

Emergencia de forrajeras en un suelo salino-alcálico tratado con yeso

Emergency of different forage species in a saline-alkaline soil amended with gypsum

Martín¹, B., Sosa, O., Magra, G., Zerpa, G. y Besson, P.

Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario

Resumen

Los suelos salinos-alcálicos presentan limitaciones severas que restringen el crecimiento vegetal, particularmente durante la germinación y la emergencia. El objetivo fue evaluar la emergencia de diferentes forrajeras adaptadas a tierras salinas pobremente drenadas, en un suelo halomórfico tratado con yeso, y su relación con la salinidad y el pH. Se trabajó en laboratorio, con cinco dosis de yeso y cuatro forrajeras, empleándose como sustrato la capa 0-10 cm de un Natracualf típico fuertemente sódico y salino. El suelo seco y tamizado se distribuyó en cinco contenedores y se mezcló homogéneamente con yeso, aplicándose cantidades equivalentes a 7500, 5000, 2500, 1500 y 0 kg ha⁻¹, según el contenedor. Durante 115 días se regó periódicamente, manteniendo el suelo próximo a la saturación. Se repartió luego el contenido en bandejas plásticas y en grupos de 30 se sembraron semillas de cada una de estas especies: *Thinopyrum ponticum*, *Lotus tenuis*, *Melilotus officinalis* y *Chloris gayana* (50 de las tres primeras y 0,1 g de una muestra comercial de *C. gayana*). El diseño fue completamente aleatorizado, con seis repeticiones. A 21 días de la siembra se registró la emergencia y se midieron: pH (potenciometría) y CE (conductimetría), en la mezcla material/agua 1:2,5. Se realizaron regresiones lineales simples y compuesta por especie, tomando como variables dependiente a la emergencia e independientes al pH y a la CE. El impacto del yeso varió según especie y dosis empleada. En *C. gayana* y *M. officinalis* la aplicación mejoró la emergencia, pero sólo la primera respondió positivamente al aumento de las dosis. Los coeficientes de correlación entre la emergencia y los niveles de CE y pH fueron significativamente negativos. *T. ponticum* fue particularmente sensible a la salinidad durante la emergencia.

Palabras clave: emergencia, especies forrajeras, suelo salino-alcálico, yeso.

Summary

Saline-alkaline soils have severe limitations that restrict plant growth, particularly during germination and emergence. The objective was to evaluate emergence of different forage species adapted to saline lands poorly drained in an halomorphic soil treated with gypsum and its relationship with salinity and pH. The study was conducted in a laboratory, with five doses of gypsum and four forage crops. The substrate was the 0-10 cm layer of a typical Natracualf very sodic and alkaline. The soil was dried and sieved, distributed in five pots and homogeneously mixed with gypsum at doses of 7500, 5000, 2500, 1500 y 0 kg.ha⁻¹. During 115 days the soil was periodically watered and kept close to saturation. The content of the pots was distributed in

Recibido: febrero 2012

Aceptado: noviembre 2012

1. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Santa Fe, Argentina. oscarso1@hotmail.com

plastic trays, in groups of 30 seeds for each of the following species were planted: *Thinopyrum ponticum*, *Lotus tenuis*, *Melilotus officinalis* and *Chloris gayana* (50 seeds of the first three species and 0,1 g of a commercial sample of *C. gayana*). The experimental design was completely randomized with six replicates. Twenty-one days before sowing the emergence was recorded and pH (potenciometry) y CE (conductimetry) were determined in the mixture material/water 1:2,5. Data for each species were fitted to simple and compound linear regressions considering emergency as dependent variable and pH and CE as independent variables. The impact of gypsum was variable depending on species and dose. In *C. gayana* and *M. officinalis* gypsum application improved emergence, but only the first species responded positively to rate increment. Correlation coefficients between emergence and levels of CE and pH were significantly negative. *T. ponticum* was particularly sensitive to the salinity during the emergency

Key words: emergence, forage species, saline-alkaline soil, gypsum.

