

Variación en las características reproductivas de poblaciones nativas de *Atriplex repanda* Phil. (Chenopodiaceae) en la zona árida de Chile

Variability in reproductive characteristics of wild populations of *Atriplex repanda* Phil. (Chenopodiaceae) in the Chilean arid region

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

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

RESUMEN

La escasa propagación natural de la especie *Atriplex repanda* resulta del bajo nivel de germinación de sus semillas (<1%). En el análisis de este problema no se han considerado previamente los principales factores ambientales y/o genéticos que pudieran influir en la germinación de semillas provenientes de diferentes poblaciones. En este trabajo se comparó: 1) la producción de frutos; 2) la calidad de frutos; 3) la viabilidad de semillas, y 4) la germinabilidad de semillas en nueve poblaciones localizadas entre 29°27' y 31°35' S en la zona árida de Chile. Para todos los parámetros analizados, la variabilidad entre poblaciones fue alta y las diferencias fueron estadísticamente significativas. A nivel poblacional, la producción de frutos se correlacionó positivamente con el tamaño, viabilidad y germinabilidad de las semillas. La viabilidad de las semillas se correlacionó positivamente con el tamaño de éstas. Las diferencias reproductivas observadas entre poblaciones silvestres podrían ser de importancia en planes de manejo de la especie.

Palabras claves: Zonas áridas, *Atriplex*, germinabilidad de semillas, viabilidad de semillas, variabilidad interpoblacional.

ABSTRACT

Infrequent natural propagation in *Atriplex repanda* is a result of its low seed germination (<1%). In the analysis of this problem, the effects of major environmental and/or genetic factors that might influence seed germination in different populations have not been previously considered. In this study, 1) fruit yield, 2) fruit quality, 3) seed viability, and 4) seed germination levels were compared for nine populations of *A. repanda* ranging from 29°27' to 31°55' S, in the arid region of Chile. High and statistically significant variation among populations was found for all the parameters analyzed. At the population level, fruit yield was positively correlated with seed size, seed viability and seed germination. Seed viability was also positively correlated with seed size. Reproductive differences among wild populations might be important for the management of this species.

Key words: Aridlands, *Atriplex*, seed viability, seed germination, interpopulation variability.

INTRODUCCION

Atriplex repanda es un arbusto de la zona árida de Chile que presenta una baja propagación natural debido a la escasa germinación de sus semillas, la que no supera el 1% (Cristi & Gastó 1971, Lailhacar & Lau-de 1975). La escasa germinación ha sido atribuida a la producción de semillas con embriones inmaduros (Fernández 1978a), a la presencia de inhibidores químicos en la testa de las semillas (Fernández & Johnston 1980), a la resistencia mecánica

del fruto a la emergencia de la radícula y cotiledones (Fernández *et al.* 1985) y al impedimento a la libre difusión de gases a través de la testa (Johnston & Fernández 1978).

Debido a la calidad forrajera de *A. repanda* (Gastó & Contreras 1972, Silva & Pereira 1976) se han ensayado varios tratamientos para incrementar la germinación de sus semillas. Olivares & Johnston (1978) estudiaron el efecto de diversos sustratos y profundidades de siembra para germinar semillas de *A. repanda*, encon-

trando un aumento en el porcentaje de germinación y establecimiento de plántulas al usar arena como sustrato y profundidades de siembra entre 0 y 0,5 cm. Olivares & Johnston (1978) determinaron los efectos de diferentes tiempos de exposición de los frutos de *A. repanda* a la acción del licor ruminal de ovinos. Se encontró un efecto positivo del licor ruminal en la escarificación del fruto, obteniéndose los más altos porcentajes de emergencia de plántulas a 120 horas de exposición y en frutos con 5 años de almacenamiento. Resultados similares encontró Fernández (1978b) al tratar frutos de la especie con ácido sulfúrico, determinando que los incrementos en la germinación de las semillas están relacionados con el tiempo de exposición al ácido y con la edad de los frutos. Otro de los factores que han sido estudiados es la incidencia de la luz, encontrándose en semillas desprovistas de pericarpio una mayor germinación bajo condiciones de luz que en la oscuridad (Johnston *et al.* 1985, Gutiérrez *et al.* 1988).

