

# El efecto del NaCl en la germinación de semillas de poblaciones de *Atriplex repanda* de la región semiárida de Chile

The effect of NaCl on the germination of seeds of *Atriplex repanda* populations from the semiarid region of Chile

RAUL J. MORENO, JULIO R. GUTIERREZ y LORGIO E. AGUILERA

Departamento de Biología y Química, Universidad de La Serena,  
Casilla 599, La Serena, Chile

## RESUMEN

Se determinó la germinación de semillas de *Atriplex repanda* Phil. de 11 poblaciones de la IV Región, Chile, en 7 soluciones de NaCl: 0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 y 2.0%. En las 11 poblaciones analizadas el máximo porcentaje de germinación se alcanzó a concentraciones de 0 a 0.1% NaCl. A concentraciones sobre 0.5% NaCl se produjo una disminución en la germinación que fue entre 49.1 y 84.8%, siendo casi un 100% al 2% NaCl. No se encontró correlación entre la salinidad de los suelos de donde provenían las semillas y los niveles de NaCl, en los cuales ocurrió la máxima germinación de éstas. Las poblaciones de la costa tuvieron porcentajes de germinación más altos que las del interior. Se sugiere que la respuesta de las semillas de *Atriplex repanda* estaría asociada a las condiciones climáticas imperantes durante la formación de los frutos.

**Palabras claves:** *Atriplex repanda*, halófitas, germinación, zonas áridas.

## ABSTRACT

Seed germination of 11 population of *Atriplex repanda* Phil. from the IV Región, Chile were determined under 7 NaCl solutions (0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1.0 and 2.0%). Maximum percentage of germination was reached at concentrations of 0 to 0.1% NaCl. At concentrations over 0.5% NaCl seed germination was inhibited by 49.1% to 84.8%, and by almost 100% at 2.0% NaCl. We did not find a correlation between soil salinity for each population and the NaCl levels in which the maximum germination of their seeds occurred. The coastal populations had higher percentages of seed germination than the interior ones. It is suggested that the response of *Atriplex repanda* seeds would be associated with the climatic conditions prevailing during fruit formation.

**Key words:** *Atriplex repanda*, halophytes, germination, aridlands.

## INTRODUCCION

En Chile, al norte de la latitud 30°S, el clima ha sido clasificado como árido a perárido (di Castri & Hajek 1976). En este ambiente los suelos son usualmente salinos, ya que las bajas precipitaciones no son suficientes para lavar y transportar las sales de su superficie, y la elevada evaporación, característica de este clima, tiende a concentrar las sales en la superficie. En la zona costera, este efecto se acentúa por la presencia de una capa calcárea impermeable (tertel) poco profunda, que al impedir la infiltración de agua conjuntamente con

la evaporación contribuyen a aumentar la salinidad superficial. La salinidad del suelo condiciona el tipo de vegetación que se establece en él (Osmond *et al.* 1980).

En Chile hay alrededor de 20 especies nativas del género *Atriplex* (Chenopodiaceae) que se distribuyen principalmente al norte de la latitud 32°S (Badilla 1975). Las especies de *Atriplex* han sido clasificadas como plantas halófitas, estimándose que más del 50% de ellas se encuentran en suelos alcalinos, con una salinidad que va desde moderada a alta (Hall & Clements 1923, Osmond *et al.* 1980). Sin embargo, ciertas especies del género presentan una conside-

rable variabilidad en su germinación y crecimiento, al ser tratadas con diferentes soluciones de NaCl (Wallace *et al.* 1982). Las especies de *Atriplex* son capaces de fotosintetizar en condiciones de baja humedad del suelo y altas temperaturas, ya que la mayoría de ellas presentan el mecanismo fotosintético C<sub>4</sub> (Osmond *et al.* 1980).

*Atriplex repanda* es una de las especies chilenas nativas distribuida entre Vallenar (28°03'S) y Quilimarí (32°07'S), formando poblaciones pequeñas y aisladas geográficamente (Badilla 1975). La especie crece en suelos que se caracterizan por ser desde neutros a moderadamente alcalinos (pH 7 a 8.5), pobres en contenido de materia orgánica (< 0,25%), con una conductividad eléctrica que varía entre 0.3 a 14.2 mmhos y un contenido de Na que va desde 20 a 983 ppm (Mettifogo & Calderón 1987).

