



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

### RELACIONES ENTRE VARIABLES EDÁFICAS Y BIOMASA EN COMUNIDADES VEGETALES DE PASTIZAL EN LA PAMPA DEPRIMIDA

MARCELO VARNI<sup>1,\*</sup>, NATALIA VERCELLI<sup>1,2</sup>, SOFÍA ZEME<sup>1,2</sup>, ILDA ENTRAIGAS<sup>1</sup> & MARÍA GUADALUPE ARES<sup>1,3</sup>

<sup>1,\*</sup>Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo J. Usunoff” – Av. República de Italia 780, C.C. 47 (B 7300) Azul, Buenos Aires; <sup>2</sup>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. <sup>3</sup>CONICET

\*marcelovarni@gmail.com

**Palabras clave:** Heterogeneidad de suelos, Biomasa aérea y radical, Análisis de Componentes Principales

#### Resumen

Se analizaron distintas variables físicas, químicas y biológicas, durante la primavera, en 14 sitios ubicados en una transecta transversal al escurrimiento de agua, en el que se desarrolla un pastizal pampeano destinado al pastoreo bovino. En ellos se midió: humedad gravimétrica de 0-10 y de 10-20 cm, conductividad eléctrica y pH del suelo, porcentaje de suelo desnudo, biomasa aérea viva y seca, y densidad de raíces en los 20 cm superiores. También se identificó la variante del pastizal a partir de las especies más abundantes o conspicuas. El objetivo del trabajo fue analizar la heterogeneidad interna de un pastizal natural, a partir de las relaciones entre variables edáficas, biomasa aérea y subterránea. Complementariamente, se asoció dicha heterogeneidad con la expresión de la vegetación en escala de detalle. Las relaciones se estudiaron mediante un análisis de componentes principales. Entre variables, se halló similitud entre la densidad de raíces y la humedad de 0-10 cm, lo cual se debe a que las raíces se desarrollan principalmente en un horizonte A, que tiene de 6-8 cm de espesor. Estas dos variables se oponen al porcentaje de suelo descubierto, lo cual es de esperar al aumentar la evaporación directa desde el suelo. Por otra parte, se agruparon la conductividad eléctrica y pH del suelo y la humedad de 0-20 cm, y estas tres variables se opusieron a la biomasa aérea viva, lo que se condice con el menor desarrollo vegetal en suelos alcalinos y salinos. Finalmente, al analizar los sitios, se desagregaron los pastizales con predominancia de *Paspalum dilatatum* (tipo B) y de *Nassella formicarum* (tipo C) de los dos tipos de sitios restantes: pastizales con predominancia de *Distichlis spicata* (tipo A) e intermedios entre las A y C caracterizados por la dominancia de *Cynodon dactylon* (tipo D).

#### Introducción

La Pampa Deprimida es una extensa llanura, de aproximadamente 10 millones de hectáreas, que se extiende hacia el noreste y sudoeste de las sierras de Tandilia en la



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

provincia de Buenos Aires. Se trata de una depresión con muy escasa pendiente, que oscila entre 0,025% y 0,5%, lo que dificulta claramente el escurrimiento superficial y promueve la generación de un sistema de drenaje de tipo endorreico o arreico (IHLLA, 2003). El paisaje se caracteriza por su relieve plano y la ocurrencia periódica de inundaciones, cuya duración e intensidad cambia con la posición topográfica (Chaneton, 2005).

En la región, los suelos predominantes pertenecen al orden Molisoles, siendo los Natracuoles los más abundantes (Matteucci, 2012). El 50% de la superficie de la Pampa Deprimida está ocupada por suelos sódicos y salino-sódicos, desarrollados en áreas bajas, depresiones anegables, terrazas, vías de escurrimiento, tendidos y cubetas que reciben agua de las partes altas y son afectados por excesos hídricos durante períodos prolongados. Dominan en el área procesos de alcalinización, salinización e hidromorfismo de manera superpuesta, lo que determina una notable heterogeneidad en la composición de los suelos, y la presencia de unidades cartográficas denominadas “complejos” (Imbellone *et al.*, 2010).