Los estudios citados usaron semillas provenientes de una sola población. No se ha considerado previamente los efectos ambientales y/o genéticos que pudieran influir en la germinación de semillas provenientes de distintas poblaciones. En otras especies del género *Atriplex*, el tamaño, textura y color de la testa de la semilla influyen en la germinación, existiendo diferencias inter e intraespecíficas (Nobs & Hagar 1974, Osmond *et al.* 1980, Khan & Ungar 1984). En Chile, *Atriplex repanda* presenta una distribución geográfica amplia que va desde la localidad de Quilimarí (28°34'S) hasta el río Huasco (32°07'S) (Gastó & Contreras 1972). Dentro del rango de distribución de esta especie, las poblaciones son pequeñas y están separadas por grandes distancias. Este tipo de distribución podría haber llevado a la formación de ecotipos o razas geográficas como las descritas para tres especies del género *Atriplex* por Turensen (1925).

En este trabajo analizaremos la variabilidad interpoblacional en relación a cuatro características reproductivas de *Atriplex repanda*: 1) producción de frutos; 2) calidad de los frutos; 3) viabilidad de semillas,

y 4) germinabilidad de semillas, de manera de identificar poblaciones naturales que presenten un mayor potencial de propagación por semillas.

SITIOS DE ESTUDIO

Se seleccionaron nueve poblaciones de *A. repanda*, ubicadas entre los 29°27' y 31°55'S (Fig. 1). En general, las poblaciones de esta especie crecen en sitios abiertos, pedregosos y con una alta radiación, con escasa vegetación acompañante y baja riqueza de especies. Todos los sitios presentaban un alto grado de alteración antrópica (mineras y/o agrícolas). Estos están ubicados en altitudes que van entre 0 y 1.200 m, con pendientes entre 0 y 35°, y presentan suelos con una textura que va entre franco arcillo-arenoso a arcillo-arenoso (Tabla 1). La precipitación es tres veces más alta en Los Vilos (localidad más meridional) en relación a las localidades más septentrionales (Tabla 1). Las poblaciones estudiadas se clasificaron en costeras y del interior de acuerdo a la influencia marítima directa, su ubicación sobre terrazas marinas y la distancia desde la línea de costa (Tabla 1, Fig. 1).

MATERIALES Y METODOS

La estimación de producción de frutos se realizó en febrero de 1982. En este período la proporción de frutos (expresada como peso seco) usualmente sobrepasa el 50% de la biomasa aérea y la tasa de crecimiento de hojas y tallos presenta el menor valor (Olivares & Gastó 1981). En el transcurso del mes en cada población se colectaron solamente una vez, 10 ramas al azar con frutos maduros, en cada uno de cinco arbustos, también elegidos al azar (50 ramas en total). Las ramas con frutos maduros se diferenciaron claramente de las ramas con frutos inmaduros, ya que sus frutos presentaban un mayor tamaño, una forma más esférica y una coloración más parda. Se determinó la longitud de las ramas y se pesaron al miligramo más cercano todos los frutos presentes en ellas. La

