

Artículo científico

Recuperación de suelos salinos mediante la implantación de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth.) cv. Callide, en la Llanura Deprimida del límite Tucumán-Santiago del Estero

Recovery of saline soils by sowing of Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth.) cv. Callide, on the Plain Depressed of the limit Tucuman-Santiago del Estero

J.R. Toll Vera; G.O. Martín (h)*; M.M. Fernández; M.G. Nicosia; A.M. Plasencia; L.E. Olea; A. González Coletti; S.N. Agüero

Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Florentino Ameghino s/n, Finca El Manantial, (4000), Tucumán, Argentina. *E-mail: gomarth@faz.unt.edu.ar

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la recuperación de suelos salinos mediante la implantación de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth.) cv. Callide en la Llanura Deprimida del este de Tucumán y el oeste de Santiago del Estero, a través de la medición de parámetros indicadores de halomorfismo como pH y conductividad eléctrica (CE) y de la materia orgánica (MO). El estudio se llevó a cabo en un establecimiento ganadero ubicado en el límite entre el Departamento Leales, Provincia de Tucumán y el Departamento Río Hondo, Provincia de Santiago del Estero, Argentina, ubicado en la Llanura Deprimida Salina Semiárida. La siembra de Grama Rhodes se efectuó al voleo con sembradora centrífuga a una densidad de 8 kg/ha, durante la primera quincena de marzo de 1998. Se sembraron 3 parcelas de 50 x 20 m (1000 m²). Durante los años que duró el experimento, la pastura se manejó racionalmente realizando 3 pastoreos por campaña. Se procedió a la obtención de muestras de suelo al inicio (año 1998) y al final (año 2010) del experimento, mediante el uso de barreno en cada uno de los sitios de ensayo a las profundidades de 0-20, 20-40 y 40-60 cm. Se relevaron a través de transectas de 10 m de largo (1 en cada parcela experimental), los porcentajes de cobertura de la pastura, el mantillo, las malezas y el suelo desnudo al inicio de cada ciclo de aprovechamiento. Los resultados muestran una reducción en los valores de pH y CE hacia el final del experimento, en todas las profundidades evaluadas. Al mismo tiempo, se verifica una mejora significativa en el contenido de MO del suelo. A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que la incorporación de biomasa de Grama Rhodes cv. Callide en condiciones de halomorfismo, mejora las propiedades del suelo, a través de una reducción de sus valores de pH y CE y que el aporte de residuos vegetales debido a la biomasa forrajera producida, determina un incremento significativo de la MO del suelo.

Palabras clave: Salinidad; Recuperación edáfica; Grama Rhodes.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the recovery of saline soils by sowing Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth.) cv. Callide at the east of the Plain Depressed of Tucuman and also at east and west of Santiago del Estero, through the measurement of halomorfism indicators parameters such as pH, electrical conductivity (EC) and organic matter (OM). The study was carried out in a cattle farm located on the border between Leales Department (Tucuman Province) and Rio Hondo Department (Santiago del Estero Province), in the Depressed Saline Semi-arid Plain. The sowing of Rhodes grass was carried out by broadcasting at a density of 8 kg/ha during the first half of march 1998 on 3 plots of 50 x 20 m (1000 m²). During the years of the experiment, the pasture was rationally managed with 3 grazing per campaign. Soil samples were obtained at the beginning (1998) and at the end (2010) of the experiment, using auger blade in each of the test sites at depths of 0-20, 20-40 and 40-60 cm. The percentages of pasture coverage, mulch, weeds and bare soil at the beginning of each cycle were measured by means of 10 m long transects (1 in each experimental plot). Results show a reduction in pH and EC towards the end of the experiment, at all depths evaluated. At the same time, a significant improvement is verified in soil OM content. The findings indicate that by incorporating biomass of Rhodes grass cv. Callide in halomorfism conditions, soil

Recibido 15/09/15; Aceptado 22/11/15.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

properties improved through a reduction in pH and EC values and that the contribution of plant residues due to the forage biomass produced, determine a significant increase in soil OM content.

Keywords: Salinity; Soil recovery; Rhodes grass.