*Atriplex repanda* es una planta forrajera que se ha usado en programas de reforestación para la formación de praderas artificiales en el secano costero de la IV Región de Coquimbo, Chile. Sin embargo, su capacidad de propagación natural está limitada por el bajo porcentaje de germinación que no sobrepasa el 2% (Lailhacar & Laude 1975, Olivares & Gastó 1981). Existen numerosos estudios que relacionan la germinación de frutos de *A. repanda* con el efecto de la edad, la luz, la temperatura y el grosor de su pericarpio (Fernández 1978 a,b,c, Fernández & Johnston 1978, Johnston *et al.* 1985). En estos trabajos se han usado semillas de algunas plantas seleccionadas, sin tomar en consideración la variabilidad interpoblacional de la especie.

Aun cuando la salinidad de los suelos se considera como un factor limitante en la germinación y establecimiento de plantas halófitas (Chatterton & McKell 1969, Osmond *et al.* 1980), este aspecto ha sido escasamente estudiado en Chile. La germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas corresponden al período más crítico del ciclo de vida de las halófitas (Waisel 1972, Ungar 1978). En estudios experimentales sobre el efecto del NaCl en la germinación de semillas de *A. polycarpa* se encontró que la máxima germinación ocurría a concentraciones de 0.05% NaCl y era inhibida casi totalmente en soluciones de

2% NaCl (Chatterton & McKell 1969). En *Atriplex triangularis* las semillas alcanzaron su máxima germinación entre 0 y 1% NaCl, disminuyendo en un 40 y 90% en concentraciones de 2% y 5% NaCl, respectivamente (Khan & Ungar 1984). Además de la salinidad, la germinación de las semillas podría estar relacionada con las condiciones climáticas imperantes durante la formación de los frutos en las plantas maternas (Harrington 1960, McCullough & Shropshire 1970, Dorne 1981, Guterman 1981, 1982).

Debido a que los suelos en que habitan las poblaciones de *A. repanda* presentan diferencias en las concentraciones de Na (Mettifogo & Calderón 1987), se esperaría que la germinación de semillas varíe en un gradiente de NaCl. En este trabajo se investigará la respuesta de germinación de semillas provenientes de 11 poblaciones de *A. repanda*, localizadas a lo largo del ámbito de distribución de la especie, sometidas a un gradiente de concentración de NaCl.

#### AREA DE ESTUDIO Y METODOS

En la Fig. 1 se muestra la ubicación de las poblaciones de *A. repanda* estudiadas. En general, los ambientes de las poblaciones de *A. repanda* son sitios abiertos, pedregosos y con alta radiación; poseen escasa vegetación acompañante y poca diversidad de especies. Todas las localidades presentan un alto grado de destrucción de la vegetación nativa debido fundamentalmente a la sobreexplotación a que ha sido sometido el sistema por el pastoreo y talaje. En la Tabla 1 se resumen las características físicas y biológicas de cada uno de los once sitios donde se colectaron los frutos de *A. repanda*.

En los experimentos de germinación se usaron frutos de 3 años (colectados en el año 1984) de edad, a los cuales se les extrajo manualmente las brácteas. Se utilizaron solamente aquellas semillas que presentaban una estructura normal en cuanto al llenado y sin ningún tipo de daño.

La unidad experimental consistió en 25 semillas, que se dispusieron en cápsulas de Petri, a las que se le asignó al azar uno de los siguientes 7 niveles de NaCl: 0, 0,01, 0,05, 0,1, 0,5, 1,0 y 2,0%. Cada tratamiento se replicó cuatro veces.