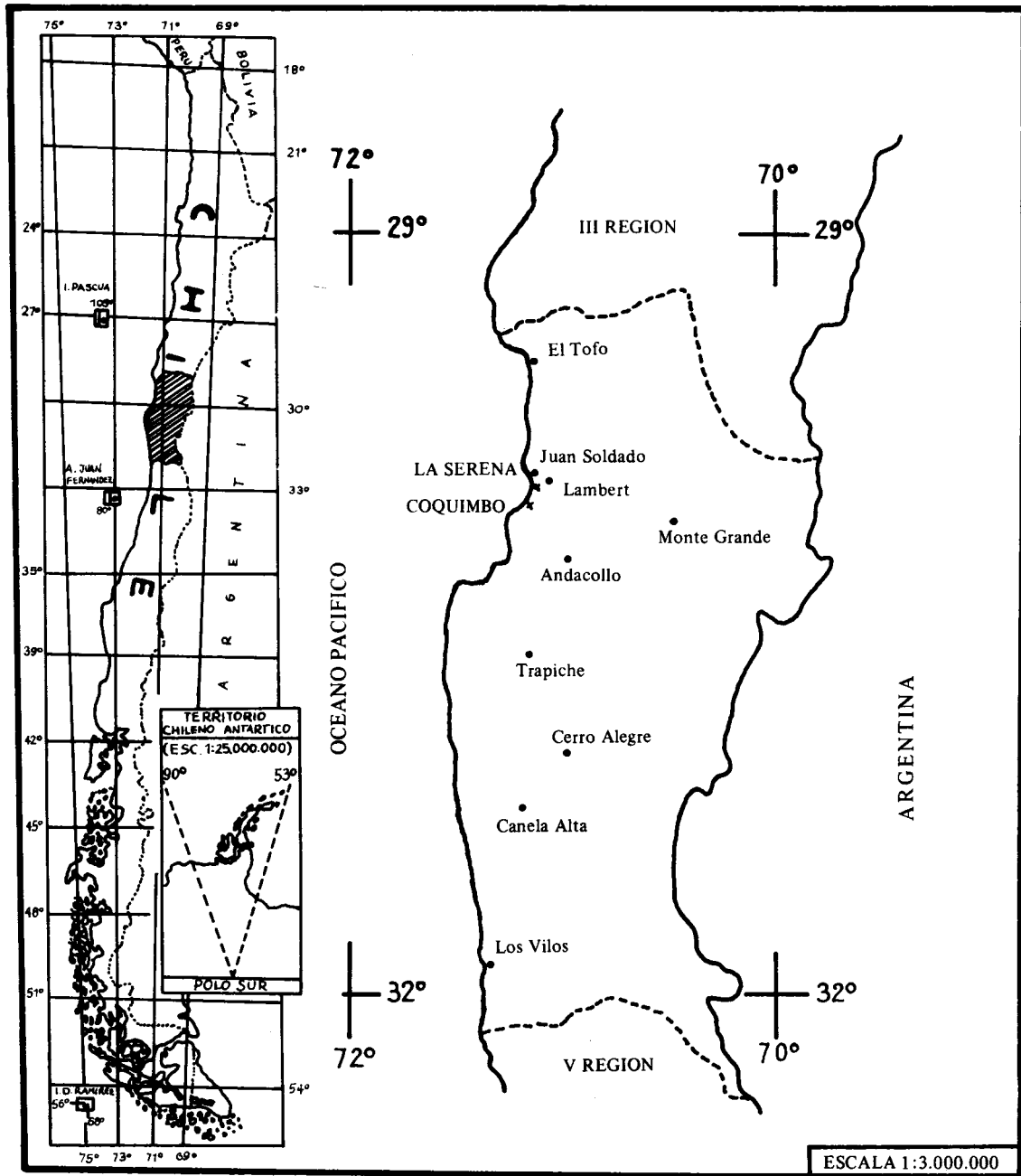


Fig. 1: Ubicación geográfica de nueve poblaciones estudiadas de *Atriplex repanda* en la zona árida de Chile.

Geographical location of nine *Atriplex repanda* populations within the arid region of Chile.

producción de frutos se expresó como gramos de fruto por centímetro de rama. No se consideraron las probables diferencias en dispersabilidad de los frutos entre las poblaciones al momento de la colecta, ya que éstos permanecen en la rama por un

prolongado período de tiempo después de su maduración (Olivares & Gastó 1981).

La calidad de los frutos se estimó usando 10 réplicas de 100 frutos cada una, tomadas al azar del total de los frutos obtenidos de las 50 ramas colectadas en cada pobla-

TABLA 1

Características de los sitios donde se colectaron frutos de *Atriplex repanda*.
 Characteristics of the sites where *Atriplex repanda* fruits were collected.

Sitio	Latitud	Altitud (m)	Pendiente (grados)	Precipitación anual (mm)***	Tipo de suelo
El Tofo*	29°27'	650	35	Sin datos	Arcillo-arenoso
Juan Soldado*	29°50'	0	0	116,1	Franco arcillo-arenoso
Lambert*	29°55'	50	0	116,1	Franco arcillo-arenoso
Monte Grande**	30°05'	1.200	20	189,2	Franco arcillo-arenoso
Andacollo**	30°14'	950	8	Sin datos	Franco arcillo-arenoso
Trapiche**	30°37'	200	35	137,3	Arcillo-arenoso
Cerro Alegre**	31°01'	550	15	267,2	Franco arcillo-arenoso
Canela Alta**	31°19'	450	0	250,9	Franco arcillo-arenoso
Los Vilos*	31°55'	100	0	328,8	Franco arcillo-arenoso

* Poblaciones costeras.

** Poblaciones del interior.

*** INE (1982).

ción. Los frutos se escarificaron en forma mecánica separando sus brácteas con busurí, registrándose el número de frutos llenos.