Introducción

La salinidad y sodicidad de los suelos son las principales restricciones para la producción agrícola y ganadera (Taleisnik *et al.*, 2008). Los efectos de la elevada concentración de sales se expresan de variadas formas sobre las plantas. El principal efecto del estrés salino es una reducción del crecimiento foliar. En poáceas, el macollaje se reduce, siendo éste un componente fundamental en la acumulación de biomasa (Maas *et al.*, 1994; Munns y Tester, 2008).

Los rasgos fisiológicos más asociados a la tolerancia a la salinidad en poáceas son la exclusión del ión, la tolerancia de los tejidos al sodio (Tester y Davenport, 2003; Munns y Tester, 2008) y el ajuste osmótico (Zhang *et al.*, 1999). Es por ello importante contar con especies de aptitudes genéticas para adaptarse, crecer y ser productivas en suelos halomórficos.

La expansión de la ganadería hacia el Noreste (NEA) y el Noroeste (NOA) de Argentina, se ha sustentado en el aprovechamiento de los pastizales naturales y en la introducción de nuevas especies, en su mayoría gramíneas subtropicales; entre ellas se destaca la Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth.), presente en campos ganaderos del NOA desde 1917 (Guzmán *et al.*, 1988).

Esta especie ha mostrado muy buena producción de materia seca en suelos halomórficos (Taleisnik *et al.*, 1997; Pérez *et al.*, 1998; Semple *et al.*, 2003; Deifel *et al.*, 2006). Posee temperaturas óptimas para la fotosíntesis entre los 30 y los 35 °C (Gliessman, 1998), tolera condiciones de salinidad y alcalinidad (Russell, 1976; Gupta y Abrol, 1990; Deifel *et al.*, 2006), sequía (Wehrl *et al.*, 2005) y es muy eficiente en el uso del agua (Clark y Lugo, 1986) y del nitrógeno (Ehleringer *et al.*, 1997). Presenta un elevado potencial de producción de materia seca (Cornacchione, 2007; Renolfi *et al.*, 2007a, b) y calidad suficiente para satisfacer la demanda nutricional del ganado de cría y recría (De León, 2010). Tiene capacidad de formar estolones, adaptación que le otorga una ventaja durante el establecimiento (Semple *et al.*, 2003).

En la Llanura Deprimida Salina del este de Tu-

cumán y el oeste de Santiago del Estero, la presencia de un manto freático próximo a la superficie (Figuroa *et al.*, 1996), incide en la génesis y morfología de los suelos, en el régimen hídrico y en las condiciones de aireación (Zuccardi y Fadda, 1985). Bajo estas circunstancias, la presencia de sales es frecuente en los sitios más bajos de la llanura y es allí donde la escasa cobertura de pastos de valor forrajero es una limitante a la producción animal (Martín *et al.*, 2003).

Entre las alternativas disponibles para mejorar la receptividad de estos suelos se encuentra la técnica conocida como fitorremediación. La misma consiste en incorporar especies que posean un elevado potencial de producción de biomasa, acompañado por la capacidad de tolerar ambientes extremos (Ghaly, 2002; Kaur *et al.*, 2002; Qadir y Oster, 2002). La mayor producción de biomasa actúa sobre las propiedades físicas, promoviendo mejoras en la estructura del suelo a través de la creación de macroporos y grietas estructurales que disminuyen la densidad aparente (Elkins *et al.*, 1977; Qadir *et al.*, 2007) y el aumento de la estabilidad de los agregados (Boyle *et al.*, 1989; Tisdall, 1991) y sobre las propiedades químicas, al generar un aumento de la presión parcial de CO₂ por mayor respiración de las raíces, lo que colabora en disolver la calcita (CaCO₃) promoviendo descensos del pH por reemplazo del sodio adsorbido a los coloides del suelo por el calcio liberado de la calcita (Semple *et al.*, 2003; Qadir *et al.*, 2007).