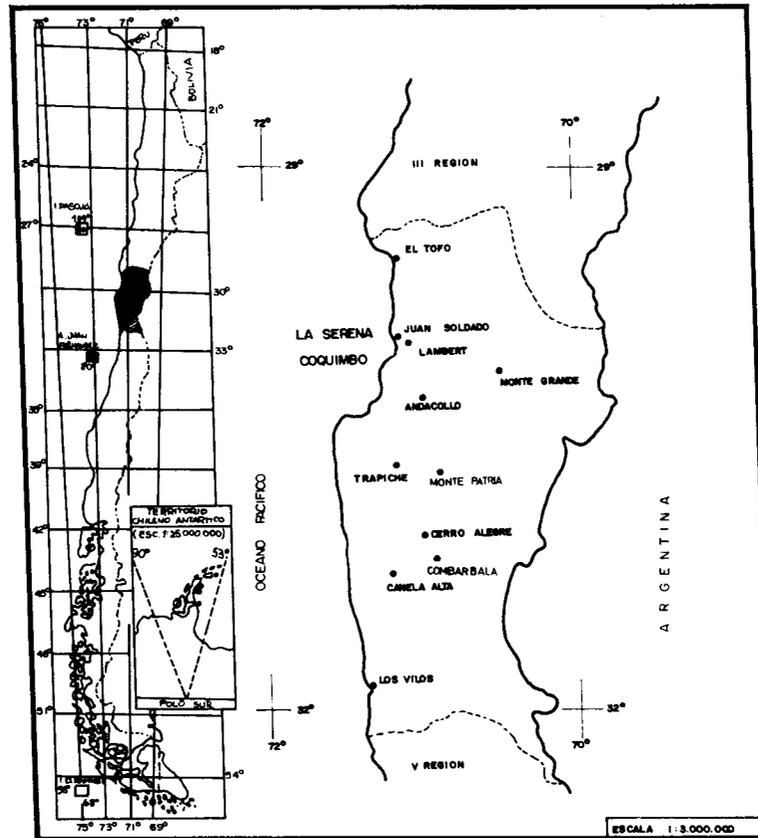


Fig. 1: Ubicación de los once sitios de colecta de frutos de *Atriplex repanda*.  
Location of the eleven collecting sites of *Atriplex repanda* fruits.

TABLA 1

Ubicación y características de los sitios en que se colectó frutos de *Atriplex repanda*.  
D: Días despejados; N: Días nublados

Location and characteristics of sites where *Atriplex repanda* fruits were collected.  
D: Sunny days; N: Cloudy days

Sitio	Latitud Sur	Altitud (m)	Precipitación <sup>1</sup> Anual (mm)	Nº días <sup>1</sup>		Proporción D/N	Conductividad (mmho/cm)	Especie dominante	Especie Asociada
<i>Costa</i>									
El Tofo	29°27'	650	54,2	78	285	0,27	0,15	<i>Fuchsia lycioides</i>	<i>Atriplex repanda</i>
J. Soldado	29°50'	0	186,3	140	225	0,62	1,40	<i>Cristaria urmenetae</i>	<i>Senecio brunoniano</i>
Lambert	29°55'	50	186,3	140	225	0,62	1,50	<i>Atriplex repanda</i>	<i>Raphanus sativum</i>
Los Vilos	31°55'	100	328,8	157	208	0,75	0,94	<i>Atriplex repanda</i>	<i>Schismus arabicus</i>
<i>Interior</i>									
Monte Grande	30°05'	1.200	163,9	259	106	2,4	0,28	<i>Atriplex repanda</i>	<i>Atriplex semibaccata</i>
Andacollo	30°14'	950	Sin datos	Sin datos			2,10	<i>Atriplex repanda</i>	<i>Chenopodium</i> sp.
Trapiche	30°37'	200	137,3	145	68*	2,1	1,40	<i>Baccharis linearis</i>	<i>Pleocarpus revolutus</i>
Monte Patria	30°41'	500	221,9	81	284	0,28	0,56	<i>Atriplex repanda</i>	<i>Solanum</i> sp.
Cerro Alegre	31°01'	550	265,0	269	96	2,8	0,93	<i>Atriplex repanda</i>	<i>Acacia caven</i>
Combarbalá	31°10'	950	265,0	269	96	2,8	0,24	<i>Atriplex repanda</i>	<i>Atriplex semibaccata</i>
Canela Alta	31°19'	450	250,9	269	96	2,8	0,69	<i>Atriplex repanda</i>	<i>Atriplex semibaccata</i>

\*Datos incompletos. <sup>1</sup> Datos corresponden a 1983.

Las semillas se mantuvieron con sus respectivas soluciones de NaCl en cápsulas de Petri con papel absorbente a una temperatura de 25°C y con un ciclo de iluminación de 14 horas luz. El experimento se controló durante 15 días y se consideró germinadas las semillas que mostraban la radícula al menos 5 mm fuera de la semilla.