Introducción

La Pampa Ondulada presenta algunas áreas deprimidas, en donde las limitaciones de drenaje derivan de la ubicación en el paisaje y de la escasa profundidad de la napa freática (Mosconi et al., 1981). Esos sectores abarcan un variado mosaico de suelos y se caracterizan por una conjunción de restricciones al crecimiento vegetal (mal drenaje, anegamientos, salinidad, alcalinidad), determinante, en numerosos casos, de una limitada aptitud agrícola. Por ello es que suelen destinarse a la producción pecuaria, en base a pastizales naturales o mejorados.

La salinidad edáfica afecta a las plantas en crecimiento de dos maneras (Rowell, 1992; Munns y Tester, 2008). Por un lado, eleva la presión osmótica de la solución alrededor de las raíces. Ello reduce la capacidad de las plantas para absorber agua, causando una rápida disminución de la tasa de crecimiento, con algunos cambios metabólicos, similares a los generados por el estrés hídrico (Epstein, 1979). En segundo término, algunos iones presentes en las sales pueden generar toxicidad y/o desbalance nutricional en los tejidos vegetales.

En los suelos, a causa de su radio relativamente grande y de su carga eléctrica simple, el sodio adsorbido en las micelas coloidales tiende a causar la separación de las láminas de arcilla. Cuando se encuentra en elevadas cantidades, tal separación facilita el hin-

chamiento de los agregados y su dispersión (Frenkel et al., 1978; Hardy et al., 1983; Brady y Weil, 1996). Se genera así un desmejoramiento de la condición física edáfica, a partir de una degradación de la estructura y del colapso de la porosidad estructural, con reducción de la infiltración, de la permeabilidad y de la conductividad hidráulica. Todo ello ocasiona a las plantas serias dificultades para el desarrollo y la exploración radical, y para la captación de agua y nutrientes (Warrence et al., 2002). Además, en un ambiente sódico se verifican deficiencias de disponibilidad en nutrientes tales como fósforo, hierro, manganeso y cinc (Fassbender y Bornemisza, 1994).

El mejoramiento de la productividad forrajera en las tierras pampeanas deprimidas podría contemplar algunas prácticas, como la aplicación de correctivos químicos y el reemplazo de los pastizales naturales por especies más productivas. Lo primero tiene como finalidad la sustitución del sodio de intercambio. Cuando se emplean enmiendas cálcicas como el yeso, liberan el calcio que contienen y éste es capaz de reemplazar el exceso de sodio, pudiendo disminuir su nivel en la solución edáfica, descender el pH (Mendoza y Barberis, 1980; Sharma, 1986; Costa y Godz, 1999) y mejorar las propiedades físicas del suelo (Sharma, 1986; Renjasamy y Olsson, 1991; Ilyas et al., 1993; Lebron et al., 2002).

La implantación de pasturas en dichos ambientes requiere la selección de especies

tolerantes a las limitantes descriptas. Por otra parte, en cualquier tipo de suelo una correcta implantación parte de una adecuada emergencia. La germinación y la emergencia deben resolverse rápida y uniformemente; variaciones en las velocidades de las mismas pueden determinar capacidades diferenciales para competir durante el establecimiento, alcanzar una rápida cobertura y permitir un aprovechamiento anticipado de la pastura (Horst y Dunning, 1989). Las primeras etapas son generalmente críticas para la mayoría de las plantas y esto es más decisivo en los suelos salino-alcálicos. Aún para aquéllas que en estadios posteriores manifiestan adaptación, abundantes contenidos de sales afectan el poder germinativo y la tasa de germinación (Ungar, 1978; Bradford, 1995; Hanselin y Eggen, 2005). A su vez, existen diferentes comportamientos entre especies en cuanto a la tolerancia a los suelos halomórficos durante los estadios iniciales de crecimiento (Sheik y Mahmood, 1986; Aktar y Hussain, 2008; Dai et al., 2009).

Tanto *Thinopyrum ponticum* como *Lotus tenuis* han sido empleadas en nuestro país en bajos alcalinos (Bunge, 1998; Tommasone, 1998). *Thinopyrum ponticum* es la forrajera más cultivada en la Pampa Deprimida bonaerense, por su tolerancia a suelos alcalino-sódicos (Fernández Grecco et al., 1996; Ferrari y Maddaloni, 2001; Bazzigalupi et al., 2008).

