

## ***Prosopis ruscifolia* Griseb. (vinal) tolera concentraciones salinas equivalentes al agua de mar y excluye iones tóxicos de la parte aérea**

*Prosopis ruscifolia* Griseb. (vinal) tolerates saline concentrations as high as sea water and excludes toxic ions from its aerial part.

Meloni, D. A.<sup>1 2,a</sup>; M. R. Gulotta<sup>2</sup> y C. A. Martínez<sup>3</sup>

Recibido en marzo de 2008; aceptado en noviembre de 2008

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar el rango de tolerancia al estrés salino en vinal (*Prosopis ruscifolia* Griseb.) y dilucidar los mecanismos fisiológicos que lo determinan. Plántulas de 20 días de edad, se cultivaron hidropónicamente, en recipientes conteniendo solución nutritiva de Hoagland modificada. Luego de 7 días, se iniciaron los tratamientos de salinidad, adicionando 50 mM de NaCl cada 24 hs, hasta lograr concentraciones finales de 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 y 0,6 mol L<sup>-1</sup>. Al cabo de 20 días de tratamiento se determinó la biomasa y las concentraciones de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> en raíces y hojas. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 5 repeticiones, y los datos se analizaron con ANOVA y test de Duncan. Las plántulas lograron desarrollarse hasta concentraciones de 0,4 mol L<sup>-1</sup> de NaCl (equivalente a la del agua de mar), presentando biomasa aérea y radicular superiores al testigo. Concentraciones mayores ocasionaron la muerte de las plántulas al cabo de 7 días. El estrés salino incrementó las concentraciones de Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup>, principalmente en las raíces, y disminuyó la concentración de K<sup>+</sup>. Se concluye que la especie tolera concentraciones salinas equivalentes a la del agua de mar, debido a que excluye los iones Na<sup>+</sup> y Cl<sup>-</sup> de las hojas.

**Palabras clave:** Estrés salino; Cloruro de sodio; Composición mineral.

### ABSTRACT

The aim of this paper was to determine the range of saline stress tolerance for vinal (*Prosopis ruscifolia* Griseb.) and elucidate the physiological mechanisms that determine it. Twenty-day seedlings were grown hydroponically in vessels containing a modified Hoagland solution. Salinity treatments were started seven days later by adding 50 mM of NaCl every 24 hours to it up to obtain final concentrations of 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; and 0.6 mol L<sup>-1</sup>. At the end of a 20-day treatment the biomass and the concentrations of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> were determined in roots and leaves. A completely randomized experimental design was used and data were analyzed using ANOVA and Duncan Test. The seedlings managed to develop even in NaCl concentrations of 0.4 mol L<sup>-1</sup> which is equivalent to that of sea water showing both aerial and root biomass higher than those of the control. Higher concentrations killed them at the end of seven days. Saline stress increased Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ion concentrations mainly in roots and decreased that of K<sup>+</sup>. It is concluded that saline concentrations equivalent to that of sea water are tolerated by the species since it excludes Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> ions from leaves.

**Keywords:** Saline stress; Sodium chloride; Mineral composition.

<sup>1</sup> Instituto para el Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas (INDEAS), Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av Belgrano (S) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina. E-mail: dmeloni@unse.edu.ar

<sup>2</sup> Laboratorio de Fisiología Vegetal, Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA). Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av Belgrano (S) 1912. 4200 Santiago del Estero, Argentina.

<sup>3</sup> Departamento de Biología, FFCLRP, Universidade de São Paulo, Av. Bandeirantes 3900, 14040-901, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

<sup>a</sup> Autor para correspondencia

## 1. INTRODUCCION

La expansión de especies del género *Prosopis* en la región fitogeográfica del Chaco, hacia zonas áridas y con suelos salinos, involucró una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, que les permitieron ocupar diferentes nichos ecológicos (Burkart, 1976; Roig, 1993, Villagra y Cavagnaro, 2006).

La germinación y el establecimiento de plántulas constituyen los períodos más críticos en el ciclo ontogénico de las plantas de los desiertos (Rathcke y Lacey, 1985; Villagra y Cavagnaro, 2005; Villagra y Cavagnaro, 2006). Por lo tanto, la presencia de adaptaciones en estos estadios pueden determinar su distribución natural.