La formación vegetal predominante en la Pampa Deprimida es el pastizal natural. A pesar de la aparente uniformidad interna que exhiben estos pastizales, es posible reconocer la existencia de un intrincado mosaico de comunidades vegetales, condicionado por gradientes ambientales (Chaneton, 2005). Las características topográficas y de drenaje típicas de los paisajes deprimidos ocasionan que se presente una alta variabilidad espacial de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo en distancias relativamente cortas, determinando la existencia de un mosaico de suelos con características disímiles (Allen & Mc Intosh, 1997; Corwin *et al.*, 2003). La mencionada heterogeneidad espacial interactúa en forma compleja con el clima y el pastoreo, determinando la distribución de la vegetación en el terreno (Sala *et al.*, 1986; Chaneton & Lavado, 1996; Corwin *et al.*, 2003).

Batista *et al.* (1988) y Batista & León (1992) caracterizaron las comunidades vegetales de la Pampa Deprimida y su relación con los suelos a escala de paisaje. Sin embargo, no se cuenta con análisis de dichas relaciones en pastizales naturales a escalas más grandes.

En este contexto, el objetivo del trabajo fue analizar la heterogeneidad interna de un pastizal natural destinado a la cría de ganado bovino, a partir de las relaciones entre variables edáficas y la biomasa aérea y subterránea. De forma complementaria, se asoció dicha heterogeneidad con la expresión de la vegetación en escala de detalle.

## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

### Materiales y Métodos

#### Área de estudio

La cuenca del arroyo del Azul (Figura 1) se encuentra ubicada en el centro de la provincia de Buenos Aires ( $58^{\circ} 51' - 60^{\circ} 10' O$  y  $36^{\circ} 09' - 37^{\circ} 19' S$ ), abarcando casi la totalidad del partido homónimo. El clima de la región es templado subhúmedo, con temperatura media anual cercana a  $14^{\circ}C$  y medias estacionales de  $7^{\circ}C$  en invierno y  $22^{\circ}C$  en verano (Cid *et al.*, 2011). Las precipitaciones medias anuales se aproximan a los 900 mm. Durante el verano son frecuentes las sequías en suelos someros, asociadas con la alta evaporación y evapotranspiración, mientras que en otoño, invierno e inicios de primavera suelen ocurrir eventos de anegamientos de distinta intensidad (Chaneton *et al.*, 2002).

El sector norte de dicha cuenca presenta características propias del paisaje de la Pampa Deprimida: dominan pastizales naturales en suelos con limitaciones para la agricultura, sometidos frecuentemente a excesos hídricos de diversa magnitud. Las pendientes en el área varían entre 0,5 y 0,8% (Sala *et al.*, 1987), presentando un diseño de drenaje de tipo distributivo. La dirección general del escurrimiento es hacia el cuadrante N-NO, controlado por el gradiente general de la planicie.

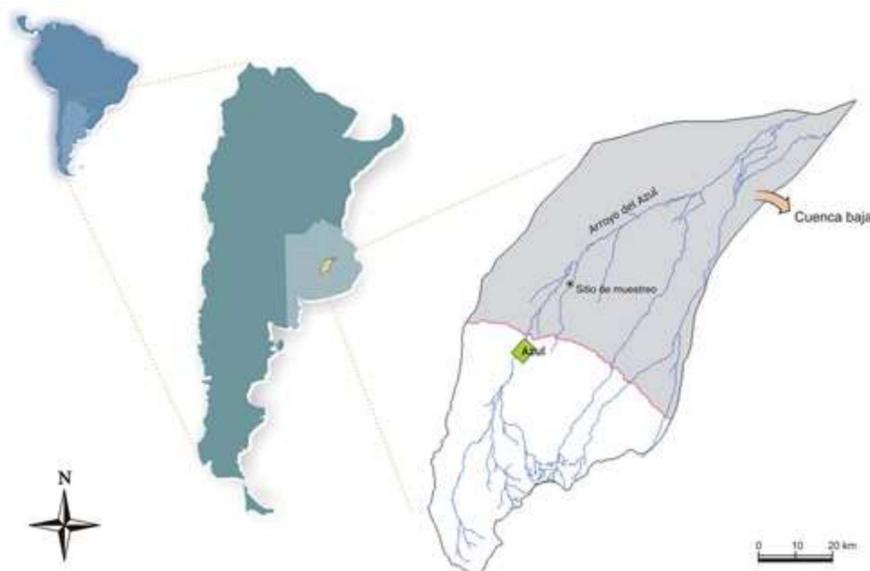


Figura 1. Cuenca del arroyo del Azul, cuencas alta y baja y sitio de análisis.

Los suelos del área se caracterizan por presentar horizontes A poco desarrollados y oscuros, y horizontes B prismático-columnares con fuertes signos de hidromorfismo. Además, presentan un encostramiento calcáreo estratiforme entre los 0,5 y 1 m de profundidad y exhiben alcalinidad en superficie y/o profundidad, por lo que se los considera alcalinos, no salinos.