El objetivo de este trabajo fue evaluar en un suelo salino-alcálico tratado con yeso la emergencia de diferentes especies forrajeras adaptadas a ambientes salinos pobremente drenados, y su relación con la salinidad y el pH edáficos.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en bandejas, dentro de un invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Rosario). El sustrato utilizado provino de un suelo Natracuál típico fuertemente alcálico y con alta salinidad. El mismo se encuentra en un sector

deprimido con limitaciones de drenaje, perteneciente al Módulo de Cría del Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias, Zavalla, Santa Fe (33° Lat. S, 67° Long. O). Se tomó material de la capa 0-10 cm del suelo, se secó al aire y luego se pasó a través de un tamiz de 4 mm. Posteriormente se repartió en cinco contenedores, en donde se mezcló homogéneamente con yeso (S: 17% y Ca: 24%), empleándose cantidades equivalentes a cinco dosis de campo: T1=0 kg ha⁻¹, T2=1500 kg ha⁻¹, T3=2500 kg ha⁻¹, T4=5000 kg ha⁻¹ y T5=7500 kg ha⁻¹.

Durante 115 días se aplicaron 132 mm de agua para mantener el suelo próximo a la saturación. Luego de ese período, se repartió el contenido de los recipientes en bandejas plásticas de 30 cm de largo, 20 cm de ancho y 20 cm de alto. Las mismas fueron previamente desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 5,25% y posteriormente lavadas con abundante agua para eliminar el exceso de desinfectante. En cada bandeja se sembraron semillas de una de las siguientes especies: *Thinopyrum ponticum* cv El Vizcachero INTA, *Melilotus officinalis* cv Madrid, *Lotus tenuis* y *Chloris gayana* cv Top Cut.

Las semillas fueron tratadas con carboxin 17% y Thiram 17%, para prevenir el crecimiento de hongos durante la germinación. De las tres primeras forrajeras se sembró el equivalente a 50 semillas corregidas por poder germinativo, distribuidas en 5 hileras de 5 semillas cada una, a 0,5 cm de profundidad. En las bandejas correspondientes a *C. gayana*, se colocó 0,1 g de semillas de una muestra comercial de dicha especie. Se regó periódicamente, para mantener la humedad edáfica al 50% de la capacidad de campo.

El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con arreglo factorial 5 x 4, cinco tratamientos de correctivos x cuatro especies forrajeras, con seis repeticiones.

A los 21 días después de la siembra se realizó el conteo de plántulas emergidas, expresándose la emergencia en porcentaje. En la muestra inicialmente tomada a campo y en el suelo de las bandejas a los 21 días se midieron el pH por potenciometría y la conduc-

tividad eléctrica (CE; dS.m^{-1}) por conductimetría, ambas propiedades en la mezcla material/agua destilada al 1:2,5 (Marbán y Ratto, 2005). En el mismo caso (situación inicial y muestras de las bandejas a los 21 días de la siembra) se determinó el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Para esto último previamente se determinó la capacidad de intercambio catiónico (valor T; miliequivalentes. $(100 \text{ g})^{-1}$ de suelo), por la técnica del acetato de amonio 1 N, $\text{pH} = 7$ (Rhoades, 1982) y el contenido de sodio, por fotometría de llama (miliequivalentes. $(100 \text{ g})^{-1}$ de suelo) (Thomas, 1982).

A los datos obtenidos se les aplicó análisis de la variancia (ANOVA) y test de comparación de medias (Duncan), con $p \leq 0,05$, empleándose el software InfoStat versión 1.1 (2002).

Asimismo, se efectuaron regresiones lineales (simples y compuesta), considerando a las variables edáficas (ph y CE) como independientes y a la emergencia como dependiente. Previamente, los porcentajes de emergencia se transformaron en valores angulares (arco seno ($\sqrt{x}$)).