El vinal (*Prosopis ruscifolia* Griseb.), es un típico ejemplo de especie adaptada a ambientes con condiciones climáticas y edáficas desfavorables. Es un árbol característico de la Provincia Chaqueña, y ocupa en el norte argentino un área de endemismo y otro de colonización. Estos dos sectores están ligados a un modelo adaptativo en cuanto a nichos. En el sector de endemismo ocupa dos nichos: como pionero leñoso en el borde de ambientes pantanosos, y como principal productor primario de arbustales que rodean depresiones con suelos Solonchack (salinos). En el sector de colonización es pionero en salitrales (Giménez y Moglia, 2003). Pese a estas observaciones, existen pocas referencias acerca de los niveles de salinidad tolerados por la especie. Tampoco se conocen los mecanismos fisiológicos que le confieran dicha tolerancia.

Las sales solubles afectan el crecimiento de las plantas debido a efectos osmóticos, o por la toxicidad de ciertos iones presentes en la solución del suelo (Greenway y Munns, 1980). Sin embargo, de acuerdo con Munns (2002) el efecto osmótico es importante solamente al comienzo del tratamiento salino (minutos u horas), pero a largo plazo (días y semanas) el efecto tóxico de los iones parece ser más relevante. Este último, produce la disminución en la concentración de pigmentos fotosintéticos, inhibición en la actividad de enzimas claves en el metabolismo, como la RUBISCO (Seeman y Sharkey, 1986), y daños en el fotosistema II (Meloni *et al.*, 2003). Entre las adaptaciones fisiológicas que permiten a las plantas tolerar altas concentraciones salinas, se destacan la exclusión de los iones tóxicos de la parte aérea, limitando su traslocación a las hojas (Munns, 2002).

Este trabajo se realizó para poner a prueba la hipótesis de que *P. ruscifolia* tolera altas concentraciones salinas, mediante un mecanismo de exclusión de los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  de la parte aérea, restringiéndolos a sistema radicular. El objetivo fue determinar el rango de tolerancia al estrés salino en plántulas de vinal, y dilucidar los mecanismos fisiológicos que lo determinan.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se cosecharon frutos de vinal, en las inmediaciones de la localidad de Maco, Santiago del Estero, Argentina (27° 51' latitud S y 64° 13' longitud W), durante el mes de febrero del año 2007. Posteriormente se almacenaron en freezer a -15°C durante 24 hs, para controlar la proliferación de insectos, y se mantuvieron en heladera hasta su utilización.

Las semillas se extrajeron manualmente, y escarificaron con ácido sulfúrico concentrado durante 10 minutos. Posteriormente se lavaron durante media hora con agua corriente, y finalmente se enjuagaron tres veces con agua destilada. Luego se separaron lotes de 25 semillas, que se sembraron sobre toallas de papel de filtro embebidas con solución nutritiva de Hoagland modificada (Meloni *et al.*, 2001), dispuestas en forma de rollos, y cubiertas con bolsas de plástico transparente para disminuir la evaporación. La incubación se realizó en cámara de crecimiento, a 25°C de temperatura y 12 horas de fotoperíodo. Plántulas así obtenidas, de 20 días de edad, se cultivaron hidropónicamente, en recipientes de 3 litros de capacidad,

