos loessoides y eólicos arenosos, en muchos casos originados por retrabajo de estos (Costa et al., 2005; INTA y Gobierno de la provincia de San Luis, 2000), con abundancia de cuarzo. Los suelos del sector llano presentan pH levemente alcalinos, baja fertilidad y retención hídrica, en cambio los de la depresión son salino-alcalinos, con mantos freáticos superficiales y algunos con claros signos de hidromorfía.

Con el objeto de relacionar los tipos fisonómicos y la topografía, fue realizado un levantamiento topográfico del terreno en ambas zonas de muestreo, en el cual se midieron las coordenadas de más de 5000 puntos del terreno. La metodología empleada para el relevamiento topográfico consistió en la realización de una grilla y con los puntos observados fueron realizados los mapas topográficos del sector de estudio. Las medidas fueron realizadas con una estación total Pentax R-205NE.

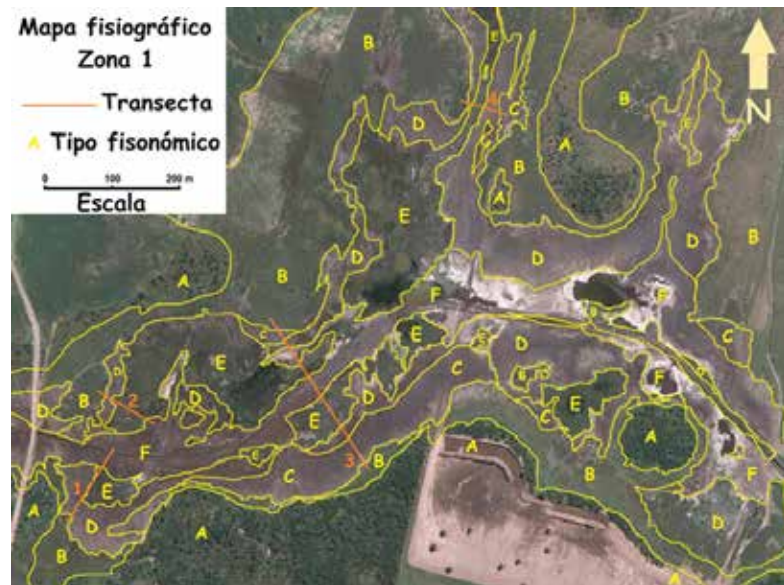
Fisonomía del área estudiada: Los tipos fisonómicos del lugar y las especies encontradas en cada uno de ellos fueron descritos por Pacheco et al. (2010) y Barbosa (2020). Estos autores utilizaron el sistema de clasificación fisiográfica del CIAF (Centro Interamericano de Aerofotointerpretación) (Villota, 1997) hasta el nivel de subpaisajes, determinando que el humedal comprendía dos de los paisajes de la región. El primero de ellos, el manto arenoso casi plano, comprende el sector más alto de la zona de trabajo, se presenta muy suavemente ondulado con pendientes menores del 1 %. Este paisaje domina a la depresión salina. Esta última es el sector más bajo de la zona en estudio, constituyendo grandes cubetas con pendientes de forma compleja menores del 1 %. Los tipos fisonómicos se muestran sumariamente en la Tabla 1. Se trabajó en dos zonas, indicadas en la Figura 1 y detalladas en las Figuras 2 y 3.

El paisaje manto arenoso correspondía al subpaisaje sector llano, y el paisaje depresión salina con los subpaisajes sector alto, sector bajo con salinidad en superficie y cauce con lagunas temporarias. En el primer caso, fisonómicamente correspondía al monte halófilo (dominado por *Prosopis caldenia* "caldén", y *Geoffroea decorticans* "chañar"), y en el segundo caso, los tipos fisonómicos fueron: el matorral halófilo (dominado por *Atriplex* spp., "zampa"), los parches de arbustal halófilo rastrero (dominado por *Sarcocornia neei*, "jume"), las praderas halófila abiertas y densas (dominada por *Distichlis spicata*, "pasto salado") y la playa salina, con suelo desnudo y sales en superficie.

**Tabla 1.** Leyenda fisiográfica y tipos fisonómicos de vegetación del área (adaptado de Pacheco et al., 2010 y Barbosa, 2020).

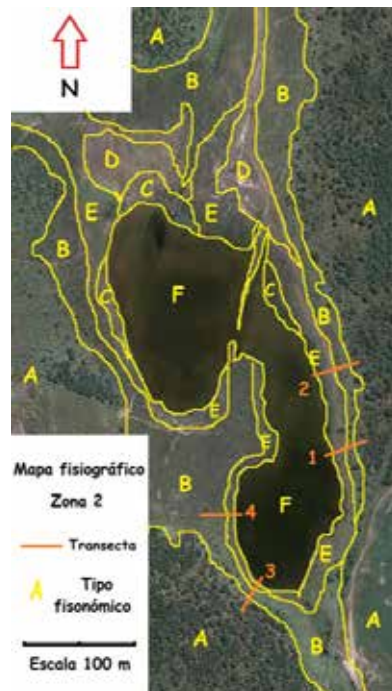
**Table 1.** Physiographic legend and physiognomic types of vegetation in the area (adapted from Pacheco et al., 2010 y Barbosa, 2020).

Paisaje	Subpaisaje	Tipo fisonómico	Símbolo	Especie dominante
Manto arenoso	Sector llano	Monte halófilo	A	Prosopis caldenia y Geoffroea decorticans
	Sector alto	Matorral halófilo	B	Atriplex undulata y Atriplex lampa
Depresión salina	Sector bajo con salinidad en superficie	Parches de arbustal halófilo rastrero	C	Sarcocornia neei
		Pradera halófila abierta	D	Distichlis spicata
		Pradera halófila densa	E	
	Cauce y lagunas temporarias	Playa salina	F	Suelo desnudo



**Figura 2.** Mapa fisiográfico de la zona 1 de estudio mostrando la localización de las transectas de vegetación (adaptado de Pacheco et al., 2010).

**Figure 2.** Physiographic map of study zone 1 showing the location of vegetation transects (adapted from Pacheco et al., 2010).



*Figura 3.* Mapa fisiográfico de la zona 2 de estudio mostrando la localización de las transectas de vegetación (adaptado de Barbosa,2020).

*Figure 3.* Physiographic map of study zone 2 showing the location of vegetation transects (adapted from Barbosa,2020).

En cuanto al drenaje del área, se destaca la red de drenaje principal y los cursos naturales de agua. La red principal sigue en muchos casos la dirección del canal "Bajo Las Saladas" excavado para drenar el humedal en la década de los '60. Este canal se abastece de aguas de escorrentía y ascensos freáticos, permaneciendo con agua principalmente en épocas lluviosas. En algunos sectores este canal ha sido colmatado por sedimentos, fenómeno que ha hecho migrar el cauce y que se direcciona hacia otros lugares más bajos (Barbosa, 2020).

Las entradas de agua al humedal estudiado provienen del norte y se corresponden en forma general con pérdidas de agua del canal norte de riego y la aparición en superficie de ascensos freáticos, alimentando pequeñas lagunas temporales. Estos caudales disminuyen cuando este canal no lleva agua y cuando no suceden precipitaciones importantes.

Seguimiento estacional: Con el fin de realizar los muestreos y hacer el seguimiento de los parámetros de los suelos indicados posteriormente, se dispusieron parcelas en cada tipo fisonómico reconocido, cuyo número varió con la superficie de cada zona. En la zona 1 (87,2 ha) fueron ubicadas 8 parcelas de seguimiento para cada tipo fisonómico (excepto para las praderas halófila densas, donde las parcelas fueron 6), sumando un total de 38. Mientras en la zona 2 (33,5 ha) fueron ubicadas 4 parcelas de seguimiento para cada tipo fisonómico, totalizando 20.

En cada parcela se determinó la profundidad al nivel freático (con barreno) en forma mensual durante un año y medio, entre agosto 2010 y enero 2012 (en las Figuras 4 y 5 se pueden observar la localización de los freatómetros). Por otro lado, se determinaron tres réplicas por parcelas de los siguientes parámetros: humedad presente (por el método gravimétrico), pH en forma potenciométrica y potencial redox (Oxidation Reduction Potential, ORP) en forma bimensual durante un año, con el objetivo de identificar las diferentes situaciones edáficas de los tipos fisonómicos de vegetación.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis ANOVA de medidas repetidas y posterior test de Bonferroni ( $p \leq 0,05$ ). Adicionalmente se realizó una correlación de los datos del nivel freático con las precipi-



taciones ocurridas en el periodo.