Chloris gayana es una poácea megatérmica perenne que ha expresado un alto potencial de producción de biomasa en suelos salinos del centro y norte de Argentina (Cornacchione *et al.*, 2007; Renolfi *et al.*, 2007a, b), pero no hay información regional sobre el efecto que la implantación de esta especie causa sobre las características edáficas de ambientes halomórficos (Vecchio *et al.*, 2009; Otondo, 2011).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la recuperación de suelos salinos mediante la implantación de Grama Rhodes (*C. gayana*) cv. Callide en la Llanura Deprimida del este de Tucumán y el oeste de Santiago del Estero, a través de la medición de parámetros indicadores de halomorfismo como pH y conductividad eléctrica (CE) y de la materia orgánica (MO).

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en un establecimien-

to ganadero ubicado en el límite entre el Departamento Leales, Provincia de Tucumán y el Departamento Río Hondo, Provincia de Santiago del Estero, Argentina, dentro de la Llanura Deprimida Salina Semiárida. La zona presenta clima mesotermal semiárido cálido (DB₄da') según la clasificación de Thornthwaite, con un período libre de heladas de 306 días y una precipitación media anual de 750 mm concentrada entre los meses de diciembre y marzo (Torres Bruchmann, 1981; Bianchi y Yáñez, 1992; Minetti, 1997). La temperatura media anual es de 19,5 °C, con una temperatura media para enero de 26,0 °C y para julio de 12,5 °C (Tabla 1) (Torres Bruchmann, 1981).

La preparación del suelo, para la siembra de las parcelas experimentales, se realizó mediante picado del fachinal halófito con rolos aireadores de cuchillas espiraladas en simple pasada. La siembra de Grama Rhodes se efectuó al voleo con sembradora centrífuga eléctrica montada por delante de los rolos aireadores a una densidad de 8 kg/ha, durante la primera quincena de marzo de 1998. Luego de la siembra se pasó un rolo compactador liviano para mejorar el contacto de la semilla con el suelo. Se sembraron 3 parcelas de 50 por 20 m cada una (1000 m²).

El control de malezas se realizó al 2^{do}, 5^{to} y 8^{vo} año del experimento mediante pulverización con 2,4-D a razón de 3 l p.c./ha diluidos en 150 l de agua, humectante y corrector de pH. El lote se sometió al manejo comercial de la empresa, bajo pastoreo rotativo. Durante los años del ensayo experimental la pastura se manejó racionalmente realizando 3 pastoreos por campaña (entre los meses de diciembre y abril), con una intensidad de pastoreo del 65 % de la biomasa aérea total al

estado de prefloración. Entre los meses de mayo y noviembre, la pastura estuvo en descanso para lograr una adecuada recuperación del vigor de las plantas.

Se procedió a la obtención de muestras de suelo al inicio del experimento (año 1998) y al final (año 2010), mediante el uso de barreno en cada uno de los sitios de ensayo a las profundidades de 0-20, 20-40 y 40-60 cm. En el laboratorio de la Cátedra de Edafología (Facultad de Agronomía y Zootecnia-Universidad Nacional de Tucumán, Argentina), se determinó el pH, el porcentaje de MO por el método de Walkley y Black (Walkley y Black, 1934) y la CE (dS/m) en el extracto de saturación mediante conductímetro (Tabla 2).

Se relevó a través de transectas de 10 m de largo (una en cada parcela experimental), los porcentajes de cobertura de la pastura, el mantillo, las malezas y el suelo desnudo (Tabla 3) al inicio de cada ciclo de aprovechamiento.

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado y las diferencias entre medias se evaluaron mediante prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$), empleándose el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2015).

Resultados y discusión

La Tabla 2 presenta los valores de pH y CE medidos en los suelos salinos del este de Tucumán-oeste de Santiago del Estero en los años 1998 (inicio del ensayo) y 2010 (año final del ensayo) y el porcentaje de MO del suelo para los mismos años. Se observa una reducción en los valores de pH y CE para el año 2010, en todas las profundidades evaluadas.

Tabla 1. Temperatura (T) media (°C) y precipitación (P) media mensual (mm) del sitio de ensayo a lo largo del año.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T	26,1	25,1	22,9	19,4	16,3	12,7	12,6	14,6	17,7	21,3	23,8	25,8
P	153	141	132	49	26	8	4	3	9	46	86	107

Tabla 2. Caracterización de los suelos salinos del este de Tucumán-oeste de Santiago del Estero (Años 1998 vs. 2010).