Los datos se analizaron mediante un Análisis Factorial de Varianza para un diseño de bloques completamente al azar. Los promedios de semillas germinadas entre las poblaciones, niveles de NaCl y las interacciones, se compararon usando el procedimiento de las diferencias mínimas significativas (Steel & Torrie 1985). Todas las diferencias indicadas como significativas lo son para un  $\alpha = 0.01$ . Los datos climáticos para la época de maduración de frutos se obtuvieron de las estaciones meteorológicas cercanas a los sitios de colecta que mantiene el Servicio Nacional de Obras Sanitarias (SENDOS 1988) en la IV Región. Los datos sobre las características químicas de los suelos se obtuvieron de Mettifogo & Calderón (1987).

## RESULTADOS

### *Clima de los sitios de estudio*

Durante el período de maduración de los frutos, que se produce entre los meses de octubre a enero, los arbustos de las 11 poblaciones de *A. repanda* estuvieron sometidos a condiciones climáticas diferentes (Tabla 1). Tanto en las zonas costeras como en el interior, las precipitaciones se concentraron entre los meses de mayo a septiembre, con un promedio de 14 días de lluvia (SENDOS 1988). En la zona costera la precipitación fue un 10% más alta que en la zona interior. La relación días despejados/días nublados en la zona interior fue 3.8 veces superior a los de la zona costera. La temperatura fue 1.2 grados superior en la zona interior que la costera.

### *Germinación de las semillas*

En los ensayos de germinación hubo diferencias significativas en la respuesta de las

semillas de las distintas poblaciones ( $F_{(10, 231)} = 88.13$ ;  $P < 0.01$ ), a diferentes niveles de NaCl ( $F_{(6, 231)} = 377.6$ ;  $P < 0.01$ ) y la interacción de estos factores ( $F_{(60, 231)} = 12.92$ ;  $P < 0.01$ ). Las semillas de 10 de las 11 poblaciones estudiadas mostraron un patrón de germinación similar durante el período de observación (Fig. 2). Los máximos porcentajes de germinación (27 a 81,3%) se alcanzaron a concentraciones de 0 a 0,1% de NaCl. A concentraciones sobre 0,5% de NaCl se produjo una disminución en la germinación entre 49,1 y 84,8%. Sólo la población de Canela mantuvo porcentajes uniformes de germinación entre 25 y 30%, que no difirieron significativamente entre los niveles de NaCl (Fig. 2). Sin embargo, los porcentajes de germinación de las semillas de la población de Canela fueron significativamente inferiores a los de las demás poblaciones en las concentraciones de 0 a 0,1% de NaCl.

El promedio de germinación de las semillas, considerando todos los niveles de NaCl para cada población, varió entre 19,3 y 55,7%. Las semillas de la población de Lambert mostraron los valores más altos de germinación (Fig. 3). De acuerdo a estos resultados, las poblaciones se pueden agrupar en tres niveles de germinación:

a) Poblaciones con porcentajes de germinación de semillas superiores a 40% (Lambert, Juan Soldado y Los Vilos), y diferencias significativas entre ellas.

b) Poblaciones con porcentajes de germinación de semillas entre 30 y 38% (Monte Patria, Combarbalá, El Tofo y Trapiche). La germinación en la población de Trapiche es significativamente menor que las otras tres.

c) Poblaciones con porcentajes de germinación de semillas inferiores al 30% (Canela, Andacollo, Cerro Alegre y Monte Grande). En este grupo la población de Monte Grande muestra una germinación significativamente inferior a las otras tres (Fig. 3).

## DISCUSION

Las poblaciones de *A. repanda* estudiadas mostraron un patrón de germinación similar en respuesta al gradiente de concentra-