Descripción, muestreo y determinación de distintos parámetros en los suelos: En cada una de las parcelas se realizaron calcatas para caracterizar los suelos (Soil Survey Division Staff, 2017) en dos épocas primavera-verano y otoño-invierno. Se determinaron los perfiles modales (más representativos de cada tipo fisonómico) y se describieron los rasgos redoximórficos de los suelos de cada tipo fisonómico reconocido (Richardson & Vepraskas, 2000). Fue muestreado cada horizonte y las muestras secadas, molidas y tamizadas (2 mm).

Los parámetros determinados en suelos fueron: pH (1:2,5); carbono orgánico (CO); nitrógeno total (Nt); relación carbono/nitrógeno (C/N); conductividad eléctrica de la pasta saturada (CEps); aniones ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{CO}_3\text{H}$ ,  $\text{Cl}^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) y cationes ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ ), en extracto 1:5 y conductividad eléctrica extracto 1:5 (CE 1:5). Además, se estimó la fracción gruesa (contenido de arena) de la fracción fina (limo + arcilla), expresándose en %.

Se siguieron técnicas analíticas descritas por Page (1984); Klute (1986); Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1990); Sistema de Apoyo Metodológico para Laboratorios de Suelos y Aguas (SAMLA, 1995).

Se tipificaron los suelos de acuerdo con la salinización/sodificación (Richards, 1974) y se procedió a clasificarlos taxonómicamente (Soil Survey Staff, 2014), cómo se indica más adelante.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La topografía de las dos zonas de muestreo presenta una depresión con un rango altitudinal que varía alrededor de 4 metros, entre los 528,4 a 532,9 msnm en la zona 1, y con una variación de 3,2 metros y un rango altitudinal que va desde los 533,7 a 536,8 metros para la zona 2 (Figuras 4 y 5).

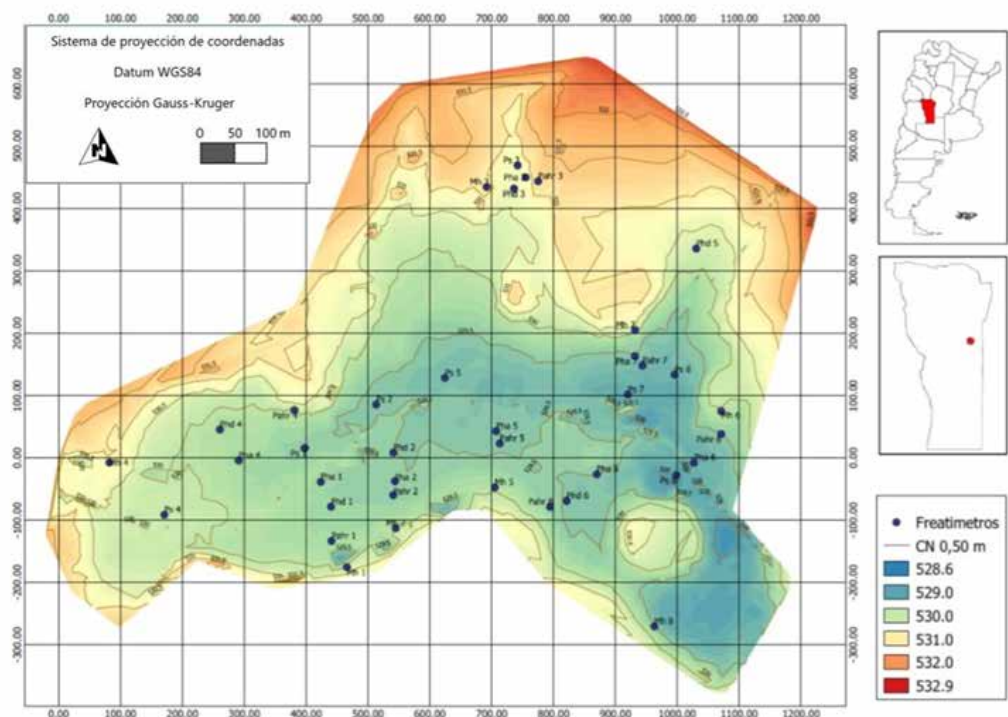
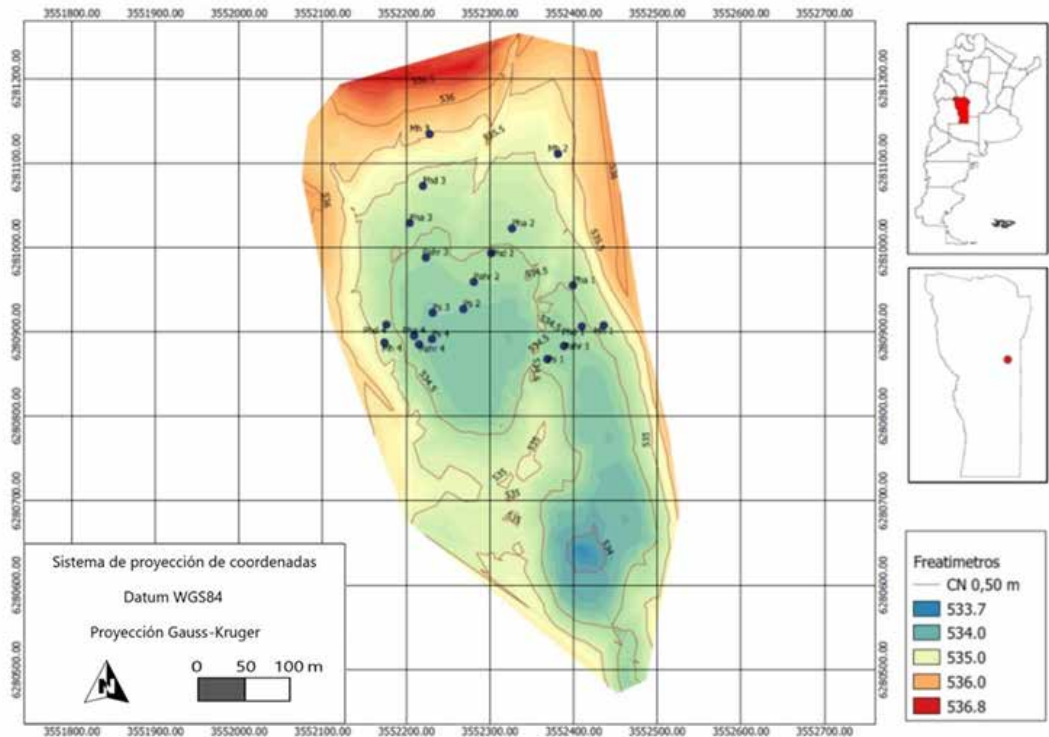


Figura 4. Mapa topográfico y ubicación de freáticos de la zona 1 de muestreo.

Figure 4. Topographic map and location of phreometers of sampling zone 1.



*Figura 5.* Mapa topográfico y ubicación de freaímetros de la zona 2 de muestreo.

*Figure 5.* Topographic map and location of phreameters of sampling zone 2.

Los mapas topográficos, determinan la entrada superficial de agua a cada una de las zonas de muestreo y muestran una gran similitud con la disposición espacial de cada tipo fisonómico determinado (Figuras 2 y 3).

Los suelos del área de estudio presentan morfología del perfil del tipo A-AC-C.

El subpaisaje sector llano, que integra el paisaje manto arenoso, y contiene el tipo fisonómico monte halófilo, se corresponde con suelos que poseen la suficiente profundidad al nivel freático para permitir el desarrollo del bosque de caldén, si bien en el sector de estudio éste prácticamente ha desaparecido por la tala y los cultivos a los que fue sometido. Debido a esto, en este subpaisaje solamente se realizó una calicata en ambas zonas de muestreo para una descripción morfológica. La caracterización interna del perfil del suelo en las dos zonas de estudio mostró un Haplustol típico, perfil que se encuentran evidentemente asociado a los Haplustoles énticos que son los suelos regionales predominantes en el relevamiento que integra la carta de suelos de la provincia (INTA y Gobierno de la provincia de San Luis, 2000).