Resultados y Discusión

El material de suelo empleado tenía inicialmente una $\text{CE} = 2,13 \text{ dS.m}^{-1}$, un $\text{pH} = 10,12$ y un $\text{PSI} = 36,12$, con una reacción del suelo fuertemente alcalina. El valor de CE

indica una salinidad muy alta, si se tienen en cuenta los límites establecidos por el Riverside United States Salinity Laboratory (United States Salinity Laboratory Staff, 1954), adaptados a la dilución 1:2,5. El mismo establece los siguientes umbrales: $0-0,5 \text{ dS m}^{-1}$ suelo normal; $0,5-1 \text{ dS m}^{-1}$ ligeramente alta salinidad; $1-2 \text{ dS m}^{-1}$ alta salinidad y $> 2 \text{ dS m}^{-1}$ muy alta salinidad. Al respecto, cabe destacar que los suelos correspondientes al área más deprimida en donde se halla el Módulo de Cría del Campo Experimental de esta Facultad presentan generalmente altas conductividades eléctricas. Así, en un sector próximo al sitio en donde se recolectó la tierra para este trabajo, Sosa et al. (2009) midieron, en microrrelieves sin vegetación, conductividades medias de 1,831 y de 1,145, para los espesores de suelo 0-7 cm y 7-15 cm, respectivamente.

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedio de pH, CE y PSI del suelo contenido en las macetas, según dosis de yeso, medidos a la finalización del estudio.

El impacto del correctivo sobre la emergencia fue diferente para cada especie y dosis empleada (Cuadro 2). *C. gayana* respondió positivamente ante el enyesado; en general, la emergencia aumentó al incrementar la dosis de aplicación, obteniéndose un porcentaje de plántulas emergidas relativamente elevado cuando se aplicó la dosis más alta del correcti-

Cuadro 1: Valores promedios de pH, conductividad eléctrica (CE) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI) evaluados para cada dosis de yeso (kg ha^{-1}), a los 21 días de la siembra.

Table 1: Mean values of pH, electric conductivity (EC) and exchangeable sodium percentage (ESP) evaluated for each gypsum dose (kg ha^{-1}), at 21 days after sowing.

Dosis de yeso	Trat	pH	CE (dS.m^{-1})	PSI
0	T1	$9,59 \pm 0,01$	$2,03 \pm 0,01$	$32,39 \pm 1,27$
1500	T2	$9,37 \pm 0,01$	$2,36 \pm 0,03$	$24,11 \pm 1,29$
2500	T3	$9,09 \pm 0,02$	$2,43 \pm 0,02$	$23,38 \pm 1,34$
5000	T4	$8,45 \pm 0,06$	$2,62 \pm 0,06$	$21,36 \pm 1,16$
7500	T5	$7,71 \pm 0,06$	$2,69 \pm 0,03$	$8,89 \pm 0,46$

Cuadro 2: Porcentaje de plántulas emergidas de las especies estudiadas, según dosis de yeso (kg ha^{-1}).

Table 2: Seedling emergence percent of the studied species, according to gypsum dose (kg ha^{-1}).

Dosis de yeso	Emergencia (%)			
	<i>Thinopyron ponticum</i>	<i>Melilotus officinalis</i>	<i>Lotus tenuis</i>	<i>Chloris gayana</i>
0	55,57±6,9 a	41,60±20,2 b	51,65±12,5 a	8,13±0,6 d
1500	41,10±5,1 ab	61,65±24,6 a	26,65±20,2 b	13,84±0,9 c
2500	41,10±6,6 ab	51,65±10,4 a	50,00±22,9 a	12,31±2,2 cd
5000	40,00±6,9 ab	73,35±13,2 a	43,35±12,5 ab	32,87±2,1 b
7500	33,30±7,1 b	56,65± 9,8 a	40,00±22,4 ab	85,35±3,5 a

Letras diferentes en una columna indican diferencias significativas entre dosis para cada especie ($p \leq 0,05$).

vo. Este carácter fue también favorecido por el empleo de yeso en *M. officinalis*, pero no hubo diferencias significativas entre las dosis. En *T. ponticum*, la dosis más alta deprimió la emergencia en relación al testigo (Cuadro 2). Cuando se suministró al suelo la cantidad más baja de yeso, *L. tenuis* presentó menor porcentaje de emergencia con respecto al testigo y a la aplicación de 2500 kg ha^{-1} , pero no así en relación a las dos dosis más altas, resultado imposible de explicar con la información obtenida en este experimento (Cuadro 2). Para la emergencia de *M. officinalis* y *L. tenuis* se observó una marcada dispersión en los datos medidos. En el Cuadro 3 se muestra la signifi-

cancia de cada fuente de variación, según ANOVA.