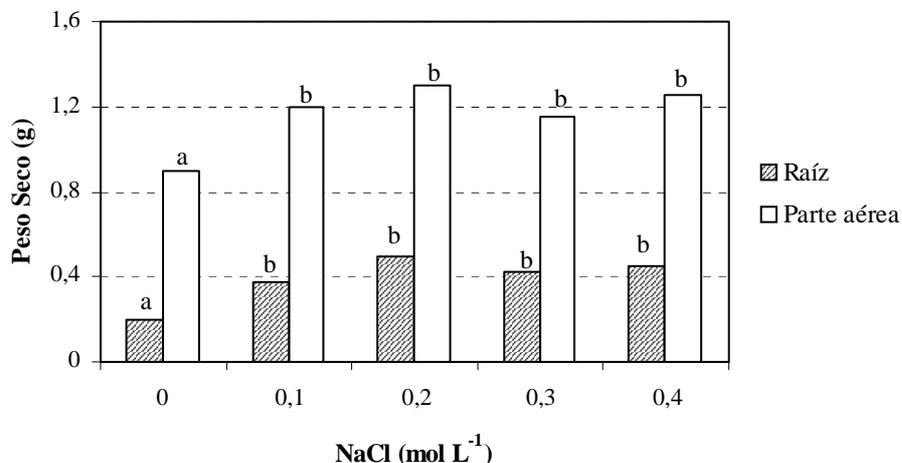
conteniendo solución nutritiva de Hoagland modificada (Meloni *et al.*, 2001), bajo aireación continua. El pH se ajustó diariamente a 6,5, mediante la adición de KOH ó H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, y la solución nutritiva se cambió semanalmente. Al cabo de 7 días, se iniciaron los tratamientos de salinidad, mediante la adición de 50 mM de NaCl cada 24 hs, hasta lograr concentraciones finales de 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 y 0,6 mol L<sup>-1</sup>. Luego de 20 días de tratamiento las plántulas se extrajeron, lavaron con agua destilada y secaron a 60°C en estufa de ventilación forzada, hasta peso constante. Para la determinación de la composición mineral, el material se molió y digirió en una mezcla de ácido nítrico y perclórico (2:1 v/v) y se cuantificó la concentración de los iones Na<sup>+</sup> y K<sup>+</sup> mediante espectrofotometría de llama. El ión Cl<sup>-</sup> se extrajo con agua destilada, y se cuantificó mediante titulación con AgNO<sub>3</sub> (Malavolta *et al.*, 1989).

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con 5 repeticiones de 25 plantas. Los datos se analizaron con ANOVA y test de Duncan.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La adición de NaCl incrementó significativamente la biomasa aérea y radicular, que luego se mantuvo constante hasta concentraciones de 0,4 mol L<sup>-1</sup> de NaCl (Figura 1). Este comportamiento es típico de las plantas halófitas. La respuesta fue más acentuada en las raíces, lo que le permitiría a la especie explorar el perfil del suelo, absorbiendo agua y nutrientes. Dicha estrategia ha sido también observada en *P. alba* (Meloni *et al.*, 2004).

Las plántulas incubadas en concentraciones salinas superiores a 0,4 mol L<sup>-1</sup> mostraron necrosis en las hojas y murieron luego de 7 días de cultivo.



**Figura 1.** Peso seco de raíz y parte aérea de plántulas de vinal incubadas en soluciones de NaCl. Para órgano, letras diferentes indican diferencias significativas al 5% por el Test de Duncan.

Estos resultados demuestran la alta tolerancia de la especie a la salinidad. Dentro de la familia *Fabaceae*, a la cual pertenece el género *Prosopis*, todas las leguminosas anuales pertenecientes a la subfamilia *Papilionoideae* (por ejemplo, soja, habas, guisantes) son muy sensibles a la salinidad, y su crecimiento es inhibido por concentraciones salinas de 0,02 a 0,03 mol L<sup>-1</sup>. Sólo la alfalfa, entre las especies de importancia comercial, es moderadamente tolerante, habiéndose reportado una disminución del 50% en la producción en salinidades de 0,09 mol L<sup>-1</sup> de NaCl (Ayers y Westcott, 1985).

Varios investigadores han intentado identificar especies capaces de tolerar concentraciones salinas equivalentes al agua de mar (aproximadamente  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$  de NaCl). Entre ellos se destacan los trabajos pioneros de Epstein, orientados hacia cultivos de importancia agronómica, como el trigo (Epstein *et al.*, 1979). Trabajos posteriores, identificaron arbustos nativos de áreas costeras marítimas, como *Spartina*, *Distichlis* (Smart y Barko, 1980) y zonas áridas, como *Atriplex* (Somers, 1979), *Suaeda* (Flowers *et al.*, 1986) y *Eucalyptus* (Van der Moezel *et al.*, 1988; Sun y Dickinson, 1993) que toleran concentraciones salinas próximas al agua de mar, letales para la mayoría de las especies de importancia comercial.