En el paisaje depresión salina se reconocieron diferentes suelos (Ustortente típico y Epiacuate típico) para los distintos tipos fisonómicos estudiados (matorral halófilo, parches de arbustal halófilo rastrero, praderas halófilas -abierta y densa- y playa salina). El primer perfil se clasificó como Ustortente típico, debido a que no posee contactos líticos, ni grietas, ni se encuentran bajo régimen árido, sino en régimen ústico. Por otro lado, dado que no presenta condiciones ácuicas dentro de los 50 cm, no pertenece a los subórdenes Psamentes ni Fluventes. Integra, pues, el subgrupo de los Ortents. En cambio, el segundo perfil se clasificó como Epiacuate típico, porque presenta condiciones ácuicas con episaturación (gran grupo Epiacuentes) y su color se aleja de los rangos de color establecidos para otros subgrupos de suelos.

De acuerdo con los valores de CE y a la presencia/ausencia de signos de dispersión en los perfiles típicos de suelos de cada uno de los tipos fisonómicos (Tablas 4 y 5) se observa que, excepto el monte halófilo, los suelos de los otros tipos fisonómicos presentaron propiedades características de suelos salinos-alcalinos.

Los suelos desarrollados en el monte y matorral halófilo, por constituir el sector más elevado del relieve, son lugares de recarga del humedal. En ellos, tienen lugar procesos de lixiviación aunque los perfiles también están afectados por el ascenso capilar de agua salina, lo que provoca la presencia de sales cerca de la superficie. Esto tiene lugar especialmente en el matorral halófilo de la zona 2, donde se registró el nivel freático más cercano a la superficie. En estos tipos fisonómicos la posición en el relieve ocupa un lugar muy importante dentro de los factores formadores, ya que las sales estarán más cercanas a la superficie cuando más próxima sea su posición al sector deprimido. Por lo tanto, ambos tipos fisonómicos presenta suelos más desarrollados, si bien es escasa su evolución, siendo su clasificación Haplustoles típicos en el monte halófilo de ambas zonas; y Ustortentes típicos o Epiacuentes típicos en el matorral halófilo de la zona 1 y 2, respectivamente. Los horizontes A de estos suelos no presentan (o es muy ligera) reacción al HCl, denotando la escasa cantidad de carbonatos presentes en el horizonte superficial.

En las Figuras 10 - 11 y tablas 2 a 5, se observa claramente cómo a medida que se avanza del monte halófilo hacia la playa salina va aumentando el espesor de los horizontes A y aumenta el contenido de la fracción fina, especialmente en la zona 1. El aumento del espesor del horizonte A ocurre porque los procesos de melanización se ven favorecidos por los de sodificación (dispersión), produciéndose, a pesar de que es escasa la cantidad de materia orgánica presente en estos horizontes, la dispersión de humatos (Barbosa, 2020).

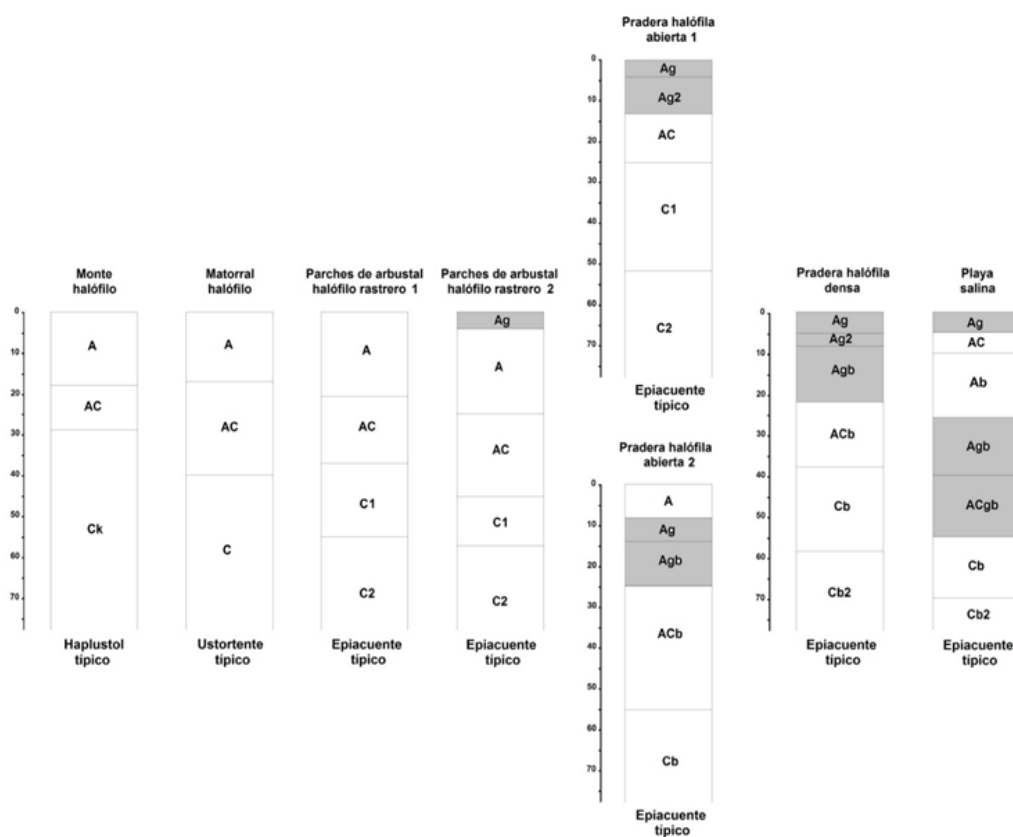


Figura 10. Morfología de los perfiles de la primera zona de muestreo (profundidad en cm).

Figure 10. Morphology of the profiles of the first sampling area (depth in cm).



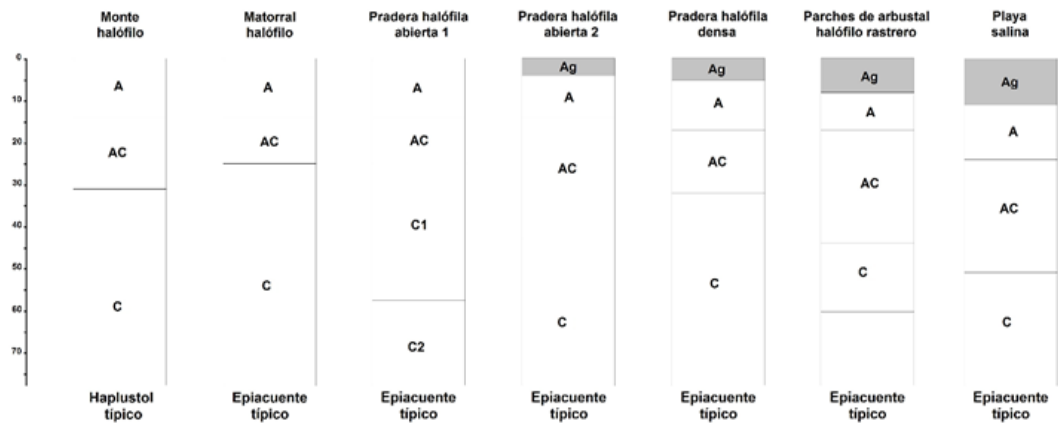


Figura 11. Morfología de los perfiles de la segunda zona de muestreo (profundidad en cm).

Figure 11. Morphology of the profiles of the second sampling zone (depth in cm).

Tabla 2. Fracción gruesa y fina (%) y desviación estándar para los diferentes tipos fisonómicos de la zona 1.

Table 2. Coarse and fine fraction (%) and standard deviation for the different physiognomic type of zone 1.

Tipo Fisonómico	Fracción gruesa		Fracción fina	
	Primavera-verano	Otoño-invierno	Primavera-verano	Otoño-invierno
Mh	66,62 ± 0,97	66,75 ± 0,96	33,38 ± 0,97	33,25 ± 0,96
Pahr	65,87 ± 1,39	65,77 ± 1,33	34,13 ± 1,39	34,23 ± 1,33
Pha	53,32 ± 4,55	53,27 ± 4,19	46,68 ± 4,55	46,73 ± 4,19
Phd	53,97 ± 1,32	53,92 ± 1,77	46,03 ± 1,36	46,08 ± 1,77
Ps	51,72 ± 2,16	52,05 ± 1,92	48,28 ± 2,16	47,95 ± 1,92

Mh matorral halófilo, Pahr parches de arbustal halófilo rastrero, Pha pradera halófila abierta, Phd pradera halófila densa y Ps playa salina, en primavera-verano y otoño-invierno (n=8 para cada tipo fisonómico y período considerado, excepto Phd con n=6).