Los coeficientes de regresión múltiple entre la emergencia y los niveles de CE y pH fueron significativos ($p < 0,0001$) para las cuatro forrajeras estudiadas (Cuadro 4). Los valores de b_1 y b_2 fueron negativos; esto indicaría que a medida que aumentaron la salinidad y el pH, la emergencia de las plántulas disminuyó. Tales afectaciones podrían ser atribuidas al efecto osmótico que se crea en un ambiente salino y que dificulta la imbibición de la semilla, a la elevada sodicidad -con las inadecuadas condiciones físicas y químicas que impone-, o a una combinación de ambos efectos.

Cuadro 3: Nivel de significancia según fuente de variación en el ANOVA de la emergencia de las especies estudiadas.

Table 3: Significance level of each source of variation, in ANOVA of the studied species emergency.

Fuente de variación	GL	Significancia
Modelo	19	0,021
Dosis correctivo (Dc)	4	<0,0001
Especies (Sp)	3	<0,0001
Dc * Sp	12	<0,0001
Residual	40	

GL: grados de libertad.

Cuadro 4: Parámetros de las ecuaciones de regresión lineal múltiple ($y = a + b_1x_1 + b_2x_2$), con y = porcentaje de emergencia de cada especie, x_1 = pH y x_2 = conductividad eléctrica del suelo (CE).

Table 4: Parameters of multiple linear regression equations ($y = a + b_1x_1 + b_2x_2$), with y = percentage of emergence of each species, x_1 = soil pH and x_2 = soil electrical conductivity (EC).

Especie	a	b_1	b_2	R^2 Aj
<i>Thinopyrum ponticum</i>	128,02	-5,4	-29,36	0,71
<i>Lotus tenuis</i>	179,47	-11,97	-26,7	0,63
<i>Melilotus officinalis</i>	195,94	-14,4	-19,23	0,57
<i>Chloris gayana</i>	123,67	-5,15	-29,25	0,63

R^2 Aj: R^2 ajustado.

Los resultados de las regresiones lineales simples (Cuadro 5) muestran que, para *T. ponticum* y *C. gayana*, los R^2 de la variable independiente CE son claramente más elevados que los que corresponden a la variable independiente pH; esto indicaría que en ambas especies la emergencia estuvo más fuertemente condicionada por la salinidad que por la alcalinidad. *T. ponticum* se comportó particularmente sensible a la salinidad durante la emergencia. Probablemente ello permita explicar la menor emergencia de esta especie cuando se empleó la dosis más elevada de yeso, pues este tipo de enmienda aumenta la concentración de electrolitos en el suelo. Los coeficientes de determinación de las regresiones simples en *M. officinalis* (Cuadro 5) muestran que existe una mayor correlación entre la emergencia y el pH, que entre la emergencia y la salinidad.

Investigaciones previas han determinado distinta resistencia a la salinidad de las forrajeras durante las etapas iniciales. Priano y Pilatti (1989) observaron que *C. gayana* resultó ser más perjudicada por la salinidad durante la germinación, que *Melilotus albus* y *Thinopyrum ponticum*. Bazzigalupi et al. (2008), trabajando en bandejas de polietileno (sin suelo), determinaron que la disminución promedio de la germinación obtenida con diversas poblaciones de *Thinopyrum ponticum* fue 4,2, 18,6 y 61% en semillas tratadas con soluciones de 60, 135 y 220 mM de cloruro de sodio. Por su parte, Ghaderi-Far et al. (2010) probaron que la germinación de *Melilotus officinalis* no descendió significativamente cuando la concentración de cloruro de sodio varió entre 0 y 100 mM, pero a partir de allí disminuyó rápidamente con el incremento de esa sal, hasta ser completamente inhibida a la concentración de 300 mM.

Cuadro 5: Parámetros de las ecuaciones de regresión lineal simple ($y = a + bx$), para y = porcentaje de emergencia, en función del pH o de la conductividad eléctrica (CE) del suelo.

Table 5: Parameters of simple linear regression equations, for y = percentage of emergence in function of soil pH or soil electrical conductivity (EC).