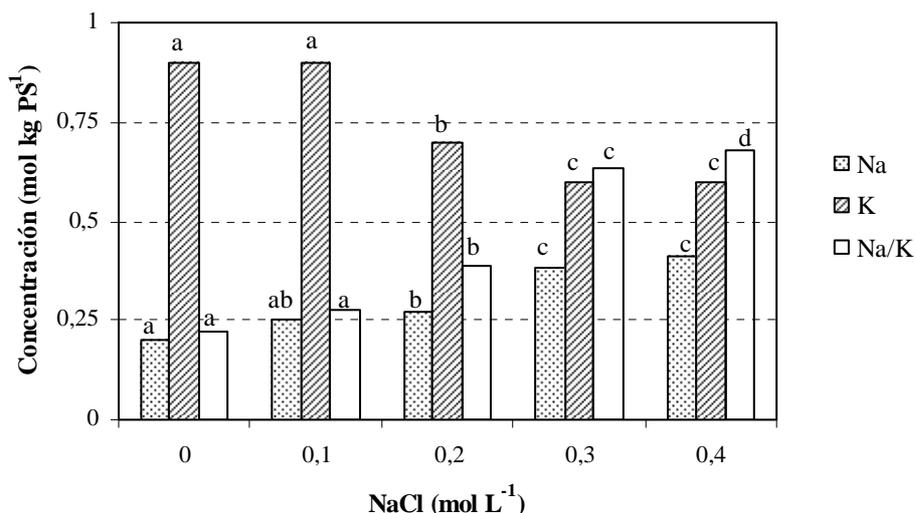
Entre las plantas fijadoras de nitrógeno, especies de los géneros *Casuarina* (El-Lakany y Luard, 1982), *Acacia* (Craig *et al.*, 1990) y *Prosopis* (Rhodes y Felker, 1988; Ahmad *et al.*, 1994; Baker *et al.*, 1995; Meloni *et al.*, 2004), han podido desarrollarse en salinidades de aproximadamente  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$  de NaCl, concentración aproximadamente 20 veces mayor que la tolerada por las leguminosas anuales.

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con el comportamiento observado en otras especies del género *Prosopis*. Felker *et al.* (1981) demostraron que *P. tamarugo* y *P. pallida* pueden crecer en concentraciones salinas equivalentes al agua de mar. Trabajos posteriores destacaron una alta tolerancia y elevada tasa de crecimiento en *P. juliflora* (Rhodes y Felker, 1988).

Estos resultados también concuerdan con los obtenidos por Velarde *et al.* (2003) que reportaron un 46% de supervivencia en plántulas de *P. ruscifolia* obtenidas a partir de germoplasma recolectado en la provincia de Santa Fe, Argentina, en soluciones de NaCl con conductividades eléctricas de  $45 \text{ dS m}^{-1}$  (aproximadamente 450 mM de NaCl). También coinciden con los resultados de González *et al.* (2006), que realizaron experiencias con semillas de la misma procedencia del presente trabajo. Estos autores germinaron semillas de vinal en soluciones de NaCl, durante un período de 12 días y observaron que las plántulas así obtenidas no sobrevivían en soluciones con concentraciones superiores a  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$  de NaCl.

Ahmad *et al.* (1994) estudiaron 2 accesiones de *P. juliflora*, una de *P. pallida* y dos de *P. glandulosa*, encontrando que la accesiones de *P. glandulosa* no sobreviven a concentraciones salinas superiores a  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  de NaCl, y que *P. juliflora* de Brasil, fue el más tolerante, siendo capaz de crecer en  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$ .