Mh halophilic scrub, Pahr patches of creeping halophilic shrub, Pha Open halophilic meadow, Phd dense halophilic meadow and Ps saline beach, in spring-summer and autumn-winter (n=8 for each physiognomic type and period considered, except Phd with n=6).

Tabla 3. Fracción gruesa y fina (%) y desviación estándar para los diferentes tipos fisonómicos de la zona 2.

Table 3. Coarse and fine fraction (%) and standard deviation for the different physiognomic type of zone 2.

Tipo Fisonómico	Fracción gruesa		Fracción fina	
	Primavera-verano	Otoño-invierno	Primavera-verano	Otoño-invierno
Mh	68,37 ± 0,24	68,05 ± 0,88	31,63 ± 0,24	31,95 ± 0,88
Pahr	56,11 ± 2,33	56,47 ± 1,71	43,89 ± 2,33	43,53 ± 1,71
Pha	61,94 ± 0,84	61,96 ± 0,81	38,04 ± 0,81	38,04 ± 0,81
Phd	52,88 ± 0,85	53,10 ± 1,11	47,12 ± 0,85	46,90 ± 1,11
Ps	50,25 ± 1,35	50,62 ± 1,09	49,75 ± 1,35	49,38 ± 1,09

Mh matorral halófilo, Pahr parches de arbustal halófilo rastrero, Pha pradera halófila abierta, Phd pradera halófila densa y Ps playa salina en primavera-verano y otoño-invierno (n=4 para cada tipo fisonómico y período considerado).

Mh halophilic scrub, Pahr patches of creeping halophilic shrub, Pha Open halophilic meadow, Phd dense halophilic meadow and Ps saline beach in spring-summer and autumn-winter (n=4 for each physiognomic type and period considered).

Tabla 4. Características morfológicas diferenciales de los perfiles en la zona 1 de muestreo.

Table 4. Differential morphological characteristics of the profiles in sampling zone 1.

Tipo fisonómico	Horizonte	Profundidad (cm)	Color		Textura	Estructura	Rasgos redoximórficos	Otros	Clasificación taxonómica	pH	CEps (dSm <sup>-1</sup> )	CO (%)	Nt (%)
			Seco	Húmedo									
Monte halófilo	A	0-18	10 YR 5/2	10 YR 3/2	fa	BSA, g a m, d	No	No	Haplustol típico	6,7	3,42	0,68	0,07
	AC	18-29	10 YR 6/3	10 YR 4/2	fa	BSA a GS, m a f, d	No	No		7,3	5,32	0,41	0,04
	Ck	29-120+	10 YR 6/3	10 YR 4/3	fa	M	No	Nódulos de sal.		8,4	6,21	0,30	0,03
Matorral halófilo	A	0-17	10 YR 5/2	10 YR 3/2	fa	BSA, g a m, d	No	Nódulos de sal y sales en superf.	Ustortente típico	8,4	9,54	0,43	0,04
	AC	17-40	10 YR 6/2	10 YR 3/3	fa	BSA, m, d	No	Nódulos de sal.		8,7	8,36	0,25	0,02
	C	40-90	10 YR 6/3	10 YR 4/2	fa	M	No	Escasos Nódulos de sal		9,1	5,31	0,25	0,02
Parches de arbustal halófilo rastreo 1	A	0-21	10 YR 5/2	10 YR 3/2	fa	BSA, mg a g, m	Revestimientos de poros y masas de hierro.	Abundantes nódulos de sal y sales en superf.	Epia-cuente típico	8,6	20,30	0,28	0,03
	AC	21-37	10 YR 6/3	10 YR 3/3	fa	BSA, m, d	Revestimientos de poros y masas de hierro.	No		9,0	14,44	0,27	0,03
	C1	37-55	10 YR 6/3	10 YR 3/3	fa	M	Revestimientos de poros y masas de hierro.	No		9,2	9,30	0,20	0,02
Parches de arbustal halófilo rastreo 2	Ag	0-3	10 YR 4/1	10 YR 3/1	fa	Lam, mg, m a d	Gley. Fuerte olor a sulfhídrico.	Sales en superf.	Epia-cuente típico	9,4	24,39	0,32	0,03
	A	3-25	10 YR 6/2	10 YR 3/3	fa	BSA, g, d	Revestimientos de poros y masas de hierro	No		8,9	8,11	0,31	0,03
	AC	25-45	10YR 7/2	10 YR 4/2	fa	BSA, g, d	Revestimientos de poros y masas de hierro	No		8,7	6,42	0,28	0,02
	C1	45-57	10 YR 7/3	10 YR 4/2	af	M	Revestimientos de poros y masas de hierro	No		8,6	5,34	0,23	0,02

Pradera halófila abierta 1	Ag1	0-3	10 YR 6/1	10 YR 4/2	fa	Lam, g a m, m	Gley. Revestimientos de poros y masas de hierro, manchas de dispersión y olor a sulfhídrico.	Sales en superf.	Epicuente típico	9,8	26,32	0,36	0,03
	Ag2	3-13	10 YR 6/3	10 YR 3/2	fa	BSA, g, m	Gley. Revestimientos de poros y masas de hierro	-		7,9	7,00	0,31	0,02
	AC	13-25	10 YR 6/2	10 YR 3/3	fa	BSA, g, d	Revestimientos de poros y masas de hierro.	Nódulos de sal.		8,8	7,60	0,30	0,02
	C	25-52	10 YR 6/3	10 YR 4/3	fa	M	Revestimientos de poros y masas de hierro.			9,0	6,72	0,23	0,02
Pradera halófila abierta 2	A	0-8	2.5 Y 6/2	2.5 Y 4/4	f	BSA, g, m	Olor a sulfhídrico.	Sales en superf.	Epicuente típico	8,5	14,37	0,64	0,05
	Ag	8-14	10 YR 7/2	10 YR 4/2	f	BSA, mg a g, m	Revestimientos de poros y masas de hierro	-		8,6	11,17	0,42	0,03
	Agb	14-25	10 YR 6/1	10 YR 3/2	f	BSA, m, d	Revestimientos de poros y masas de hierro, manchas de dispersión.			8,3	7,98	0,68	0,05
	ACb	25-55	10 YR 5/2	10 YR 3/3	fa	BSA, m, d	Revestimientos de poros y masas de hierro.	Nódulos de sal		8,1	5,26	0,35	0,03
Pradera halófila densa	Ag1	0-5	2.5 Y 6/2	2.5 Y 4/2	f	BSA, m, d	Gley. Revestimientos de poros y masas de hierro y olor a sulfhídrico.	-	Epicuente típico	8,4	16,83	0,46	0,04
	Ag2	5-8	2.5 Y 7/2	2.5 Y 4/2	f	BSA, mg a g, m	Gley. Revestimientos de poros y masas de hierro. Olor a sulfhídrico.	-		8,4	13,75	1,13	0,09
	Agb	8-22	10 YR 6/2	10 YR 3/2	fa	BSA, mg a g, m	Gley. Revestimientos de poros y masas de hierro.			7,8	6,65	0,75	0,05
	ACb	22-38	10 YR 6/2	10 YR 3/3	fa	BSA, g, d	Revestimientos de poros y masas de hierro			7,3	5,52	0,40	0,03

Playa salina	Ag	0-5	2,5 Y 8/2	2.5 Y 5/2	fl	Lam, mg, m	Gley. Olor a sulfhídrico y manchas de dispersión.	Sales en superf.	Epiacuyente típico	9,2	25,52	1,83	0,13
	AC	5-10	10 YR 6/2	10 YR 3/3	fa	BSA, g, m a d		-		9,4	19,80	0,16	0,01
	Ab	10-18	10 YR 6/3	10 YR 3/3	fa	Lam, g, m a d	Masas de hierro			9,5	14,89	0,12	0,01
	Agb	18-40	10 YR 5/1	10 YR 2/1	far	BSA, g, f	Masas de hierro			9,1	20,21	1,16	0,01

Textura: fa: franca arenosa; af: areno franca; f: franca; fl: franca limosa; far: franca arcillosa. Tipo de estructura: BSA: bloques subangulares; GS: grano suelto; Lam: laminar; M: masiva. Clase de estructura: mg: muy gruesa; g: gruesa; m: media; f: fina. Grado de estructura: m: moderada; d: débil.