Especie	pH			CE		
	a	b	R^2 Aj	a	b	R^2 Aj
<i>Thinopyrum ponticum</i>	133,43	-11,03	0,28	87,94	-33,75	0,65
<i>Lotus tenuis</i>	184,4	-17,08	0,42	90,68	-36,44	0,46
<i>Melilotus officinalis</i>	199,49	-18,13	0,47	88,8	-30,97	0,32
<i>Chloris gayana</i>	129,07	-10,75	0,24	85,48	-33,43	0,59

R^2 Aj: R^2 ajustado

Respecto a la alcalinidad, Pérez-Fernández et al. (2006) determinaron que altos pH afectaron negativamente a la germinación de varias especies, entre ellas *Medicago arabica*. Por su parte, Gill (2010), trabajando con cultivares de soja comprobó que un aumento del PSI en la capa edáfica 0-15 cm redujo la emergencia, al disminuir la infiltración y la tasa de conductividad hidráulica.

Conclusiones

En condiciones de invernadero, el tratamiento con yeso de un suelo salino alcalino afectó en forma diferente a la emergencia de *Thinopyrum ponticum*, *Melilotus officinalis*, *Lotus tenuis* y *Chloris gayana*. En *C. gayana* y *M. officinalis* la incorporación del yeso estuvo asociada a una mayor emergencia, pero sólo *C. gayana* respondió positivamente al aumento de las dosis. En *T. ponticum* y *Lotus tenuis* no hubo aumento de la emergencia con el uso de tal correctivo.

La salinidad y la alcalinidad correlacionaron negativamente con la emergencia de las cuatro especies. *T. ponticum* se comportó como particularmente sensible a la salinidad durante dicha etapa.

Bibliografía

- Aktar, P. y Hussain, F. 2008. Salinity tolerance of three range grasses at germination and early growth stages. *Pak. J. Bot.* 40 (6): 2437-2441.
- Bazzigalupi, O., Pistorale, S.M. y Andrés, A.N. 2008. Tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). *Cien. Inv. Agr.* 35(3): 277-285.
- Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. 351-396. *In: J. Kigel and G. Galili (ed.). Seed Development and Germination.* Marcel Dekker Inc., New York, 835 p.
- Brady, N. and Weil, R.R. 1996. The nature and properties of soils. 11th ed. Prentice-Hall, New Jersey, Estados Unidos, 458 p.
- Bunge, C. 1998. Implantación de pasturas en bajos alcalinos. *In: XI Jornadas Ganaderas de Pergamino.* Ed: EEA Pergamino, Pergamino, Argentina: 33-36.
- Costa, J.L. y Godz, P. 1999. Aplicación de yeso a un Natracuol del sudeste de la Pampa Depresada. *Ciencia del Suelo* 17(2): 21-27.
- Dai, J., Huff, D.R. and Schlossberg, M.J. 2009. Salinity Effects on seed germination and vegetative growth of greens-type *Poa annua* relative to other cool-season turfgrass species. *Crop Sci.* 49(2): 696-703.
- Epstein, E. 1979. Responses of plants to saline environments. *Basic Life Sci.* 14: 7-21.
- Fassbender, H.W. y Bornemisza, E. 1994. Química de suelos, con énfasis de suelos de América Latina. Ed. IICA, 2ª edición, San José de Costa Rica, 420 p.
- Fernández Grecco R.C., Sciotti A. y Mazzanti A. 1996. Fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la acumulación de forraje de *Thinopyrum ponticum*. *Rev.Arg.Prod.Anim.* 16(1): 223-224.
- Ferrari, L. y Maddaloni, J. 2001. Agropiro alargado. *In: Maddaloni, J. y Ferrari, L. (eds.). Forrajeras y pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina.* INTA-UNZ, Bs. As: 125-134.
- Frenkel, H., Goertzen, J.O. and Rhoades, J.D. 1978. Effect of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 142: 32-39.
- Ghaderi-Far, F., Gharekhloo, J. and Alimagham, M. 2010. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*). *Planta daninha* 28(3): 463-469.
- Gill, H. 2010. Effects of soil sodicity on the germination, growth and productivity of soybean (*Glycine max*). 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. 1-6 August 2010, Brisbane, Australia. Versión electrónica en: <http://www.ldr.go.th/swcst/Report/soil/symposium/pdf/0579.pdf>
- Hanselin, M.H. and Eggen, T. 2005. Salinity tolerance during germination of seashore halophytes and salt tolerance grass cultivars. *Seed Sci. Res.* 15: 43-50.
- Hardy, N., Shainberg, I., Gal, M. and Keren, R. 1983. The effect of water quality and storm sequence upon infiltration rate and crust formation. *J. Soil Sci.* 34: 665-676.