Prof. (cm)	pH			% Materia orgánica			Conductividad eléctrica (dS/m)		
	1998	2010	Dif.	1998	2010	Dif.	1998	2010	Dif.
0-20	8,51 a	7,22 b	-1,29	2,33 a	4,95 b	+2,62	25,08 a	14,10 b	-10,98
20-40	9,12 a	7,79 b	-1,33	1,67 a	2,34 b	+0,67	29,49 a	12,90 b	-16,59
40-60	9,16 a	8,01 b	-1,15	1,04 a	1,51 b	+0,47	31,11 a	15,30 b	-15,81

Letras distintas por fila y por parámetro evaluado, indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Tabla 3. Cobertura de lotes de Grama Rhodes (*Chloris gayana*) cv. Callide en los suelos salinos evaluados, entre los años del experimento.

Componentes	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	Media
G. Rhodes (%)	85 a	82 b	76 d	74 d	72 e	77 d	79 c	77,86
Mantillo (%)	5 a	14 b	17 c	23 d	23 d	17 c	14 b	16,14
Malezas (%)	7 a	4 b	6 a	2 c	5 ab	6 a	7 a	5,28
Suelo Desnudo (%)	3 a	0 b	1 b	1 b	0 b	0 b	0 b	0,72

Letras distintas por fila indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

Al mismo tiempo, se verifica una mejora significativa en el contenido de MO del suelo (sobre todo en el horizonte superficial, donde el porcentaje de mejora supera el 100 %), lo que sin duda produce un incremento en la fertilidad del mismo.

Al evaluar la dinámica seguida por el cultivo de Grama Rhodes (Tabla 3) a lo largo de los años del ensayo experimental, se determina que el más alto valor de cobertura del suelo se obtiene durante el primer año de implantación (85 %), a partir del cual comienza una reducción progresiva hasta llegar a un mínimo valor de 72 % al 7^{mo} año de vida de la pastura; a partir de allí y hasta el final del estudio la Grama Rhodes incrementa significativamente su cobertura.

En cuanto al resto de los parámetros medidos, el porcentaje de mantillo aumenta casi 3 veces durante los dos primeros años del ensayo, para tender a mantenerse en esos valores hasta el final. El porcentaje de malezas es constante durante el estudio, siempre estando por debajo del 10 % de la superficie, mientras que el porcentaje de suelo desnudo tiende a desaparecer, aspecto sumamente positivo al momento de estabilizar la estructura del suelo e impedir erosión por escorrentía durante veranos lluviosos.

En cuanto a los parámetros indicadores de halomorfismo edáfico, la incorporación de Grama Rhodes cv. Callide produjo que tanto el pH como la CE muestren significativas reducciones a lo largo de los años del estudio, en coincidencia con resultados obtenidos por Otondo (2011) en la Pampa Deprimida, llegando a valores más que compatibles con pasturas de tolerancia intermedia a salinidad (Russell, 1976; Guzmán *et al.*, 1988; Pérez *et al.*, 1998; Deifel *et al.*, 2006; Munns y Tester, 2008). Una explicación posible de este efecto, se sustenta en lo reportado por Semple *et al.* (2003) y Qadir *et al.* (2007), quienes establecieron que una mayor biomasa aérea sobre el suelo favorece un mayor volumen radicular de la especie sembrada y esta mayor actividad provoca un incremento en

la presión parcial de CO₂, lo que colabora en la disolución de la calcita (CaCO₃), promoviendo descensos del pH por reemplazo del sodio adsorbido a los coloides del suelo por el calcio liberado de la calcita. Este efecto no sólo sería generado por la biomasa de raíces del cultivo, sino también por el tiempo de actividad y permanencia de las mismas en el suelo, debido a que estudios recientes han demostrado que clausurando un pastizal durante 8 años es posible lograr mejoras sustanciales en el pH y la CE (Vecchio *et al.*, 2009).