Texture: fa: sandy loam; af: loamy sand; f: loam; fl: silty loam; far: clay loam. Type of structure: BSA: subangular blocks; GS: loose grain; Lam: laminate; M: massive. Structure class: mg: very thick; g: thick; m: medium; f: fine. Degree of structure: m: moderate; d: weak.

Tabla 5. Características morfopedológicas diferenciales de los perfiles en la segunda zona de muestreo.

Table 5. Differential morphological characteristics of the profiles in sampling zone 2.

Tipo fisonómico	Horizonte	Profundidad (cm)	Color		Textura	Estructura	Rasgos redoximórficos	Otros	Clasificación taxonómica	pH	CEps (dSm <sup>-1</sup> )	CO (%)	Nt (%)
			Seco	Húmedo									
Monte halófilo	A	0-14	10 YR 5/3	10 YR 3/3	fa	BSA, m a f, d	No		Ha-plustol típico	6,2	0,39	0,78	0,08
	AC	14-31	10 YR 5/3	10 YR 3/3	fa	BSA, f, d		Abundantes nódulos de sal.		7,2	0,15	0,52	0,05
	C	31-120	10 YR 5/3	10 YR 4/2	fa	M				8,3	0,12	0,34	0,04
Matorral halófilo	A	0-14	10 YR 6/3	10 YR 3/2	fa	BSA, m a f, m	No	Escasos nódulos de sal y sales en superf.	Epiacuyente típico	8,1	8,04	0,53	0,05
	AC	14-25	10 YR 6/3	10 YR 3/3	fa	BSA, m a f, d	Mancha de dispersión. Revestimientos de poros y masas de hierro.			8,1	8,37	0,37	0,04
	C	25-105+	10 YR 6/3	10 YR 4/3	fa	M				8,2	7,88	0,19	0,02

Pradera halófila abierta 1	A	0-15	10 YR 6/3	10 YR 3/2	fa	BSA, g a m, m	Revestimientos de poros y masas de hierro.	Abundantes puntos o nódulos de sal y sales en superficie	Epicuente típico	8,4	10,62	1,03	0,09
	AC	15-25	10 YR 6/3	10 YR 3/2	fa	BSA, m, m	Revestimientos de poros y masas de hierro.			8,0	10,78	0,53	0,04
	C1	25-58	10 YR 6/3	10 YR 4/2	fa	M	Revestimientos de poros y masas de hierro.			9,2	13,66	0,28	0,02
Pradera halófila abierta 2	Ag	0-4	10 YR 6/2	10 YR 4/1	fa	Lam, mg, m	Gley. Revestimientos de poros y masas de hierro.	Abundantes puntos o nódulos de sal y sales en superficie	Epicuente típico	9,1	30,05	2,43	0,20
	A	4-14	10 YR 6/2	10 YR 3/2	fa	BSA, g, m	Revestimientos de poros y masas de hierro.	-		7,8	13,71	0,96	0,08
	AC	14-43	10 YR 6/2	10 YR 3/3	fa	BSA, m, d	Revestimientos de poros y masas de hierro.			8,8	8,93	0,60	0,05
Pradera halófila densa	Ag	0-5	10 YR 6/2	10 YR 3/4	f	BSA, m a f, m	Gley. Revestimientos de poros y masas de hierro.	-	Epicuente típico	8,5	22,81	2,97	0,23
	A	5-17	10 YR 6/2	10 YR 3/3	fa	BSA, m, m	Revestimientos de poros y masas de hierro.	-		7,4	13,00	0,41	0,03
	AC	17-32	10 YR 6/2	10 YR 4/2	fa	BSA, m, d	Revestimientos de poros y masas de hierro.			7,7	13,07	0,24	0,02
	C1	32-127	10 YR 6/2	10 YR 4/2	fa	M				8,7	8,90	0,23	0,02



Parches de arbustal halófilo rastrero	Ag	0-8	2,5 Y 6/2	2,5 Y 4/2	f	Lam, g a m, d	Gley. Revesti- mientos de poros y masas de hierro.  Olor a sul- fídrico.	Sales en superficie	Epiac- cuenta típico	9,6	31,45	1,07	0,08
	A	8-17	10 YR 5/2	10 YR 3/2	fa	BSA, g a m, m	Revesti- mientos de poros y masas de hierro.  Olor a sul- fídrico.	-		8,4	12,69	0,41	0,03
	AC	17-44	10 YR 5/2	10 YR 4/2	fa	BSA, g, d	Revesti- mientos de poros y masas de hierro.			8,7	12,50	0,28	0,02
	C	44-60	10 YR 6/2	10 YR 4/2	fa	M	Revesti- mientos de poros y masas de hierro.			9,2	11,22	0,28	0,02
Playa salina	Ag	0-11	2,5 Y 7/2	2,5 Y 4/2	f	BA, g, m	Gley. Masas y revesti- mientos de poros por hierro.  Olor a sul- fídrico.	Abun- dantes puntos o nódulos de sal y sales en superficie	Epiac- cuenta típico	9,2	30,33	2,97	0,22
	A	11-24	10 YR 6/1	10 YR 3/2	fa	BSA, g a m m	Masas de hierro	-		7,9	6,44	0,41	0,03
	AC	24-51	10 YR 6/2	10 YR 4/2	fa	BSA, g, d	Masas de hierro			8,2	6,61	0,24	0,02

Textura: fa: franca arenosa; af: areno franca; f: franca; fl: franca limosa; far: franca arcillosa. Tipo de estructura: BSA: bloques subangulares; GS: grano suelto, Lam: laminar, M: masiva. Clase de estructura: mg: muy gruesa; g: gruesa; m: media; f: fina. Grado de estructura: m: moderada; d: débil.

Texture: fa: sandy loam; af: loamy sand; f: loam; fl: silty loam; far: clay loam. Type of structure: BSA: sub-angular blocks; GS: loose grain; Lam: laminate; M: massive. Structure class: mg: very thick; g: thick; m: medium; f: fine. Degree of structure: m: moderate; d: weak.

Desde el matorral halófilo hacia la playa salina el microrelieve tiene gran influencia en las condiciones de los suelos ya que determina la presencia de la capa freática más cerca de la superficie. Esto explica las particulares condiciones ambientales en donde se instalan los diferentes tipos fisonómicos que dominan estos sectores.

Los parches de arbustal halófilo rastrero, las praderas halófilas (abiertas y densas) y la playa salina de las dos zonas de muestreo presentan Epiacuentes típicos que poseen horizontes A de más espesor hacia las playas salinas, y generalmente fuerte reacción al HCl, por lo tanto con presencia de carbonato de calcio en superficie, especialmente en la zona 2. La ausencia casi total de carbonatos en el extracto acuoso 1:5 de estos suelos a pesar de los altos valores de pH encontrados se relaciona con la presencia de carbonato cálcico, insoluble, diseminado en la matriz edáfica (Barbosa, 2020).

En la zona 1 de muestreo, desde los parches de arbustal halófilo rastrero hacia la playa salina, existe arrastre de sedimentos y materia orgánica dispersada y particulada (esta última es retenida en las praderas halófitas) que proviene de los paisajes superiores. En estos perfiles comienza a existir un horizonte A gleyizado y enterrado. Se estima que estos horizontes probablemente fueran el nivel del suelo superficial cuando existía una laguna de poca profundidad, que desapareció o fue drenada hace aproximadamente 60 años (Oscar E. Coser, comunicación personal, 2016).

La morfología de los perfiles refleja un continuo hidrológico, desde aquellos donde domina la recarga hacia los que ésta se encuentra impedida. Desde los Haplustoles de los montes halófilos hacia los Epiacuentes

de los parches, praderas y playas.

La presencia de un nivel freático, que es fuertemente salino y altamente sódico en los parches, praderas y playas salinas, limita la infiltración del agua, acción que afecta la evolución de los suelos. En ellos, la combinación del ascenso capilar y la presencia de un nivel freático superficial que mantiene muy alta la humedad del suelo determinan la aparición de procesos de gleyzación, en donde es evidente la suspensión de la evolución del perfil.