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Entraigas *et al.* (en prensa) distinguen tres tipos o variantes del pastizal natural en el área de acuerdo con las especies vegetales más abundantes o conspicuas: **A.** *Distichlis picata* (L.) Greene var. *spicata*; **B.** *Paspalum dilatatum* Poir. ssp. *dilatatum*; y **C.** *Nassella formicarum* (Delile) Barkworth. Siguiendo la clasificación propuesta por Perelman *et al.* (2001) dichas variantes se corresponden con “estepas de halófitas”, “praderas húmedas de mesófitas” y “pradera de hidrófitas” respectivamente.

Específicamente, la experiencia se llevó a cabo en un establecimiento agropecuario de la localidad de Shaw, partido de Azul (zona norte de la cuenca), en un potrero de 64 ha dedicado a la cría de ganado vacuno, donde se desarrollan las variantes del pastizal ya mencionadas, además de sitios intermedios entre las variantes A y C caracterizados por la dominancia de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. var. *dactylon* (en adelante, denominada variante **D**). Según la Carta de Suelos de la República Argentina (INTA, 1974) el establecimiento elegido se ubica en una unidad cartográfica de tipo complejo (LEs7), donde se encuentran las series La Escocia, General Guido y Chelforó (Natracuol típico, Natracuol típico y Natracualf típico, respectivamente) en proporciones similares.

### Muestreo y análisis de datos

Se censaron 14 puntos equidistantes a lo largo de una transecta de 700 m, ubicada de forma transversal al eje principal de escurrimiento del agua; en ellos se midió: la humedad gravimétrica, la conductividad eléctrica (CE) y el pH del suelo, la biomasa aérea viva y seca, y la densidad de raíces en los 20 cm superiores. Además, se identificó la variante del pastizal en cada sitio relevado (A, B, C ó D).

Las muestras destinadas a la caracterización de humedad fueron extraídas con barreno, diferenciándose en dos submuestras de 0-10 y 10-20 cm de profundidad. Para la obtención del pH y la CE, en tanto, se utilizaron muestras correspondientes a una única sección de 0-20 cm, al igual que para la estimación de la biomasa de raíces. Las cosechas de biomasa aérea se realizaron mediante cortes al ras del suelo dentro de un aro metálico de 31 cm de diámetro ( $0,075 \text{ m}^2$ ;  $7,55 \times 10^{-6} \text{ ha}$ ).

El contenido de agua del suelo se determinó en términos de humedad gravimétrica mediante secado en estufa. Las determinaciones de pH y CE se realizaron siguiendo la metodología propuesta por USDA (1999). Las muestras de biomasa aérea fueron particionadas, subdividiendo el total recogido en campo en dos submuestras: materia viva (Bio V) y materia seca (Bio S), y posteriormente fueron sometidas a estufa a 60 °C hasta alcanzar pesos constantes. Las muestras de biomasa subterránea fueron filtradas y lavadas (Köpke, 1981). Para las cosechas de vegetación, los resultados se exponen en función de su equivalencia en gramos por metro cuadrado, mientras que las estimaciones de raíces se expresan en términos de densidad radical ( $\text{g dm}^{-3}$ ).

Para analizar las relaciones entre las distintas variables, se recurrió a un análisis de componentes principales (ACP) (Klovan, 1975; Abdi, 2003) utilizando el modo R para

## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

analizar las relaciones entre variables y el modo Q para estudiar la similitud entre lugares de muestreo.

### Resultados y Discusión

Según puede verse en la Tabla 1, en los sitios donde se identificaron las variantes A y B se halló el menor contenido de humedad en los 0,10 m superiores, mientras que en la variante C los contenidos de humedad fueron ampliamente superiores a los otros sitios. Los sitios dominados por *C. dactylon* (variantes D) arrojaron valores intermedios.

Tabla 1: Valores promedios para las variables analizadas en cada variante del pastizal identificada (A, B, C y D). H.G.: humedad gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ) de 0 a 10 cm (H10) y de 10 a 20 cm (H20); CE: conductividad eléctrica del suelo ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ); pH; S.D.: porcentaje de suelo desnudo (%); B.A.: biomasa aérea (g) viva (Bio V) y seca (Bio S); Raíces: densidad de raíces en  $\text{g dm}^{-3}$ , de 0 a 20 cm.