En cada población se eligieron al azar 300 semillas viables del total de semillas escarificadas. A cada semilla se le midieron dos diámetros ortogonales y con estas dimensiones se estimó el área (tamaño de aquí en adelante) de las semillas usando la fórmula de una elipse. La viabilidad de la semilla se determinó cuantificando la cantidad y distribución del tejido metabólicamente activo en el embrión de la semilla. Esto se realizó mediante la prueba del tetrazolio (Porter *et al.* 1947, Yaklich & Kulik 1979) que distingue entre tejidos viables y muertos del embrión sobre la base de su tasa de respiración relativa en el estado hidratado. La viabilidad se interpretó de acuerdo a patrones topográficos y a la intensidad de coloración del embrión. Se usaron cuatro submuestras de 25 semillas cada una tomadas al azar a partir de las 300 semillas viables escarificadas por cada población, las cuales se embebieron en una solución de 0,25% del reactivo 2,3,5-trifeniltetrazolio cloruro. De

acuerdo a los patrones de coloración del embrión con el tetrazolio se distinguieron 2 tipos de semillas: a) semilla viable: embrión completamente coloreado y b) semilla no viable: radícula y/o cotiledón sin tinción.

La germinación por población se determinó usando cuatro placas Petri con 25 semillas cada una. Las semillas se depositaron sobre papel absorbente y se regaron con agua destilada, manteniéndolas a una temperatura de 25°C y un fotoperíodo de 14/10 horas luz-oscuridad (Gutiérrez *et al.* 1988). Después de 15 días de iniciado el ensayo se registró el número de semillas germinadas en cada una de las placas. Se consideró germinada la semilla que presentaba una radícula ≥ 5 mm de longitud.

Los valores absolutos obtenidos para las cuatro características estudiadas se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía. Comparaciones entre promedios de las poblaciones de *A. repanda* para estas cuatro características se realizaron mediante la prueba de Duncan (Steel & Torrie 1985). Las relaciones entre los valores promedios de las características estudiadas se determinaron mediante el uso de correlaciones simples (Draper & Smith 1980).

TABLA 2

Valores promedio para cada una de las características estudiadas en nueve poblaciones de *Atriplex repanda*. Los promedios en una columna seguidos de la misma letra no difieren significativamente al 1% según la prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

Mean values for each of the studied characteristics in nine *Atriplex repanda* populations. Means in a column followed by the same letter are not significantly different at 1% by Duncan multiple comparisons.

Poblaciones	Producción de frutos (g/cm rama)	Frutos con semillas (%)	Semillas viables (%)	Germinación (%)
El Tofo*	0,020 d	62,9 d	28,0 e	50,0 b
Juan Soldado*	0,028 c	82,3 c	45,0 d	51,0 c
Lambert*	0,091 a	83,9 c	62,0 b	79,0 a
Monte Grande**	0,016 d	59,5 d	37,0 e	28,0 e
Andacollo**	0,033 c	41,1 e	53,0 c	34,0 d
Trapiche**	0,032 c	62,3 d	51,0 c	45,0 c
Cerro Alegre**	0,004 e	88,3 b	33,0 e	27,0 e
Canela Alta**	0,023 d	90,3 a	18,0 f	25,0 e
Los Vilos*	0,080 b	82,7 c	87,0 a	47,0 c

* Poblaciones costeras.

** Poblaciones del interior.

RESULTADOS

Las poblaciones de *A. repanda* estudiadas presentaron una alta variabilidad en los valores promedios de producción y calidad de frutos colectados en la misma época del año, así como en la viabilidad y germinación de las semillas (Tabla 2). Las poblaciones costeras de Lambert y Los Vilos presentaron la mayor productividad de frutos, con promedios de 0,091 y 0,081 g fruto/cm de rama, respectivamente. En contraste, las poblaciones de Cerro Alegre y Monte Grande, que son las localidades más alejadas de la costa (Fig. 1, Tabla 1), presentaron una productividad menor (0,016 y 0,004 g fruto/cm de rama, respectivamente). La producción de frutos por población se correlacionó positivamente con el tamaño de sus semillas ($r = 0,65$; $n = 16$; $P < 0,01$).

Entre 41,1% (Andacollo) y 90,3% (Canela Alta) de los frutos estaban llenos, con un C.V. interpoblacional de 23,1% (Tabla 2). La correlación entre la proporción de frutos llenos y producción de frutos por población no fue significativa ($r = 0,22$; $n = 16$; $P > 0,05$).

La viabilidad de las semillas presentó la mayor variabilidad con un C.V. de 51,8% y un rango que va entre 18,0% (Canela Alta) y 87,0% (Los Vilos) de semillas viables

(Tabla 2). La viabilidad de las semillas se correlacionó positivamente con la producción de frutos por población ($r = 0,81$; $n = 18$; $P < 0,01$) y con el tamaño promedio de las semillas ($r = 0,72$; $n = 16$; $P < 0,05$).