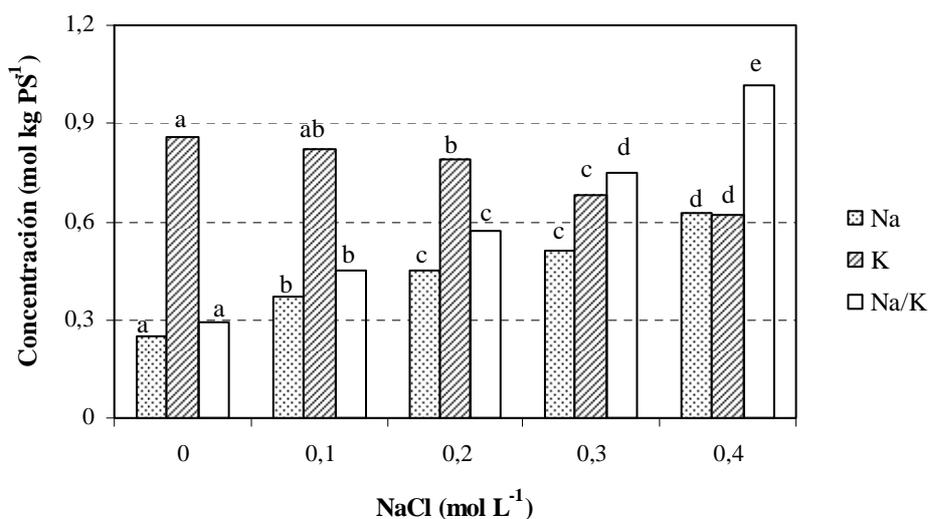
Mientras que  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  de NaCl no afectaron las concentraciones foliares de  $\text{K}^+$ ,  $0,2$ ;  $0,3$  y  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$  produjeron disminuciones significativas en las mismas (Figura 2). Por ejemplo, en plántulas incubadas con  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$  de NaCl, la concentración de este catión fue 33% menor que en el testigo (Figura 2). Dicha tendencia fue acompañada por un incremento en las concentraciones de  $\text{Na}^+$ , principalmente en plantas incubadas en la mayor concentración salina, donde se verificó un aumento del 100% en relación al testigo. Coincidiendo con este resultado, a partir de concentraciones salinas de  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  de NaCl, se observó un aumento en la relación  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ .



**Figura 2.** Concentraciones de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, y relación Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> en hojas de plántulas de vinal incubadas en soluciones de NaCl. Para cada nutriente, letras diferentes indican diferencias significativas al 5% por el Test de Duncan.

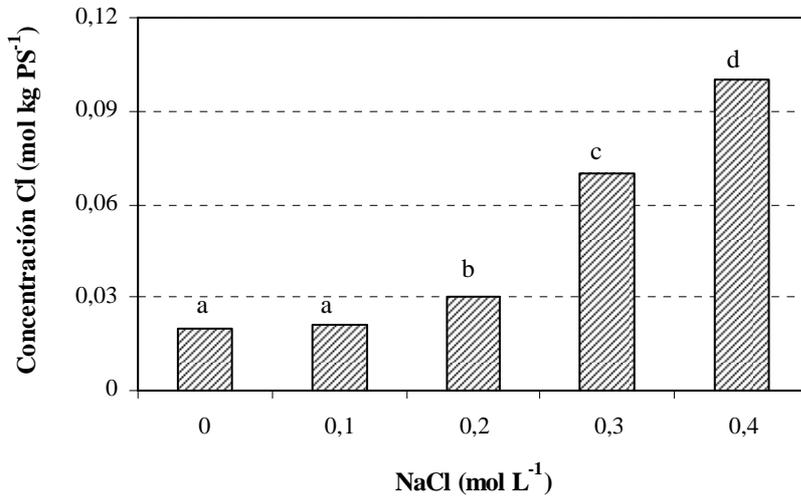
Según Wyn Jones *et al.* (1979) la relación Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> en hojas debe ser menor que 1 para garantizar el funcionamiento normal de los procesos metabólicos. La mantención de relaciones Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> inferiores a este valor, incluso en hojas de plántulas sometidas a 0,4 mol L<sup>-1</sup> de NaCl justifica la elevada tolerancia de esta especie a la salinidad.