Con respecto al aumento registrado en el porcentaje de MO del suelo por la incorporación de Grama Rhodes, se deben tener en cuenta los aspectos destacados por Boyle *et al.* (1989) en relación con una mejor estructuración del perfil edáfico y la mayor infiltración de agua que esto genera, lo que determina beneficios inmediatos sobre la productividad de la pastura y el reciclaje de nutrientes (Otondo, 2011).

Conclusiones

La incorporación de biomasa de Grama Rhodes cv. Callide en condiciones de halomorfismo, mejora las propiedades del suelo, a través de una reducción de sus valores de pH y CE.

El aporte de residuos vegetales debido a la biomasa forrajera producida, determina un incremento significativo de la MO del suelo.

A través de la siembra de pasturas tolerantes a salinidad, es posible lograr la remediación de una gran superficie de suelos halomórficos en las regiones semiáridas de Argentina; ello contribuirá a la diversificación productiva de estas áreas, mediante el establecimiento de sistemas de producción más sustentables.

Referencias bibliográficas

Bianchi A.R., Yañez C. (1992). Las precipitaciones en el Noroeste Argentino, 2^a ed., INTA EEA Salta, Salta,

- Argentina.
- Boyle M., Frankenberger W.T., Stolzy L.H. (1989). The influence of organic matter on aggregation and water infiltration. *Journal of Production Agriculture* 2: 290-299.
- Clark R.P., Lugo D.G. (1986). Kleingrass yield and quality under three irrigations regimes when harvested at anthesis. *Agronomy Journal* 78: 235-239.
- Cornacchione M.V. (2007). Producción forrajera de gramíneas subtropicales en el sudoeste santiagueño. *Revista Argentina de Producción Animal* 27 (Supl. 1): 224-225.
- Cornacchione M.V., Pérez H.E., Fumagalli A.F. (2007). Effect of clipping on the stolon elongation rate and stolon survival of cultivars *Chloris gayana* Kunth. in conditions of salinity. *Journal of Animal Science* 85: 38.
- Deifel K.S., Kopittke P.M., Menzies N.W. (2006). Growth response of various perennial grasses to increasing salinity. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1573-1584.
- De León M. (2010). Megatérmicas para mejorar la ganadería subtropical. XVIII Congreso AAPRESID. 11-13 agosto, Rosario, Argentina. Vol. I pp. 47-53.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. (2015). InfoStat, versión 2015. En: <http://www.infostat.com.ar>.
- Ehleringer J.R., Cerling T.E., Helliker E.R. (1997). C4 photosynthesis, atmospheric CO₂ and climate. *Oecología* 112: 285-299.
- Elkins C.B., Haaland R.L., Hoveland C.S. (1977). Grass root as a tool for penetrating soil hardpans and increasing crop yields. 34^o Southern Pasture and Forage Crop Improvement Conference. 12-14 abril, Auburn, Alabama, EE.UU. Pp. 21-26.
- Figueroa, L.R.; Medina, L.F.; Pietroboni, A.M. (1996). Variaciones del nivel freático en la Llanura Deprimida de Tucumán. INTA-CRTS Serie Monográfica 3: 9-39.
- Ghaly F.M. (2002). Role of natural vegetation in improving salt affected soil in northern Egypt. *Soil Hill Research* 64: 173-178.
- Gliessman S.R. (1998). Agroecology. Ecological processes in sustainable agriculture, Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, EE.UU.
- Gupta R.K., Abrol I.P. (1990). Salt-affected soils: their reclamation and management for crop production. *Advances in Soil Science* 11: 223-228.
- Guzmán L.P., Ortega A.R., Juárez V.P., Sortheix J. (1988). Adaptación de forrajeras perennes introducidas en Tucumán (Argentina). *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán* 65: 195-212.
- Kaur B., Gupta S.R., Singh G. (2002). Bioamelioration of a sodic soil by silvopastoral systems in northwestern India. *Agroforest Systems* 54: 13-20.
- Maas E.V., Lesch S.M., Francois L.E., Grieve C.M. (1994). Tiller development in saltstressed wheat. *Crop Science* 34: 1594-1603.
- Martín G.O.(h), Raya F., Lucas J., Fernández D., Ortega E., Colombo M.B., Lagomarsino E.D., Toll Vera J.R., Nicosia M.G., Varela O., De Marco N. (2003). Diversidad y cobertura de la vegetación halófila de la Llanura Deprimida Salina Semiárida del Dpto. Leales, Tucumán, Argentina. III Reunión de Producción Vegetal y I de Producción Animal del NOA. 4-5 agosto, Tucumán, Argentina. CD Sección 2(4).
- Minetti, J.L. (1997). Ocho décadas de precipitaciones promedio en la Provincia de Santiago del Estero (1911-1990). INTA y Fundación Carl C., Z. CALDENIUS-NOAA.
- Munns R., Tester M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
- Otondo J. (2011). Efectos de la introducción de especies megatérmicas sobre características agronómicas y edáficas de un ambiente halomórfico de la Pampa Inundable. Tesis de Magister, Universidad Nacional de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. En: <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2011otondoJose.pdf>, consulta: noviembre 2015.
- Pérez H.E., Taleisnik E., Bravo S.J., García Seffino L., Orellana D. (1998). Respuesta a la salinidad de cultivares de Grama Rhodes: I. Componentes del rendimiento. *Revista Argentina de Producción Animal* 18 (Supl. 1): 185-186.
- Qadir M., Oster J.D. (2002). Vegetative bioremediation of calcareous sodium soils: history, mechanisms and evaluation. *Irrigation Science* 21: 91-101.
- Qadir M., Oster J.D., Schubert S., Noble A.D., Sahrawat K.L. (2007). Phytoremediation of sodic and saline sodic soils. *Advances in Agronomy* 96: 197-247.
- Renolfi R.F., Perotti M., Gómez A.T., Gerlero G. (2007a). Producción de biomasa aérea seca de gramíneas megatérmicas en el sitio "gramillal" del sudeste santiagueño. *Revista Argentina de Producción Animal* 27 (Supl.1): 230-231.
- Renolfi R.F., Gómez A.T., Radrizani A., Gersicich M.A. (2007b). Producción de materia seca aérea de gramíneas tropicales en el sitio ladera norte del Chaco Serrano. *Revista Argentina de Producción Animal* 27(Supl. 1): 232-233.
- Russell J.S. (1976). Comparative salt tolerance of some tropical and temperate legumes and tropical grasses. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 16: 103-109.
- Semple W.S., Cole I.A., Koen T.B. (2003). Performance of some perennial grasses on severely salinized sites on the inland slopes of New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43: 357-371.
- Taleisnik E., Grunberg K., Santa María G. (2008). La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. Edit. Universitaria de

- Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Taleisnik E., Peyrano G., Arias C. (1997). Response of *Chloris gayana* cultivars to salinity: 1. Germination and early vegetative growth. *Tropical Grasslands* 31: 232-240.
- Tester M., Davenport R. (2003). Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany* 91: 503-527.
- Tisdall J.M. (1991). Fungal hyphae and structural stability of soil. *Australian Journal of Soil Research* 29: 729-743.
- Torres Bruchmann E. (1981). *Climatología General y Agrícola de la Provincia de Santiago del Estero*, Facultad de Agronomía y Zootecnia-Universidad Nacional de Tucumán, Publicación Especial N° 1301.
- Vecchio M.C., Rodríguez A., Taboada M., Golluscio R. (2009). Mejoramiento del suelo por cambios en el uso pastoril de una estepa de halófitas del Norte de la Pampa Deprimida. V° Congreso Nacional de Manejo de Pastizales Naturales. 13-14 de agosto, Corrientes, Argentina. Pp. 222.
- Walkley A., Black I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Science* 63: 251-263.
- Wehrl J.B., So H.B., Menzies N.W., Fulton I. (2005). Hydraulic properties of layered soils influence survival of Rhodes grass (*Chloris gayana* Kunth.) during water stress. *Plant and Soil* 270: 287-297.
- Zhang J., Nguyen H., Blum A. (1999). Genetic analysis of osmotic adjustment in crop plants. *The Journal of Experimental Botany* 50: 291-302.
- Zuccardi R.B., Fadda G. (1985). Bosquejo agrológico de la provincia de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Miscelánea 86.