La germinación varió entre 25% (Canela Alta) y 79% (Lambert) con un C.V. de 40,2% (Tabla 2). El porcentaje de germinación se correlacionó positivamente con la producción de frutos por población ($r = 0,70$; $n = 18$; $P < 0,01$), pero la relación no fue significativa con la viabilidad de las semillas ($r = 0,43$; $n = 18$; $P > 0,05$). Las poblaciones de la costa presentaron porcentajes mayores de germinación que las poblaciones del interior.

DISCUSION

La alta variabilidad de la producción de frutos entre las poblaciones de *A. repanda* podría ser el resultado de las diferentes condiciones ambientales en donde crecen. En promedio, las poblaciones de las localidades costeras presentaron la mayor producción de frutos. A diferencia de las zonas ubicadas más al interior, las zonas costeras reciben un importante aporte permanente de agua debido a las neblinas (Di Castri & Hajek 1976). Mott (1979) y Lieffer & Shay

(1981) señalan que la disponibilidad hídrica afecta la producción de frutos en especies vegetales, ya que influye en el transporte relativo de nutrientes a las estructuras reproductivas y vegetativas. En especies vegetales de zonas áridas, la floración y fructificación son etapas que están bajo el control de mecanismos fisiológicos que son afectados por variables climáticas (Mott 1979).

A. repanda es una especie anemófila y, por lo tanto, otro factor que podría afectar la producción de frutos es la densidad poblacional. A pesar de que este factor no se cuantificó es interesante señalar que en las localidades donde la especie no era dominante hubo una tendencia a una menor producción de frutos.

Las diferencias en la producción de frutos, número y viabilidad de semillas y su relación con la germinación en las distintas poblaciones de *A. repanda* podrían afectar su dinámica reproductiva, tal como se ha descrito para otras especies vegetales de zonas áridas. Robert & Neilson (1980) y Ungar (1987) señalan que las semillas grandes de *Atriplex triangularis* pueden representar un medio de reproducción rápido ya que las semillas germinan inmediatamente después de la imbibición con agua, a diferencia de las semillas pequeñas que requieren mayor tiempo y mayores cantidades de agua para germinar. A su vez, estas semillas pequeñas son las que permanecen viables por períodos prolongados de tiempo.

Las poblaciones de las localidades costeras presentaron mayor proporción de semillas viables (55,5% en promedio) que las poblaciones del interior (38,4% en promedio). Sin embargo, la correlación a nivel poblacional entre viabilidad y germinación de semillas no fue significativa. Esto ocurrió porque algunas poblaciones (por ejemplo, Los Vilos) que tenían un alto porcentaje de viabilidad de semillas presentaron un porcentaje relativamente bajo de germinación, debido, posiblemente, a diferencias en la latencia de las semillas. Polimorfismo relacionado con la germinación de las semillas en respuesta a condiciones ambientales ya ha sido descrito para *A. repanda* (Gutiérrez *et al.* 1988) y se ha postulado que es una característica favorable en los am-

bientes altamente variables en que esta especie vive.

Las diferencias reproductivas entre las poblaciones de *A. repanda* deberían ser consideradas en futuros planes de reforestación o en estudios que intentan caracterizar biológicamente a la especie. Sin embargo, a partir de este estudio no estamos en condiciones de precisar si las características analizadas persisten en nuevas generaciones de plantas (características heredables) o bien son producto de las condiciones ambientales donde se formaron las semillas (efecto materno) (Roach & Wulff 1987). Estudios continuos de varias generaciones de arbustos de *A. repanda* bajo diferentes condiciones ambientales permitirían establecer la existencia de ecotipos y/o las condiciones óptimas para aumentar la reproducción de estos arbustos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Fabián Jaksić, Juan Armesto, Jorge Cepeda y dos revisores anónimos las críticas y sugerencias sobre versiones anteriores del manuscrito. Esta investigación fue financiada por FONDECYT (Proyecto N° 1092/85) y la Dirección de Investigación de la Universidad de La Serena (DIULS N° 130-2-21) y es una contribución de la Unidad de Investigación de Zonas Áridas de la Universidad de La Serena.