Las raíces de plántulas crecidas en ausencia de NaCl presentaron mayor concentración de Na<sup>+</sup> que la parte aérea (Figura 3). Esta tendencia a concentrar dicho catión en el sistema radicular, se acentuó como consecuencia del estrés. En las plántulas incubadas en soluciones de 0,1 mol L<sup>-1</sup> de NaCl se observó un incremento próximo al 48% con respecto al testigo. Por otra parte, en las plántulas sometidas al mayor nivel de salinidad (0,4 mol L<sup>-1</sup> de NaCl), las concentraciones de Na<sup>+</sup> fueron de 0,63 mol. Kg PS<sup>-1</sup>. En estos órganos, el estrés tuvo también un efecto marcado sobre la relación Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> que alcanzó valores superiores a 1.

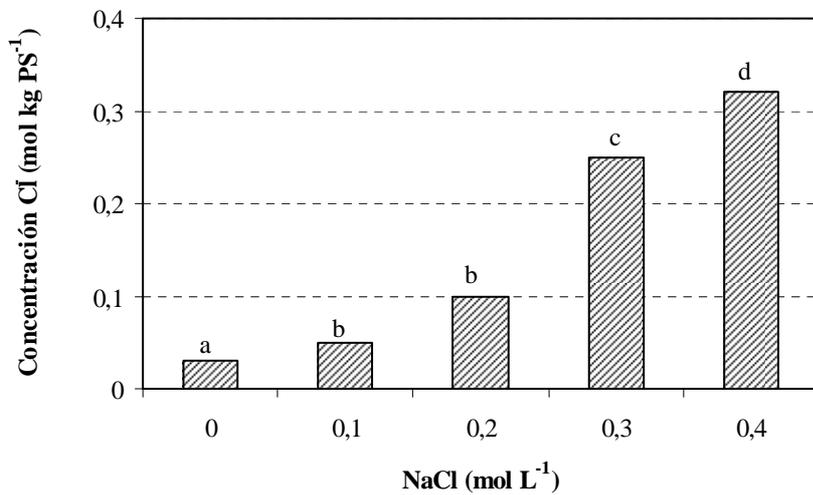


**Figura 3.** Concentraciones de Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, y relación Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> en raíces de plántulas de vinal incubadas en soluciones de NaCl. Para cada nutriente, letras diferentes indican diferencias significativas al 5% por el Test de Duncan.

La salinidad también aumentó los tenores de  $\text{Cl}^-$  en hojas, a partir de  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  de NaCl, alcanzando concentraciones de  $0,1 \text{ mol kg PS}^{-1}$  bajo condiciones de máximo estrés (Figura 4). En las raíces este efecto fue más marcado, observándose un incremento significativo a partir de  $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  de NaCl, y concentraciones máximas superiores a  $0,3 \text{ mol kg PS}^{-1}$  en plantas incubadas con  $0,4 \text{ MPa}$  de NaCl (Figura 5).



**Figura 4.** Concentraciones de  $\text{Cl}^-$  en hojas de plántulas de vinal incubadas en soluciones de NaCl. Letras diferentes indican diferencias significativas al 5% por el Test de Duncan.



**Figura 5.** Concentraciones de  $\text{Cl}^-$  en raíces de plántulas de vinal incubadas en soluciones de NaCl. Letras diferentes indican diferencias significativas al 5% por el Test de Duncan.

Dado que las plántulas de vinal lograron desarrollarse vigorosamente en soluciones salinas con concentraciones equivalentes a la del agua de mar, las altas concentraciones de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en el sistema radicular, sugieren su contribución al ajuste osmótico. Este mecanismo, frecuente en plantas halófitas permite disminuir el potencial osmótico celular, generando un gradiente de

potenciales hídricos entre el suelo y la raíz. De esta manera, las plantas pueden absorber agua en suelos salinos (Zao *et al.*, 2002).

La tolerancia a la salinidad, está dada principalmente por la capacidad de impedir la llegada de iones tóxicos a las hojas (Munns, 2002). La regulación de la partición de  $\text{Na}^+$ , y la capacidad de mantener altas concentraciones de  $\text{K}^+$  en las hojas, es un importante mecanismo de adaptación a ambientes salinos, ya que disminuye el efecto tóxico de las sales (Greenway y Munns, 1980; Volkmar *et al.*, 1998).