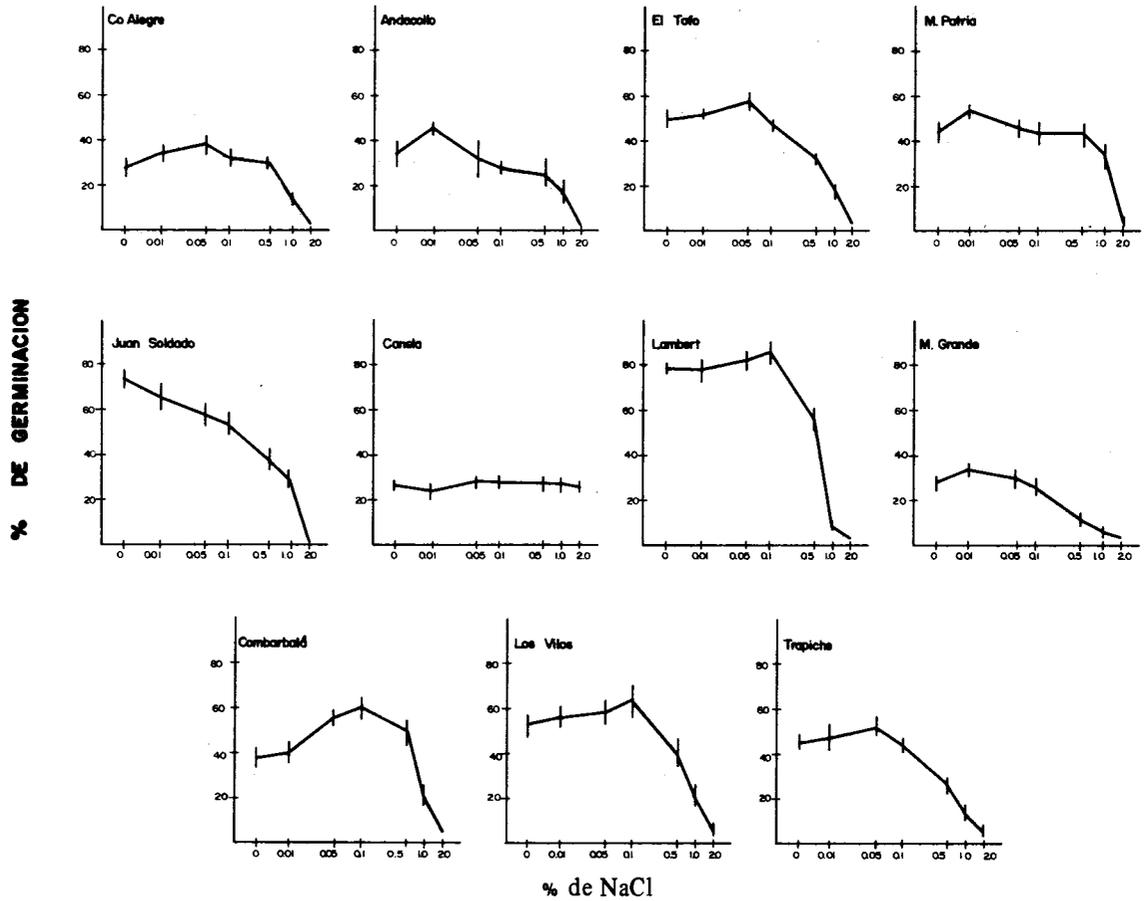


Fig. 2: Porcentaje promedio de germinación de semillas de once poblaciones de *Atriplex repanda* en siete niveles de NaCl. Las barras representan  $\pm$  un error estándar.

Average percentages of seed germination of eleven *Atriplex repanda* populations in seven levels of NaCl. Bars represent  $\pm$  1 S.E.

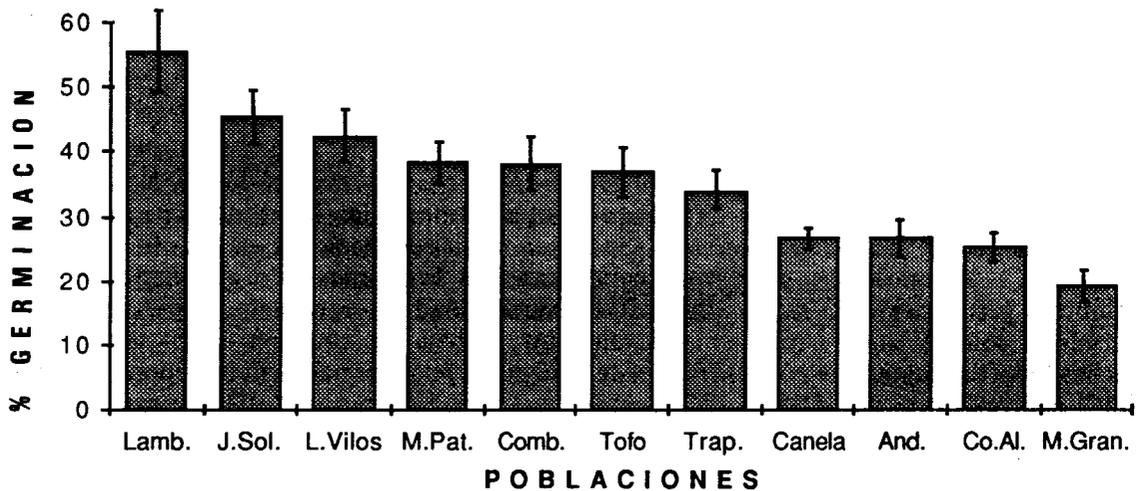


Fig. 3: Promedio de germinación de semillas de once poblaciones de *Atriplex repanda*. Los promedios se calcularon considerando los valores obtenidos en todos los niveles de NaCl usados en los experimentos. Las barras representan  $\pm$  un error estándar.