LITERATURA CITADA

- CRISTI A & J GASTO (1971) Alteraciones ambientales y del fruto en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Boletín Técnico 34: 25-40.
- DI CASTRI F & ER HAJEK (1976) Bioclimatología de Chile. Editorial Universidad Católica, Santiago.
- DRAPER NR & H SMITH (1981) Applied regression analysis. John Wiley & Sons Inc., New York.
- FERNANDEZ G (1978a) Influencia de la edad en la germinación de *Atriplex repanda*. Phytón 36 (2): 11-115.
- FERNANDEZ G (1978b) Aumento de la germinación en *Atriplex repanda*. I. Tratamiento con ácido sulfúrico. Phytón 36 (2): 117-121.
- FERNANDEZ G & M JOHNSTON (1980) Rol del pericarpio de *Atriplex repanda* en la germinación. II. Efectos y características del extracto acuoso del fruto. Phytón 38 (1): 59-65.
- FERNANDEZ G, M JOHNSTON & A OLIVARES (1985) Rol del pericarpio de *A. repanda* en la germinación. III. Estudio histológico y químico del pericarpio. Phytón 45 (2): 165-171.
- GASTO J & D CONTRERAS (1972) Análisis del potencial pratense de fanerofitas y camefitas en regiones mediterráneas de pluviometría limitada. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía, Boletín Técnico 35: 30-61.

- GUTIERREZ JR, LE AGUILERA & RJ MORENO (1988) The effects of variable regimes of temperature and light on the germination of *Atriplex repanda* seeds, in the semi-arid region of Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 61: 61-65.
- INE (1982) Síntesis estadística de la IV Región - Coquimbo. Secretaría Regional de Planificación y Coordinación IV Región, Año I, Boletín N° 1.
- JOHNSTON M & G FERNANDEZ (1978) Efecto de la testa en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. II. Determinación de la intensidad respiratoria. *Phyton* 36 (2): 103-109.
- JOHNSTON M, G FERNANDEZ & A OLIVARES (1985) Efecto de la luz y la temperatura en la germinación de *Atriplex repanda* Phil. *Phyton* 45 (1): 19-29.
- KHAN MA & IA UNGAR (1984) Seeds polymorphism and germination responses to salinity stress in *Atriplex triangularis* Willd. *Botanical Gazette* 145 (4): 487-494.
- LAILKACAR S & S LAUDE (1975) An improvement of seed germination in *Atriplex repanda* Phil. *Journal of Range Management* 6: 491-494.
- LIEFFERS VJ & JM SHAY (1981) The effect of water level on the growth and reproduction of *Scirpus maritimus* var. *paludosus*. *Canadian Journal of Botany* 59: 118-121.
- MOTT JJ (1979) Flowering, seed formation and dispersal. In: *Arid-land ecosystems*. International Biological Program 16, Cambridge University Press 1: 627-646.
- NOBS MA & A HAGAR (1974) Analysis of germination and flowering rates of dimorphic seed from *Atriplex hortensis*. *Carnegie Institute of Washington Yearbook* 73: 859-864.
- OLIVARES A & M JOHNSTON (1978) Alternativas de mejoramiento en la emergencia de *Atriplex repanda* Phil. *Phyton* 36 (2): 129-137.
- OSMOND CB, O BJORKMAN & DJ ANDERSON (1980) Physiological processes in plant ecology: Towards a synthesis with *Atriplex*. Springer-Verlag, Berlín.
- PORTER RH, M DURRELL & HJ ROMM (1947) The use of 2,3,5-triphenyl-tetrazolium-chloride as a measure of seed germinability. *Plant Physiology* 22: 149-159.
- ROACH D & R WULFF (1987) Maternal effects in plants. *Annual Review of Ecology and Systematic* 18: 209-235.
- ROBERTS HA & JE NEILSON (1980) Seed survival and periodicity of seedling emergence in some species of *Atriplex*, *Chenopodium*, *Polygonum* and *Rumex*. *Annual Applied Biology* 94: 111-120.
- SILVA SE & CH PEREIRA (1976) Aislación y composición de las proteínas de hojas de *Atriplex nummularia* y *Atriplex repanda*. *Ciencia e Investigación Agraria* 3 (4): 169-174.
- STEEL RGD & JH TORRIE (1985) *Bioestadística: principios y procedimientos*. McGraw-Hill Latinoamericana S.A., Bogotá.
- TURENSSON G (1925) The plant species in relation to habitat and climate. *Hereditas* 9: 81-101.
- UNGAR IA (1987) Population ecology of halophyte seeds. *Botanical Review* 53: 301-334.
- YAKLICH RW & WM KULIK (1979) Evaluation of vigor tests on soybean seed relationship of the standard germination test, seedling vigor classification, seedling length and tetrazolium staining to field performance. *Crop Science* 19: 247-252.