Los resultados obtenidos en este trabajo demuestran que el vinal excluye a los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  de la parte aérea, concentrándolos en el sistema radicular. Esto le permitiría mantener en las hojas relaciones  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  compatibles con el metabolismo celular. Dicha estrategia justifica la alta tolerancia de la especie a la salinidad, posibilitándole colonizar ambientes caracterizados por la presencia de suelos salinos sódicos, donde no se pueden desarrollar otras especies.

Resultados similares fueron obtenidos por Villagra y Cavagnaro (2005) quienes estudiaron los factores que determinan la distribución espacial de las comunidades de *P. argentina* y *P. alpataco*, en la región fitogeográfica del Monte. Mientras la primera especie alcanza su óptimo ecológico en suelos arenosos de dunas activas, *P. alpataco* se desarrolla en suelos arcillosos salinos. Estos autores demostraron que la alta tolerancia de *P. alpataco* a la salinidad se debe a su capacidad para regular y controlar la absorción y transporte de iones, a diferencia de *P. argentina*.

#### 4. CONCLUSIONES

Se concluye que las plántulas de *P. ruscifolia* toleran concentraciones salinas de hasta  $0,4 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{NaCl}$ . Dicha tolerancia se debe, en parte, a la capacidad de excluir de las hojas a los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ .

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- Ahmad, R.; S. Ismail; M. Moinuddin and T. Shaheen. 1994. "Screening of mesquite (*Prosopis spp*) for biomass production at barren sandy areas using highly saline water for irrigation". Pakistan Journal of Botany, 26:265-282.
- Ayers, R. S. and D. W. Westcott. 1985. "Water quality for irrigation". FAO Irrigation and Drainage Paper N 29. FAO, Rome. 250 p.
- Baker, A.; J. Sprent and J. Wilson. 1995. "Effects of sodium chloride and mycorrhizal infection on the growth and nitrogen fixation of *Prosopis juliflora*". Symbiosis, 19: 39-51.
- Burkart, A. 1976. "A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae, subfam Mimosoideae)". Journal of the Arnold Arboretum, 57:219-249; 450-455.
- Craig, G. F.; D. T. Bell and C. A. Atkins. 1990. "Response to salt and waterlogging stress of ten taxa of acacia selected from naturally saline areas of western Australia". Australian Journal of Botany 38, 619-630.
- El-Lakany, M. H. and E. J. Luard. 1982 "Comparative salt tolerance of selected *Casuarina* species". Australian Forest Research, 13: 11-20.
- Epstein, E.; R. W. Kingsbury; J. D. Norlyn and D.W. Rush. 1979. "Production of food crops and other biomass by seawater culture". In: Hollaender, A. (Ed), The biosaline Concept, p. 101-280. Plenum, NY.