Average percentage of seed germination of eleven *Atriplex repanda* populations. To calculate means, the data were pooled over NaCl levels used in the experiment. Bars represent  $\pm$  1 S.E.

ción de NaCl. Todas las poblaciones tuvieron su máxima germinación en niveles entre 0 y 0,1% de NaCl y el porcentaje de germinación se redujo drásticamente a medida que se aumentó la concentración de NaCl. Sin embargo, los cambios en el porcentaje de germinación en respuesta al gradiente de NaCl no fueron iguales para todas las poblaciones. Monte Grande y El Tofo mostraron los cambios más pronunciados, ya que en soluciones de 0,5% de NaCl su germinación disminuyó en un 50%. La situación opuesta se observó en la población de Canela, en que el porcentaje de germinación fue similar en todos los niveles de NaCl. Aunque la germinación en la población de Canela fue relativamente baja comparada a las otras poblaciones, las semillas de esta población parecen ser más tolerantes a la salinidad. Por lo tanto, la población de Canela podría ser una fuente de semillas para la revegetación de suelos salinos.

Los porcentajes más altos de germinación se observaron en las poblaciones de Lambert, Juan Soldado y Los Vilos. Los niveles de NaCl, donde las semillas de estas poblaciones muestran los más altos porcentajes de germinación (0 a 0,1%), corresponden al rango de NaCl que usualmente contienen los suelos de los sitios que habitan estos arbustos (Mettifogo & Calderón 1987), lo que sugiere que existe una relación entre la distribución de la especie y el nivel de salinidad del suelo.

La unidad de dispersión de las especies del género *Atriplex* es el fruto que contiene una semilla rodeada con dos brácteas que se unen por la base, formando el pericarpio (Johnston & Fernández 1978, Osmond *et al.* 1980, Olivares & Gastó 1981). Las brácteas contienen un tejido esponjoso que acumula NaCl en cantidades suficientes para inhibir la germinación de las semillas. Estas germinan sólo si las precipitaciones lavan dichas brácteas bajando la concentración de NaCl a niveles que permitan la imbibición necesaria para la germinación (Beadle 1952, Ungar 1978). Charley (1959) mostró que un equivalente de 100 mm de precipitación era suficiente para lavar cerca del 95% de los cloruros de las brácteas de *Atriplex vesicaria*, lo que permitía la germinación de las semillas. Del mismo modo, Johnston & Fer-

nández (1979) mostraron que el lavado profuso de los frutos de *A. repanda* antes de la siembra mejora en un 35% la emergencia de plántulas. Ellas postulan que la presencia de saponinas y elevadas concentraciones de NaCl en el pericarpio de los frutos inhiben su germinación. Por otro lado, las plantas de *Atriplex* absorben grandes cantidades de Na que acumulan en las vacuolas celulares de raíces, con lo cual son capaces de crear un gradiente osmótico favorable para absorber agua cuando el potencial hídrico del suelo es bajo (Osmond *et al.* 1980). El exceso de estas sales son translocadas a las hojas donde se acumulan en los tricomas de la superficie foliar formando glándulas salinas. La caída de estas hojas devuelve el NaCl absorbido a la superficie del suelo, creando un nivel de salinidad inhibitorio para la germinación. Análisis de suelos demuestran que los niveles de salinidad son significativamente más altos bajo los arbustos de *A. repanda* que entre los arbustos (Mettifogo & Calderón 1987). Sin embargo, no se encontró una correlación entre la salinidad de los suelos de donde provenían las semillas y los niveles de NaCl que produjeron la máxima germinación. La población de Canela, que resultó ser la más tolerante a la salinidad, provenía de suelos cuyo contenido de Na era equivalente a 0,02%. El suelo con mayor contenido de Na fue el de El Tofo. Sin embargo, las semillas provenientes de esa localidad alcanzaron la máxima germinación entre 0 y 0,01% de NaCl y redujeron su germinación entre un 60 y un 95% en soluciones de NaCl entre 0,5 y 2%.