Variable \ Variante		A	B	C	D
		H.G.	H10	0,24	0,22
	H20	0,32	0,12	0,20	0,38
CE		1423,8	161,5	363,0	1136,6
pH		10,1	5,9	7,4	9,4
S.D.		48,3	0,0	2,0	7,8
B.A.	Bio V	13,83	48,62	20,11	15,09
	Bio S	3,38	7,50	4,00	5,80
Raíces		1,18	1,06	3,35	2,57

Tanto en la variante A como en la D, la humedad en el rango de profundidades de 10 a 20 (H20) cm fue mayor que en el de 0 a 10 (H10). Por otra parte, en las variantes B y C la relación fue inversa, con contenidos de humedad gravimétrica de 10 a 20 cm que están alrededor de la mitad que en los 10 cm superiores.

Es notable advertir que en la variante B se registran los valores más altos de biomasa aérea (tanto viva como seca), pero no ocurre lo mismo con la biomasa subterránea. La densidad de raíces es claramente superior en los sitios identificados como la variante C.

El análisis de componentes principales de las variables (Figura 2) con la condición de retener los componentes con autovalores mayores a la unidad, concluyó en tres componentes (CP) que explican un 84 % de la varianza original. El CP1 está asociado a la CE, el pH y la humedad de 10 a 20 cm de profundidad y a la biomasa aérea viva (con signo negativo), como puede verse en la Figura 2. El CP2 se correlaciona con la

## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

humedad de los primeros 10 cm y con la densidad de raíces. En tanto, la biomasa aérea seca no se asocia a ninguna otra variable y es la principal responsable del CP3.

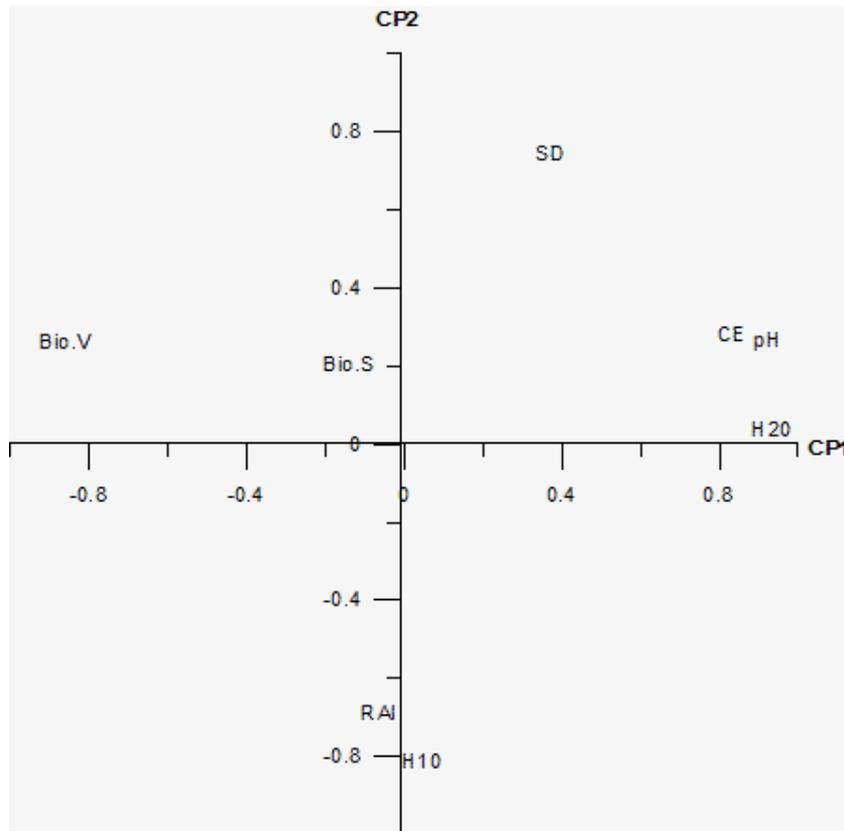


Figura 2. Representación de las variables sobre los dos primeros componentes del análisis de componentes principales (modo R). H10 y H20: humedad gravimétrica de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm, respectivamente; CE: conductividad eléctrica del suelo; SD.: porcentaje de suelo desnudo; Bio V y Bio S: biomasa aérea viva y seca, respectivamente; RAI: densidad de raíces.

La oposición entre CE o pH y biomasa viva es razonable, dada la dificultad de muchos vegetales para desarrollarse en suelos alcalinos. Considerando el escaso desarrollo del horizonte A y la estructura columnar del B, parece razonable que la humedad entre 10 y 20 cm no esté asociada a la biomasa viva.