Este nivel freático y la posición del tipo fisonómico en el microrelieve, determina la aparición de rasgos redoximórficos en el horizonte superficial. Estas características morfológicas permanecen invariables en el suelo. Los mismos son evidentes desde los parches de arbustal halófilo rastrero hacia las playas salinas como revestimientos de poros y masas de hierro, aparición de gleyzación y fuerte olor a ácido sulfhídrico, debido a la reducción de sulfatos. Estos rasgos redoximórficos se producen principalmente a la movilización en solución o bien, la solubilización y posterior precipitación de principalmente de Fe y Mn (Imbellone, 2018; Imbellone et al., 2010; Imbellone y Zárate, 1983)

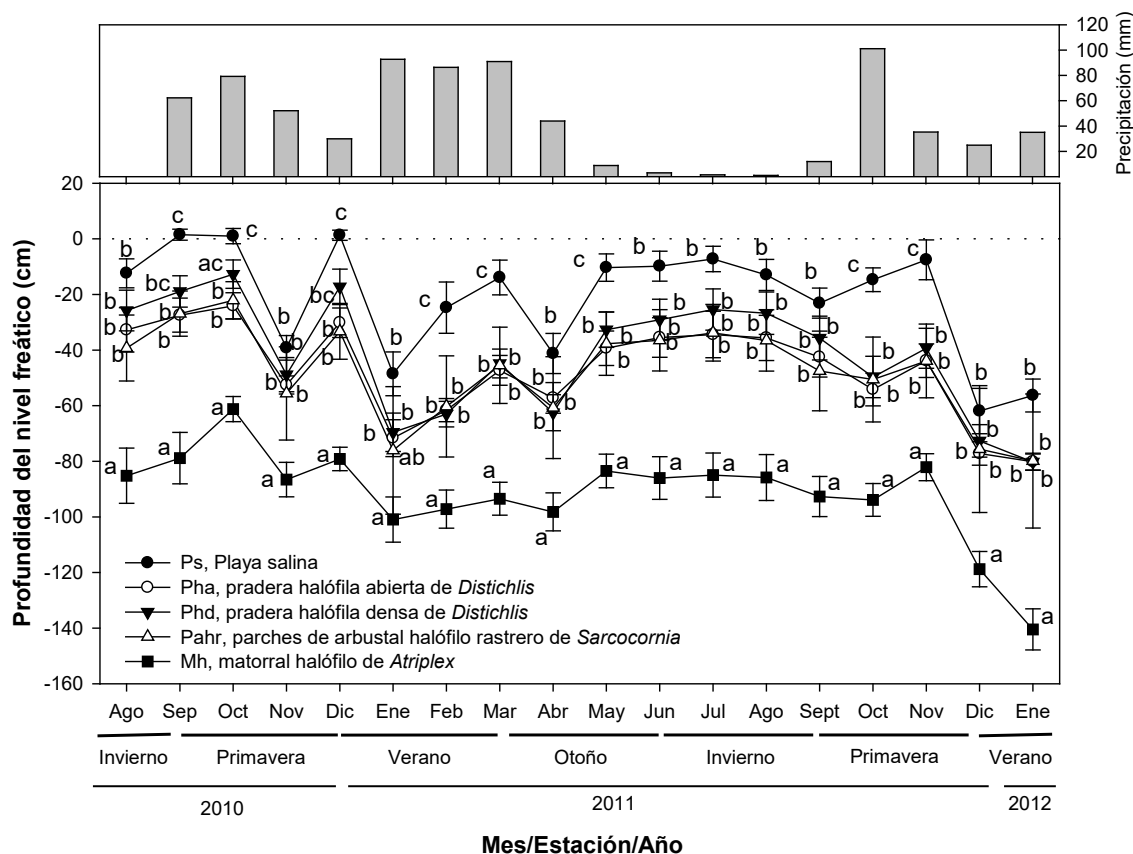
En la zona 1, también se evidencian los procesos de agradación por deposición de materiales arrastrados de paisajes superiores, especialmente en el cauce colmatado del canal.

A pesar del diferente grado de halo e hidromorfismo que se encuentra en el humedal, la caracterización de los perfiles desde el arbustal halófilo rastrero a las playas salinas no permitió diferenciar taxonómicamente los Epiacuentes típicos identificados.

Generalmente los suelos salinos son típicos productos de la intrazonalidad, hecho conocido desde la época de Dokuchaev y Glinka (Imbellone et al., 2010). Pero, en general, predominan los cambios importantes en los perfiles, por ejemplo, la aparición de horizonte B o incrementos significativos de contenido de arcilla en salitres semejantes al estudiado en el presente (Lavado, 1978).

Debido a las texturas arenosas predominantes (INTA y Gobierno de la provincia de San Luis, 2000), en este caso estos cambios no ocurrieron en los suelos. La única propiedad/parámetro diferenciante fue el contenido de materia orgánica y las variaciones en la profundidad de los horizontes. Las características texturales de los suelos afectaron la acción del relieve, lo cual fue acentuado por las diferentes comunidades vegetales, lo que permitió diferenciar los suelos por el contenido de materia orgánica.

Las profundidades de los niveles freáticos oscilaron entre 0 y -100 cm y estuvieron relacionadas con las entradas de agua al humedal el régimen de precipitación de la región. No existió relación entre las precipitaciones y el nivel freático zonal, por lo que el aumento del nivel es el resultado principalmente de las pérdidas de agua del canal. Por otro lado, la menor evapotranspiración en época otoño-invernal (mayo, junio, julio y agosto) causó un aumento notorio del nivel freático zonal en estas épocas, aunque no ocurrieran precipitaciones importantes (Figura 6).

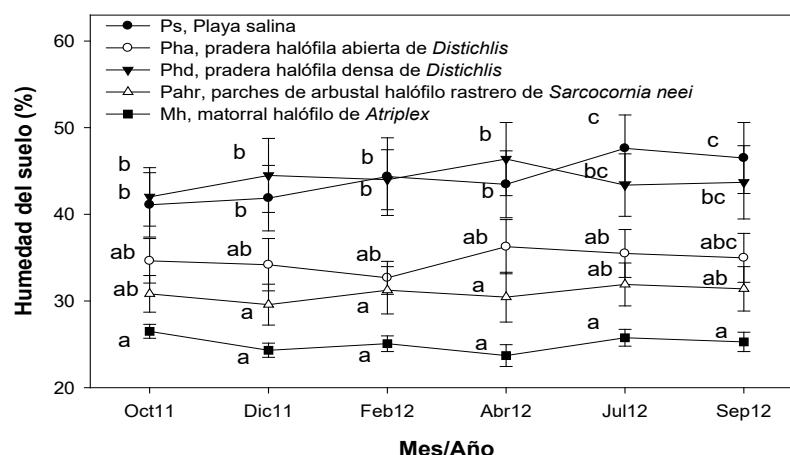


**Figura 6.** Evolución de los niveles freáticos para los diferentes tipos fisonómicos de vegetación a lo largo del período de muestreo. Cada valor representado es la media de 12 repeticiones (excepto para *Distichlis spicata* formando praderas densas que fueron 10)  $\pm$  el error estándar. Para cada fecha de muestreo, letras diferentes indican diferencias significativas según un análisis ANOVA de medidas repetidas y posterior test de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). La línea horizontal discontinua indica la superficie del suelo.

**Figure 6.** Evolution of water tables for the different physiognomic types of vegetation throughout the sampling period. Each value represented is the mean of 12 repetitions (except for *Distichlis spicata* forming dense meadows which were 10)  $\pm$  the standard error. For each sampling date, different letters indicate significant differences according to an ANOVA analysis of repeated measures and subsequent Bonferroni test ( $p < 0.05$ ). The dashed horizontal line indicates the surface of the soil.

El análisis de medidas repetidas mostró que la variación del nivel freático fue significativa a lo largo del tiempo ( $p < 0,001$ ), y que evolucionó de manera diferente en los distintos tipos fisonómicos (interacción tiempo  $\times$  tipo fisonómico significativa,  $p = 0,008$ ). Los valores promedio del nivel freático de cada uno de los tipos fisonómicos se relacionan con la microtopografía del área. Además, coinciden con la ubicación y distribución de los diferentes tipos fisonómicos descriptos. Por otro lado, existe una relación directa de la profundidad del nivel freático con el contenido de humedad del suelo, y una relación inversa con el potencial redox (ORP). El matorral halófilo de *Atriplex* spp. presentó el nivel del agua significativamente más profundo que los otros tipos fisonómicos en todos los meses, mientras que para los restantes tipos fisonómicos, se registraron diferencias sólo en algunos meses. A su vez, los parches de arbustal halófilo rastrero que poseían valores de nivel freático más profundos que las praderas halófilas y entre estas, la pradera densa fue la que presentó el nivel freático más superficial, indicación de su tendencia a permanecer inundada. La playa salina estuvo encharcada, o con el agua muy cerca de la superficie, durante varios meses al año.