Aun cuando los niveles de NaCl a que fueron sometidas las semillas permite diferenciar las poblaciones en cuanto a su tolerancia a la salinidad, lo que indicaría una variabilidad interpoblacional para este factor, la baja germinación de las semillas de algunas poblaciones podría deberse a otros factores. Harrington & Thompson (1952), Harrington (1960), McCullough & Shropshire (1970), Hayes & Klein (1974), Dorne (1981), Gutterman (1981, 1982) y Sawhney & Naylor (1982) han mostrado que las condiciones a que han estado sujetas las plantas madres durante la maduración de las semillas (efecto materno) pueden condi-

cionar su germinabilidad. Por tal razón, la respuesta fisiológica de las semillas en un año puede ser diferente a la del año siguiente. Las diferencias en los porcentajes de germinación entre las semillas de las poblaciones de *A. repanda* podrían deberse a un efecto materno inducido por las condiciones de humedad y temperatura a que estuvieron expuestas las plantas madres durante el período de formación y maduración de los frutos.

En las poblaciones estudiadas los mayores porcentajes de germinación corresponden a poblaciones ubicadas en las zonas costeras que presentaron temperaturas menores y con una menor evaporación por efecto de la abundante nubosidad, que es dos veces mayor que en el interior (Tabla 1). El mayor estrés hídrico y las altas temperaturas durante el período de maduración de los frutos podrían inducir a una latencia mayor en las semillas de las poblaciones del interior. El período de maduración de los frutos de *Atriplex repanda* es entre octubre y enero (Olivares & Gastó 1981), que son los períodos de ausencia de lluvias, de las temperaturas más altas y de mayor número de días despejados en la zona árida de Chile (Di Castri & Hajek 1976). Es posible que el ambiente de la costa, que es más moderado, seleccione genotipos que tienen semillas con latencia más baja que las poblaciones del interior. Ya que no se encontró un patrón de correspondencia entre la salinidad de suelos y la tolerancia a la salinidad, esta última característica podría ser aleatoriamente heredada en estas poblaciones.

La salinidad de los suelos podría ser un factor que limita la distribución actual de *A. repanda*. Su límite de distribución correspondería a la zona de Vallenar (28°03'S), al norte de la cual la salinidad del suelo es 10 veces superior a la de los suelos donde habita *A. repanda* (Pereira & Ojeda 1988). A niveles elevados de salinidad la germinación de las semillas de *A. repanda* es inhibida casi totalmente, lo que limitaría su establecimiento y distribución. En suelos hipersalinos están presente otras especies de *Atriplex* (*A. madariagae*, *A. deserticola*, *A. atacamensis* y *A. mucronata*), que muestran porcentajes de germinación

entre 80 y 90% en niveles de NaCl de 3% (datos no publicados de los autores). Al igual que en otras especies de *Atriplex*, este estudio muestra que la salinidad del suelo sería un factor importante en la regulación de la germinación de las semillas.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Paulina Darrigrande y Perla Ruz su participación en el montaje y control de los experimentos de germinación. Nuestro reconocimiento a tres revisores anónimos por sus valiosos comentarios. Este trabajo fue financiado por FONDECYT 1042/85 y DIULS 130-2-21. Este trabajo es una contribución de la Unidad de Investigación de Zonas Áridas (UNIZA) de la Universidad de La Serena.

#### LITERATURA CITADA

- BADILLA SI (1975) Características ecológicas y fitosociológicas de *A. repanda* Phil. Tesis Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.
- BEADLE NCW (1952) Studies in halophytes. I. The germination of seed and establishment of seedlings of five species of *Atriplex* in Australia. Ecology 33: 49-62.
- CHARLEY JL (1959) Soil salinity-vegetation patterns in western New South Wales and their modification by overgrazing. Ph.D. Thesis University of New England, Armidale.
- CHATTERTON NJ & CM MCKELL (1969) *Atriplex polycarpa*. I. Germination and growth as affected by sodium chloride in water cultures. Agronomy Journal 61: 448-450.
- DI CASTRI F & ER HAJEK (1976) Bioclimatología de Chile. Editorial Universidad Católica, Santiago.
- DORNE AJ (1981) Variation in seed germination inhibition of *Chenopodium bonus-henricus* in relation to altitude of plant growth. Canadian Journal of Botany 59: 1893-1901.
- FERNANDEZ G & M JONHSTON (1978) Efecto de la testa en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. I. Entrada de agua a la semilla. Phytion 36: 97-102.
- FERNANDEZ G (1978a) Influencia de la edad en la germinación de *Atriplex repanda*. Phytion 36: 111-115.
- FERNANDEZ G (1978b) Aumento de la germinación de *Atriplex repanda*. I. Tratamiento con ácido sulfúrico. Phytion 36: 117-121.
- FERNANDEZ G (1978c) Aumento de la germinación de *Atriplex repanda*. II. Efecto de diferentes tratamientos químicos al pericarpio. Phytion 36: 123-127.
- GUTTERMAN J (1981) Influences on seed germinability: phenotypic maternal effects during seed maturation. Israel Journal of Botany 29: 105-117.
- GUTTERMAN J (1982) Phenotypic maternal effect of photoperiod on seed germination. En: Kahn AA (ed) The Physiology and Biochemistry of Seed Development, Dormancy and Germination: 67-80: Elsevier Biomedical, New York.