Por otra parte, la humedad de 0 a 10 cm y la densidad de raíces, tienen muy poca relación con las variables anteriores, pero están altamente correlacionadas entre sí y también relacionadas, de manera opuesta, con el porcentaje de suelo descubierto. La alta correlación entre la humedad superficial y la densidad de raíces es coherente con lo anteriormente dicho acerca de la profundidad del horizonte A y la distribución de raíces en el suelo. Por otra parte es totalmente lógico que el mayor porcentaje de suelo desnudo signifique que la parte superficial del suelo esté más seca con lo cual se llega

## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

transitivamente a una menor densidad de raíces. Finalmente, la biomasa aérea seca tiene muy poca relación con las demás variables.

En cuanto a la similitud de los sitios de muestreo, también se realizó un ACP pero de la matriz traspuesta, lo que se conoce como análisis en Modo Q. La ubicación de los sitios de muestreo en el plano de los CP1 y CP2, puede verse en la Figura 3. Obsérvese que los sitios de muestreo se ubican sobre un arco de círculo que va desde cercanías del CP1 hasta cercanías del CP2. Esta forma circular se debe a que ningún sitio está asociado a un posible CP3, perpendicular al plano de la figura y por el origen de los dos primeros CP. Los sitios más cercanos al CP1 están todos muy agrupados y sólo se separan los sitios 11, 5, 9 y 14, que tienden hacia el CP2. Estos cuatro sitios se corresponden con las variantes B (5 y 11) y C (9 y 14) del pastizal. Estos cuatro lugares se diferencian claramente de los correspondientes a las variantes A y D, que se agrupan más cerca del CP1.

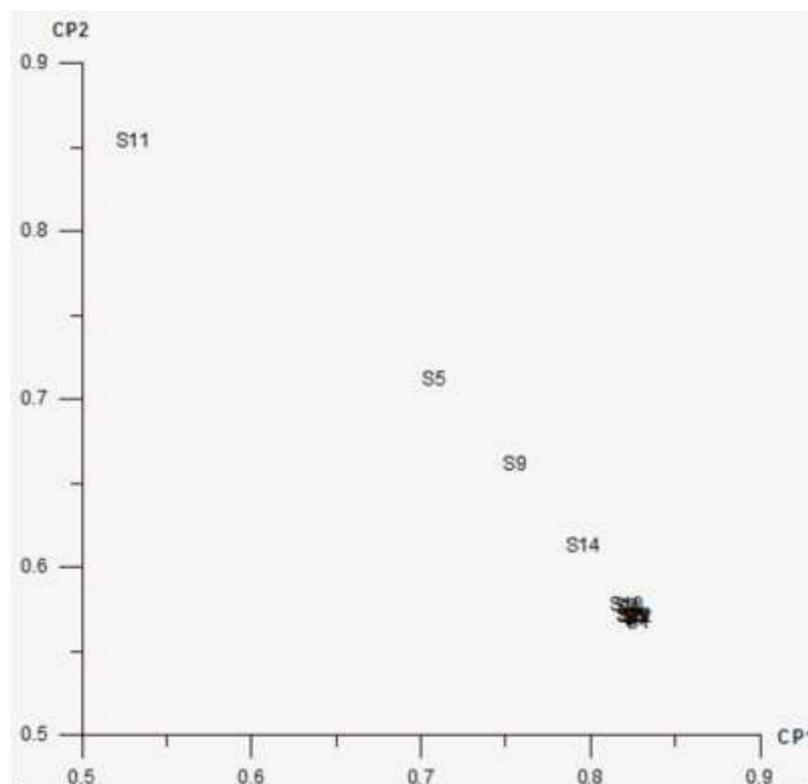


Figura 3. Representación de los sitios muestreados sobre los dos primeros componentes del ACP (modo Q).

Los sitios correspondientes a la variante B se caracterizan, entonces, por presentar mayor cantidad de biomasa aérea viva y suelos con menor contenido de humedad de 0-10 cm, pH, CE y suelo descubierto. Los tipos de pastizal A y D exhiben mayores valores



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

de pH, CE y humedad de 10-20 cm, asociado a menor cantidad de biomasa aérea viva. Por su parte, la variante C presenta situaciones intermedias entre las anteriores. Es interesante destacar que, a pesar de las diferencias en composición florística y en cobertura de las especies más abundantes que presentan las variantes A y D, los sitios correspondientes no se diferenciaron en el análisis a partir de las variables elegidas. Sin embargo, el ACP ha resultado ser una herramienta útil para la caracterización de sitios y variables, y para la diferenciación entre sitios que presentan los tres tipos de pastizales típicos del área analizada (variantes A, B y C).