Es interesante destacar que, a pesar de las variaciones estacionales del nivel freático, la humedad del suelo (Figura 7) no varió de manera significativa a lo largo del período de muestreo ( $p = 0,354$ ) para ninguno de los cinco tipos fisonómicos estudiados (interacción tiempo  $\times$  tipo fisonómico no significativo,  $p = 0,708$ ). No obstante, existieron algunas diferencias entre los valores promedio de humedad en los diferentes tipos fisonómicos ( $p < 0,05$ ), que guardan cierta relación con la profundidad de los niveles freáticos.

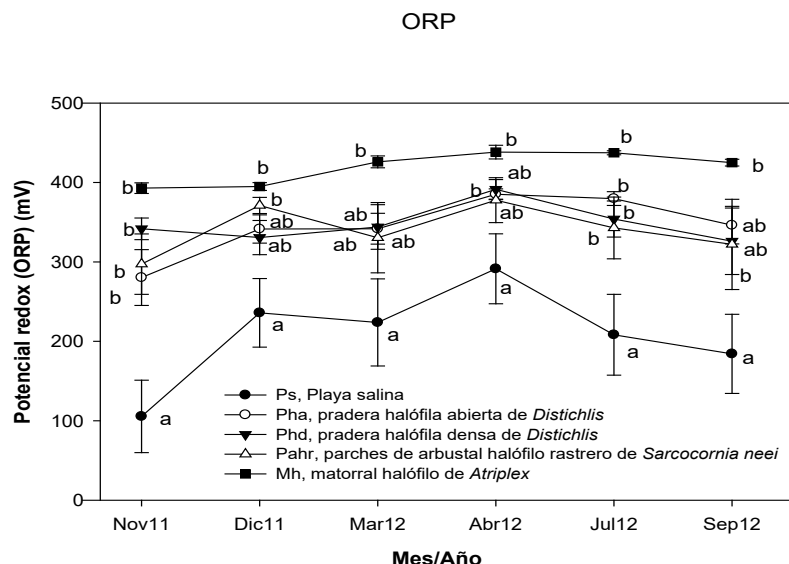


**Figura 7.** Evolución de la humedad del suelo para los diferentes tipos fisonómicos de vegetación a lo largo del período de muestreo. Cada valor es la media de 10 o 12 repeticiones  $\pm$  el error estándar. Para cada fecha de muestreo letras diferentes indican diferencias significativas según un análisis ANOVA de medidas repetidas y posterior test de Bonferroni ( $p \leq 0,05$ ).

**Figure 7.** Evolution of soil moisture for the different physiognomic types of vegetation throughout the sampling period. Each value is the average of 10 or 12 repetitions  $\pm$  the standard error. For each sampling date different letters indicate significant differences according to an ANOVA analysis of repeated measures and subsequent Bonferroni test ( $p \leq 0.05$ ).

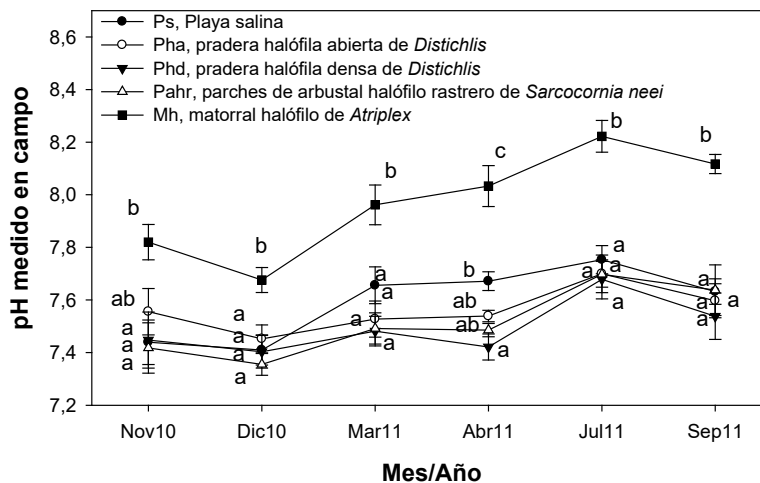
El ORP es un indicador del contenido de oxígeno del suelo. Los suelos secos presentan habitualmente valores de ORP  $> \approx 300$ -350 mV, mientras que cuando el suelo se encharca el nivel de oxígeno libre disminuye y puede llegar a agotarse por acción de la actividad microbiana. Valores de ORP  $< \approx 100$  mV indican condiciones anóxicas estrictas, en las que se produce la reducción de  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{CO}_2$  (Reddy & DeLaune, 2008).

El ORP (Figura 8) evolucionó de manera significativa a lo largo del tiempo ( $p=0,005$ ), pero lo hizo de manera similar en todos los ambientes estudiados (interacción tiempo x tipo fisonómico no significativa,  $p=0,344$ ), con una tendencia a ser más bajo en noviembre de 2011 y septiembre de 2012 y algo mayor entre esas fechas. La playa salina presentó siempre potenciales redox significativamente más bajos, con valores entre los 100 y 300 mV, ya que permanecieron inundadas o bastante húmedas durante gran parte del tiempo. Los valores de potencial redox indican condiciones de muy bajo o inexistente contenido en  $\text{O}_2$ , lo que probablemente contribuya de forma muy importante a limitar la colonización vegetal de estos ambientes. En contraposición, los suelos de los matorrales halófilos de *Atriplex* spp presentaron los valores de ORP más elevados, ya que fueron los suelos más secos y con el agua freática a más profundidad. En estos suelos el ORP osciló escasamente con valores alrededor de los 400 mV. En las zonas ocupadas por las praderas halófilas de *Distichlis* y los parches de arbustal halófilo rastrero de *Sarcocornia*, los potenciales redox estuvieron entre  $\approx 300$  y 400 mV presentando valores intermedios y en el límite entre suelos óxicos y subóxicos.



**Figura 8.** Evolución del potencial redox del suelo para los diferentes tipos fisonómicos de vegetación a lo largo del período de muestreo. Cada valor es la media de 10 o 12 repeticiones  $\pm$  el error estándar. Para cada fecha de muestreo letras diferentes indican diferencias significativas según un análisis ANOVA de medidas repetidas y posterior test de Bonferroni ( $p \leq 0,05$ ).

**Figure 8.** Evolution of the redox potential of the soil for the different physiognomic types of vegetation throughout the sampling period. Each value is the average of 10 or 12 repetitions  $\pm$  the standard error. For each sampling date different letters indicate significant differences according to an ANOVA analysis of repeated measures and subsequent Bonferroni test ( $p \leq 0,05$ ).



**Figura 9.** Evolución del pH del suelo para los diferentes tipos fisonómicos de vegetación a lo largo del período de muestreo. Cada valor es la media de 10 o 12 repeticiones  $\pm$  el error estándar. Para cada fecha de muestreo letras diferentes indican diferencias significativas según un análisis ANOVA de medidas repetidas y posterior test de Bonferroni ( $p \leq 0,05$ ).

**Figure 9.** Evolution of soil pH for different physiognomic types of vegetation throughout the sampling period. Each value is the average of 10 or 12 repetitions  $\pm$  the standard error. For each sampling date different letters indicate significant differences according to an ANOVA analysis of repeated measures and subsequent Bonferroni test ( $p \leq 0,05$ ).

El pH (Figura 9) del suelo medido en campo varió significativamente a lo largo del tiempo ( $p < 0,001$ ) pero los cambios fueron similares en las cinco situaciones estudiadas (efecto del tiempo  $\times$  tipo fisonómico no significativo,  $p = 0,170$ ). En noviembre y diciembre de 2010 se obtuvieron los valores más bajos, pero a partir de marzo de 2011 se observó una tendencia al aumento progresivo hasta septiembre de dicho año. Los suelos



de las zonas ocupadas por matorrales halófilos de *Atriplex* spp. tuvieron un pH por encima de  $\approx 7,8$ , con un máximo de  $\approx 8,2$  en julio de 2011. Para el resto, apenas existieron diferencias significativas con valores que oscilaron entre  $\approx 7,4$  y  $\approx 7,7$ .