- Horst, G.L. and Dunning, N.B. 1989. Germination and seedling growth of perennial ryegrasses in soluble salts. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(2): 338-342.
- Ilyas, M., Millar, R.W. and Qureshi, R.H. 1993. Hydraulic conductivity of saline-sodic soil after gypsum application and cropping. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 1580-1585.
- InfoStat. 2002. InfoStat versión 1.1. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Brujas, Argentina, 266 pp.
- Lebron, I., Suarez, D.L. and Yoshida T. 2002. Gypsum effect on the aggregate size and geometry of three sodic soils under reclamation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 92-98.
- Marbán, L. y Ratto, S. 2005. Tecnologías en análisis de suelos. Ed. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, 216 pp.
- Mendoza R.E. y Barberis L.A. 1980. Efecto del agregado de yeso y el lavado a un suelo sódico de la depresión del Río Salado y su repercusión sobre la producción de *Lolium perenne* L. *RIA* 15(2): 297-304.
- Mosconi, F., Priano, J., Hein, N., Moscatelli, G., Salazar, J., Gutiérrez, T. y Cáceres, L. 1981. Mapa de suelos de la Provincia de Santa Fe. Tomo I Ed. INTA-MAG, Santa Fe, Argentina. 248 pp.
- Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
- Pérez-Fernández, M.A., Calvo-Magro, E., Montanero-Fernández, J. and Oyola-Velasco, J.A. 2006. Seed germination in response to chemicals: Effect of nitrogen and pH in the media. *J. Environ. Biol.* 27(1): 13-20.
- Priano, L.J. y Pilatti, M.A. 1989. Tolerancia a la salinidad de forrajeras cultivadas. *Ciencia del Suelo* 7(1-2): 113-116.
- Renjasamy, P. and Olsson, K.A. 1991. Sodicty and soil structure. *Australian J. Soil Res.* 29: 935-952.
- Rhoades, J.D. 1982. Cation exchange capacity. Pp. 149-158. *In: A. L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis: Part 2. Chemical and microbiological properties.* 2nd edition. Madison, Wisconsin, E.E.U.U.
- Rowell, D.L. 1992. Acidez y alcalinidad del suelo. 885-940. *In: Wild, A. ed. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell.* Traducción de la 11a. ed. inglesa por Urbano Terrón, P. y Rojo Hernández, C. Mundi-Prensa, Madrid, 1045 p.
- Sharma, D.P. 1986. Effect of gypsum application on long term changes in soil properties and crop growth in sodic soils under field conditions. *J. Agron. Crop Sci.* 156(3): 166-172.
- Sheik, K.H. and Mahmood, K. 1986. Some studies on field distribution and seed germination of *Suaeda fruticosa* and *Sporobolus arabicus* with reference to salinity and sodicity of the medium. *Plant Soil* 94: 333-340.
- Sosa, O., Zerpa, G., Martín, B., Magra, G. y Besón, P. 2009. Evaluación de perfiles culturales y de propiedades edáficas en diversos microambientes de un área deprimida pampeana. III Jornadas de Ciencia y Tecnología: divulgación de la producción científica y tecnológica de la UNR. UNR Editora: 306-308.
- Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations. Pp. 159-166. *In: A. L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* 2nd edition. Madison, Wisconsin, E.E.U.U.
- Tommasone, F. 1998. Siembra directa de agropiro. *In: XI Jornadas Ganaderas de Pergamino.* Ed. EEA Pergamino-INTA, Pergamino, Argentina: 25-32.
- Ungar, I.A. 1978. Halophyte seed germination. *Bot. Rev.* 44(2): 233-264.
- United States Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. *Agriculture Handbook* 60. Ed. L. A. Richards, 160 pp.
- Warrence, N.J., Bauder, J.W. and Pearson, K.E. 2002. Basics of salinity and sodicity effects on soil physical properties. *Water Quality Irrigation Management.* Department of Land Resources and Environmental Science. Montana State University, Bozeman, Montana. Versión electrónica en: <http://waterquality.montana.edu/docs/methane/basics.pdf>