### **Bibliografía**

Abdi, H. 2003. Factor rotations in factor analyses. En: M Lewis-Beck; ABryman & T Futing (eds.). Encyclopedia of Social Sciences Research Methods. Thousand Oaks (CA): Sage.

Allen, RB & PH McIntosh. 1997. The distribution of plants in relation to pH and salinity on inland saline/alkaline soils in Central Otago, New Zealand. *New Zeal J Bot* 35:517-523.

Batista, WB; RJC León & SB. Perelman. 1988. Las comunidades vegetales de un pastizal natural de la región de Laprida, Prov. de Buenos Aires, Argentina. *Phytocoenologia* 16:465-480.

Batista, WB & RJC León. 1992. Asociación entre comunidades vegetales y algunas propiedades del suelo en el centro de la Depresión del Salado. *Ecol. austral* 2:47-55.

Chaneton, EJ & RS Lavado. 1996. Soil nutrients and salinity after long-term grazing exclusion in a Flooding Pampa grassland. *J. Range Manage.* 49:182-187.

Chaneton, EJ; SB Perelman; M Omacini & RJC León. 2002. Grazing, environmental heterogeneity, and alien plant invasions in temperate Pampa grasslands. *Biol. Invasions* 4:7-24.

Chaneton, EJ. 2005. Factores que determinan la heterogeneidad de la comunidad vegetal en diferentes escalas espaciales. En: M Oesterheld; M Aguiar; C Ghersa & J Paruelo (eds.). *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas*. Pp. 19-42. Ed Facultad de Agronomía, UBA.

Cid, MS; RC Fernández Grecco; M Oesterheld; JM Paruelo; AF Cibils & MA Brizuela. 2011. Grass-fed beef production systems of Argentina's flooding pampas. *Outlook Agr.* 40(2):181-189.



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

Corwin, DL; SR Kaffka; JD Oster; O Hopmans; Y Mori; JW Van Groenigen; C Van Kessel & SM Lesch. 2003. Assessment and field scale mapping of soil quality properties of a saline-sodic soil. *Geoderma* 14:231-259.

Entraigas, I; N Vercelli; MG Ares; M Varni & S Zeme. Flooding as an ecological disturbance in natural grasslands in depressed catchments. Case of the Azul creek basin. *Hydrological processes* (en prensa).

IHLLA. 2003. Sistema de soporte para la gestión eficiente de los recursos hídricos en la llanura bonaerense. Proyecto CIC-UNCPBA, Informe Final. Instituto de Hidrología de Llanuras, Azul, Argentina.

Imbellone, P; J Eloy Giménez & JL Panigatti. 2010. Suelos de la Región Pampeana. Procesos de formación. INTA. Buenos Aires, Argentina. 288 pp.

INTA. 1974. Cartas de Suelos de la República Argentina. Escala 1:50.000. Hoja 3760-10 Cacharí. Buenos Aires.

Klovan, JE. 1975. R- and Q- mode Factor Analysis. En: RB McCammon (ed.). *Concepts in Geostatistics*. Pp. 21-61. Springer-Verlag, New York.

Köpke, U. 1981. A comparison of Methods for Measuring Root Growth of Field Crops. *Z. Adker und Pflanzenbau (Journal Agronomy & Crop Science)* 150:39-49.

Matteucci, SD. 2012. Capítulo 12: Ecorregión Pampas. En: J Morello; SD Matteucci; AF Rodríguez & M Silva. *Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos*. Pp. 391-446. Orientación Gráfica Editora S.R.L. Buenos Aires, Argentina. 719 pp.

Perelman, SB; RJC León & M Oesterheld. 2001. Crossscale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. *J Ecol.* 89:562-577.

Sala, OE; M Oesterheld; RJ León & A Soriano. 1986. Grazing effects upon plant community structure in subhumid grassland of Argentina. *Vegetatio* 67:27-32.

Sala, JM; E Kruse & R Aguglino. 1987. Investigación hidrológica de la Cuenca del Arroyo del Azul, Provincia de Buenos Aires. Informe 37. CIC. La Plata.

USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Traducción al español por Lutens, A; JC Salazar & P Lea. Buenos Aires. CRN-CNIA-INTA. Pp. 14-15.