- Felker, P.; P. R. Clark; A. E. Laag and P. F. Pratt. 1981. "Salinity tolerance of the tree legumes mesquite (*Prosopis glandulosa*, var *torreyana*, *P. vetulina* and *P. articulata*) algarrobo (*P. chilensis*) kiawe (*P. pallida*) and tamarugo (*P. tamarugo*) grown in sand culture on nitrogen free media". *Plant and Soil*, 61: 311-317.
- Flowers, T. J.; M. A. Hajibageri and N. J. W. Clipson. 1986. "Halophytes". *Quarterly Review of Biology*, 61:313-337.
- Giménez, A. M. y J. G. Moglia. 2003. "Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico". Editorial El Liberal, Argentina. 307 p.
- González, D.; M. Acosta; M. Pece y D. Meloni. 2006. "El NaCl induce la acumulación de solutos osmocompatibles en plántulas de vinal (*Prosopis ruscifolia* G.)". *Actas del III Congreso Iberoamericano de Ambiente y Calidad de Vida*. Catamarca, Argentina, 25 al 29 de Septiembre de 2006.
- Greenway, H.; and R. Munns. 1980. "Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes". *Annual Review in Plant Physiology*, 31: 149-190.
- Malavolta, E; G. Vitti; S. Oliveira. 1989. "Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações". Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. São Paulo, 201 p.
- Meloni, D. A.; M. A. Oliva; H. A. Ruiz and C. A. Martinez. 2001. "Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress". *Journal of Plant Nutrition*, 24: 599-612.
- Meloni, D. A.; M. A. Oliva; C. A. Martinez and J. Cambraia. 2003. "Photosynthesis and activity of stress-related enzymes in cotton under salt stress". *Environmental and Experimental Botany*, 49: 69-76.
- Meloni, D. A.; M. R. Gulotta; C. A. Martínez and M. A. Oliva. 2004. "The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*". *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 16: 39-46.
- Munns, R. 2002. "Comparative physiology of salt and water stress". *Plant Cell Environment*, 25: 239-250.
- Rathcke, B. and E. Lacey. 1985. "Phenological patterns of terrestrial plants". *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 16:179-214.
- Rhodes, D. and P. Felker. 1988. "Mass screening of *Prosopis* (mesquite) seedlings for growth at seawater salinity". *Forest Ecology and Management*, 24: 169-176.
- Roig, F. A. 1993. "Informe nacional para la selección de germoplasma de especies del género *Prosopis* de la República Argentina". *In: Contribuciones mendocinas a la Quinta Reunión de Regional para América Latina y el Caribe de la Red de Formación del CIID. Conservación y mejoramiento de especies del género Prosopis* (Ed. IADIZA) p. 1-36. IADIZA- CRICYT-CIID; Mendoza, Argentina.
- Seeman, J.R. and T.D. Sharkey. 1986. Salinity and nitrogen effects on photosynthesis, ribulose-1,5 biphosphate carboxylase and metabolite pool size in *Paspalum vulgare* L. *Plant Physiology*, 82:555-560.
- Smart, R. M. and J. B. Barko. 1980. "Nitrogen nutrition and salinity tolerance of *Distichlis spicata* and *Spartina alterniflora*". *Ecology*, 61: 630-638.
- Somers, F. G. 1979. "Natural halophytes as a potential resource for new salt-tolerant crops: some progress and prospects". *In: Hollaender, A. (Ed.), The Biosaline Concept*, p. 1-391. Plenum, NY,
- Sun, D. and G. Dickinson. 1993. "Responses of salt stress of 16 *Eucalyptus* species, *Grevillea robusta*, *Lophostemon confertus* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis*". *Forest Ecology and Management*, 60: 1-14.
- Van der Moezel, P. G.; L. E. Watson; V. N. Pearce-Pinto and D. T. Bell. 1988. "The response of six *Eucalyptus* species and *Casuarina obesa* to the combined effect of salinity and waterlogging". *Australian Journal of Plant Physiology*, 15: 465-474.

- Velarde, M; P. Felker and C. Degano. 2003. "Evaluation of Argentine and Peruvian *Prosopis* germplasm for growth at seawater salinities". *Journal of Arid Environments*, 55: 515-531.
- Villagra, P. E. and J. B. Cavagnaro. 2005. "Effects of salinity on the establishment and early growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* seedlings in two contrasting soils: implications for their ecological success". *Austral Ecology*, 30: 325-335.
- Villagra, P. E. and J. B. Cavagnaro. 2006. "Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco*". *Journal of Arid Environments*, 64:390-400.
- Volkmar, K.; Y. Hu and H. Steppuhn. 1998. "Physiological responses to plant salinity: a review". *Canadian Journal of plant Science*, 78: 19-27.
- Win Jones, R. G.; C. J. Brady and J. Speirs. 1979. "Ionic and osmotic regulation in plants". *In: Laidman, D.L. and R.G. Win jones (Eds.). Recent advances in the biochemistry of cereales*, p. 25-32. Benjamin/Cummings, California.
- Zao, H.; F. Hai; Z. San and S. Jie. 2002. "Study on the salt and drought tolerance of *Suaeda salsa* and *Kalanchoe clavigrammontana* under iso-osmotic salt and water stress". *Plant Science*, 165: 837-844.