Las variaciones de pH del suelo están relacionadas con procesos complejos, siendo la dinámica del sistema  $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{CO}_3$  uno de los más importantes (Reddy & DeLaune, 2008). El  $\text{CO}_2$  disuelto en el agua de los poros del suelo pudo formar ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), un ácido débil que hace que disminuya el pH. Este proceso se favorece cuando el suelo está inundado, debido a que el exceso de agua impide el intercambio gaseoso y conduce a una elevada presión de  $\text{CO}_2$  ( $p\text{CO}_2$ ) y una baja presión de  $\text{O}_2$  ( $p\text{O}_2$ ) en el suelo (Greenway et al., 2006; Hinsinger et al., 2009). Esto explicaría que los suelos más húmedos de las playas salinas, las praderas de *Distichlis* y los parches de arbustales halófilos rastreros de *Sarcocornia* tuvieran valores de pH más bajos que los suelos secos de los matorrales halófilos de *Atriplex* spp. Por otro lado, los valores más bajos para noviembre y diciembre de 2010 y más elevados para julio de 2011 son coincidentes con los valores obtenidos del agua freática en los dos muestreos.

Los suelos de los matorrales halófilos de *Atriplex* spp (que tenían los niveles freáticos más profundos) estuvieron siempre significativamente más secos que los de las playas salinas y praderas densas de *Distichlis spicata* (que generalmente presentaron los niveles freáticos más superficiales), mientras que en las praderas abiertas de *Distichlis* y en los parches de arbustal halófilo rastrero dominados por *Sarcocornia* la humedad fue intermedia (como también lo fueron las profundidades de los niveles freáticos).

### CONCLUSIONES

Se concluye que en la génesis de estos suelos intervinieron varios factores en conjunto, como el microrelieve, la profundidad del agua freática, la salinidad, la textura, y el grado y duración del anegamiento. Todos estos procesos que se desarrollan en forma simultánea en el humedal permiten concebir una génesis de suelo compleja. Sin embargo el relieve, y más específicamente el microrelieve, adquiere una importancia decisiva como factor formador de estos suelos.

Si bien los suelos se clasificaron como Haplustoles típicos, Ustortentes típicos y Epiacuentes típicos, las texturas arenosas predominantes no permitieron una clara diferenciación de los horizontes de los suelos y, consecuentemente, pese a su ubicación en diferentes Órdenes taxonómicos (Molisoles y Entisoles) los perfiles fueron de característica A-AC-C. Las características diferenciales fueron las variaciones en la profundidad de los horizontes y el contenido de materia orgánica.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen los aportes efectuados por los revisores anónimos.

### REFERENCIAS

- Álvarez-Rogel, J., Alcaraz Ariza, F. & Ortiz Silla, R. 2000. Edaphic gradients and plant zonation in Mediterranean saltmarshes of SE Spain. *Wetlands*, 20, 357-372.
- Álvarez-Rogel, J., Jiménez-Cárceles F.M., Roca, M.J. & Ortiz Silla, R. 2007. Changes in soils and vegetation in a Mediterranean coastal salt marsh impacted by human activities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73(3), 510-526.
- Barbosa, O.A., Pacheco, M.C., Mores, J.L. y J Álvarez-Rogel. 2012. *Propiedades edáficas de un humedal salino de San Luis (Argentina)*. X Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola y XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Londrina, Brasil.
- Barbosa, O.A. 2020. *Relaciones entre los tipos fisonómicos de vegetación y los suelos de un bajo salino del centro este de San Luis (Argentina)*. [Tesis doctoral] Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Costa, C., Ortíz Suárez, A, Miró, .C., Chiesa, J., Gardini, G., Carugno, A. Ojeda, G., Guerstein, P., Tognelli, G., Morla, P. y Strasser, E. 2005. *Hoja Geológica 3366-IV Villa Mercedes*.
- González-Alcaraz, M.N., Jiménez-Cárceles, F.J. & Álvarez-Rogel, J. 2014. Gradients of soil salinity and moisture, and plant distribution, in a Mediterranean semiarid saline watershed: a model of soil-plant relationships for contributing to the management. *Catena*, 115, 150-158.
- [Greenway](#), H., Armstrong, W. & Colmer, T.D. 2006. Conditions Leading to High  $\text{CO}_2$  (>5 kPa) in Waterlogged-Flooded Soils and Possible Effects on Root Growth and Metabolism. *Annals of Botany*, 98(1), 9-32
- Hinsinger, P., Bengough, A.G., Vetterlein, D. & Young, I.M. 2009. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance. *Plant and Soil*, 321, 117-152.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). 1990. *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos*. 5 Ed. Subdirección Agrológica. Bogotá, Colombia.
- Imbellone, P.A. y Zárate, M.A. 1983. Glébulas sesquioxídicas en un Argialbol. General Mansilla. Provincia de Buenos Aires. *Ciencia del Suelo*, 1, 173-181.
- Imbellone, P.A., Giménez, J.E. y Panigatti J.L. 2010. *Suelos de la Región Pampeana. Procesos de formación*. Ediciones INTA.
- Imbellone, P.A. 2018. Guía de descripción e interpretación de suelos hidromórficos. En: Quiroga, A., Fernández, R. y Álvarez, C. (Eds). *Análisis y evaluación de propiedades físico hídrica de los suelos*. Ediciones INTA Centro Regional La Pampa-San Luis.
- Imbellone, P.A., Taboada, M.A., Damiano, F. & Lavado R.S. 2021. Genesis, Properties and Management of Salt-Affected Soils in the Flooding Pampas, Argentina. In: Taleisnik, E & Lavado, R. *Saline and Alkaline Soils in Latin America Natural Resources, Management and Productive Alternatives*. Springer.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Gobierno de la provincia de San Luis. 2000. *Carta de suelos de la República Argentina*. Hoja Villa Mercedes.
- Klute A (ed.) 1986. *Methods of soil analysis*. Part 1 and 2. Agronomy N° 9. ASA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Lavado, R.S. 1978. Algunas causas en la variabilidad en el contenido salino de un salortide pampeano y su influencia en el muestreo. *Turrialba*, 28(4), 315-324
- Lavado R.S & Taboada, M.A. 1988. Water, salt and sodium dynamics in a natraquoll in Argentina. *Catena*, 15(6), 577-594.
- Lavado, R.S., Rubio, G. & Alconada, M. 1992. Grazing management and soil salinization in two pampean Natraqualls. *Turrialba*, 42, 500-508.
- Pacheco, M.C., Barbosa, O.A., Mores, J.L. & Álvarez-Rogel, J. 2010. Physiognomy of the central sector of the "Bajo Las Saladas" (San Luis, Argentina). *Biocell*, 35(1), A24.
- Page, A.L. (Ed), 1984. *Methods of Soils Analysis. Part. 2*. 2nd Edition. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin.
- Piñeiro, A. y Panigatti, J.L. 1972. Génesis de un suelo planosol. *Revista de Investigaciones Agropecuarias, Serie 3 (IX)*, 1-27.
- Reddy, K.R. & DeLaune R.D. 2008. *Biogeochemistry of Wetlands: Science and Applications*. 1st ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU.
- Richards, L.A. 1974. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. USDA. U.S. Government Printing Office. Washington DC.
- Richardson, J.L. & Vepraskas, M.J. (Ed.). 2000. *Wetland Soils*. CRC Press. LLC.
- Sistema de Apoyo Metodológico para Laboratorios de Suelos y Aguas (SAMLA). 1995. SAGyP de la Nación, Buenos Aires, Argentina.
- Soil Science Division Staff. 2017. Soil survey manual. In: Ditzler, C., Scheffe C., & Monger H.C (eds.). *USDA Handbook 18*. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. 12th edition, US Government Printing Office, Washington DC, USA.
- Taboada, M.A. y Lavado, R.S. 1986. Características del régimen ácuico de un Natracuol de la Pampa Deprimida. *Ciencia del Suelo*, 4, 66-72.
- Tiner, R. 1999. *Wetland indicators. A guide to wetland identification, delineation, classification, and mapping*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Villota, H. 1997. Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno. *Revista CIAF*, 15,83-115.