- HALL HM & FE CLEMENTS (1923) The phylogenetic method of taxonomy: The North American species of *Artemisia*, *Chrysothamus* and *Atriplex*. Publication Carnegie Institution of Washington Nº 326.
- HARRINGTON JF & RC THOMPSON (1952) Effect of variety and area production on subsequent germination of lettuce seed at high temperature. Proceedings of American Horticulture 59: 445-450.
- HARRINGTON JF (1960) Germination of seed from carrot, lettuce and pepper plants grown under severe nutrient deficiencies. Hilgardia 30: 219-235.
- HAYES RG & WH KLEIN (1974) Spectral quality influence of light during development of *Arabidopsis thaliana* (L) plants in regulating seed germination. Plant Cell Physiology 15: 643-653.
- JOHNSTON M & G FERNANDEZ (1978) Efecto de la testa en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. II. Determinación de la intensidad respiratoria. Phytion 36: 103-109.
- JOHNSTON M & G FERNANDEZ (1979) Rol del pericarpio de *Atriplex repanda* en la germinación. I. Efecto del lavado de los frutos en agua. Phytion 37: 145-151.
- JOHNSTON MG, G FERNANDEZ & A OLIVARES (1985) Efecto de la luz y la temperatura en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. Phytion 45: 19-29.
- KHAN MA & IA UNGAR (1984) Seed polymorphism and germination responses to salinity stress in *A. triangularis*. Botanical Gazette 145: 487-494.
- LAILHACAR S & H LAUDE (1975) An improvement of seed germination en *Atriplex repanda* Phil. Journal of Range Management 28: 491-494.
- MCCULLOUGH JM & W SHROPSHIRE (1970) Physiological predetermination of germination responses in *Arabidopsis thaliana* (L). Plant Cell Physiology 11: 139-148.
- METTIFOGO R & L CALDERON (1987) Caracterización físico-química y análisis químico de suelos con *Atriplex repanda* Phil. Seminario de titulación. Universidad de La Serena.
- OLIVARES A & J GASTO (1981) *Atriplex repanda*. Organización y manejo de ecosistemas con arbustos forrajeros. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Santiago.
- OSMOND CB, O BJORKMAN & D ANDERSON (1980) Physiological Processes in Plant Ecology. Towards a Synthesis with *Atriplex*. Springer-Verlag, Berlin.
- PEREIRA LA & JA OJEDA (1988) Caracterización química de suelos donde crecen poblaciones del género *Atriplex* en el Desierto de Atacama. Seminario de Titulación. Universidad de La Serena.
- SAWHNEY R & JM NAYLOR (1982) Dormancy studies in seeds of *Avena fatua* development on duration of seed dormancy. Canadian Journal of Botany 60: 1016-1020.
- SERVICIO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS IV REGION (SENDOS) (1988) Datos climatológicos de cinco estaciones meteorológicas. Mimeografiado.
- STEEL RGD & JH TORRIE (1980) Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. McGraw-Hill Book Co., New York.
- UNGAR IA (1978) Halophyte seed germination. The Botanical Review 44: 233-264.
- WAISEL Y (1972) Biological flora of Israel. 3. *Suaeda monoica*. Israel Journal of Botany 21: 42-52.
- WALLACE A, EM ROMMEY & RT MOELLER (1982) Sodium relations in desert plants: Effect of sodium chloride on *Atriplex polycarpa* and *A. canescens*. Soil Science 134: 65-68.