

EFFECTO DE LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y FOSFORO
DURANTE LA PLANTACION EN EL CRECIMIENTO DE
Atriplex repanda Phil.¹

Effect of nitrogen and phosphorus fertilization in the establishment and
growth of *Atriplex repanda* Phil.

Jorge García Huidobro P. de A.², Fernando Squella N.², Raúl Meneses R.³

SUMMARY

At Los Vilos Experiment Substation (INIA), a factorial experiment was established in 1977, with five nitrogen rates (0, 8.8, 17.8, 35.8, and 71.1 kg/ha of N), and three phosphorus rates (0, 25, and 50 kg/ha of P₂O₅). Both fertilizers were applied at the site where the bushes were planted.

Response to nitrogen was high, but no response to phosphorus was observed. Fertilization with 17.8 kg/ha of N produced the highest yield: 140 and 110 kg/ha of dry matter, during the first and the second year, respectively.

With this level of fertilization, bushes developed a height and diameter adequate to be used at the end of the first year, and also protein/ha production was close to four times the amount obtained with no nitrogen.

INTRODUCCION

La producción de forraje para el ganado ovino en regiones áridas y semi-áridas de Chile está limitada a un período relativamente corto, durante la época de lluvias. En estas condiciones, algunos arbustos forrajeros permitirían suplir los requerimientos nutritivos del ganado durante el verano (Concha y otros, 1977). Entre los arbustos forrajeros adaptados a las condiciones mencionadas, la especie nativa *Atriplex repanda* Phil. se muestra promisorio.

Esta especie no posee agresividad ecológica y la competencia interespecífica, tanto por siembra directa o trasplante, podría conducir a la formación de un arbusto de estructura débil, con un lento desarrollo inicial (Acuña y otros, 1978).

La fertilización durante la plantación del arbusto permitiría aumentar la agresividad de éste, lográndose una más pronta utilización por el ganado.

El uso de fertilizantes en la plantación del *A. repanda* no ha sido estudiado, a pesar de existir evidencia que tanto el N como el P aumentarían el crecimiento inicial (Lailhacar, 1976; Gargano y Lailhacar, 1980). De aquí que establecer su respuesta al nitrógeno y fósforo permitirían posteriormente determinar las dosis más adecuadas para acelerar el crecimiento inicial y un buen establecimiento del arbusto en regiones áridas y semi-áridas.

Por lo tanto, durante la temporada 1977, en la Subestación Experimental Los Vilos (INIA), IV Región, se inició un experimento para evaluar la respuesta de este arbusto a la fertilización con N y P, aplicados en la plantación.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en un suelo de terraza marina, descrito por Novoa (1979), cuyos contenidos iniciales de N (Bremner), P (Olsen), K (acetato de amonio; pH 7) y materia orgánica y pH apa-

¹ Recepción de originales: 20 de septiembre de 1982.

² Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

³ Subestación Experimental Los Vilos (INIA), Casilla 40, Los Vilos, Chile.

recen en el Cuadro 1. El agua caída durante el primer año del ensayo, registrada en la Estación Meteorológica de la Subestación Experimental Los Vilos fue de 272,4 mm.

CUADRO 1. Contenidos de N, P, K y M.O. y pH del suelo, al iniciar el experimento*

TABLE 1. Soil N, P, K, and organic matter content and pH, at the beginning of the experiment

Profundidad cm	N ppm	P ppm	K ppm	pH	M.O. %/o
0-20	3	3	194	6,2	1,8
20-40	4	3	800	7,0	1,5
40-60	3	3	970	8,3	0,6

* Análisis de suelo realizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Estación Experimental La Platina: N (Bremner), P (Olsen), K (acetato de amonio, pH 7).

El ensayo se dispuso como un factorial de cinco dosis de nitrógeno y tres de fósforo (Cuadro 2), en bloques al azar, con tres repeticiones. En cada parcela se plantaron nueve arbustos, a 3 x 3 m, el 24 de junio de 1977.

CUADRO 2. Dosis de fertilizantes utilizadas en el ensayo /

TABLE 2. Doses of fertilizers used in the experiment

Nutriente	Abono
P2O5	Superfosfato triple
0 kg/ha	0 g/planta
25 kg/ha	50 g/planta
50 kg/ha	100 g/planta
N	Salitre potásico
0 kg/ha	0 g/planta
8,8 kg/ha	50 g/planta
17,8 kg/ha	100 g/planta
35,8 kg/ha	200 g/planta
71,1 kg/ha	400 g/planta

Los fertilizantes, nitrato de potasio y superfosfato triple, se aplicaron junto al arbusto, el mismo día de la plantación. Al año siguiente se determinó el N ($N-NO_3$) del suelo, en una muestra compuesta de submuestras obtenidas bajo la proyección de la copa de cada arbusto, en cada parcela.

La producción de materia seca se evaluó a los seis, doce y veinte meses después de la plantación. A los

seis meses se muestrearon tres arbustos de cada parcela; a los 12 meses se cosechó toda la parcela, descartando aquellos arbustos cosechados a los 6 meses; de esta manera se pudo evaluar la recuperación al corte, 20 meses después de la plantación (ocho meses después del corte). La materia seca se determinó secando a 75° C por 48 hr las hojas y tallos no lignificados (diámetro ≤ 5 mm); de este material, cosechado a los 6 y 12 meses, se obtuvieron muestras de 100 g, a las que se les determinó el porcentaje de proteína (nitrógeno total x 6,25) y el contenido de fósforo. Además, se hicieron mediciones de área foliar, a los seis meses y de diámetro basal del tallo y altura del arbusto, cada 15 días, a partir de los seis meses y hasta los 12 meses de edad de la planta.

RESULTADOS Y DISCUSION

Respuesta al N y P: No hubo respuesta al fósforo, así como tampoco hubo interacción nitrógeno-fósforo. Sin embargo, la respuesta al nitrógeno fue significativa (Cuadro 3).

CUADRO 3. Valores de F para la fuente de variación N, P e interacción NxP y su nivel de significación

TABLE 3. Significance and F values for the factors N, P, and NxP interaction

Factores	6 meses	12 meses	20 meses
N	11,64**	5,65**	23,06**
P	0,28 NS	0,94 NS	0,32 NS
NxP	1,40 NS	0,73 NS	0,98 NS

**P \leq 0,01.

Considerando que el suelo contiene del orden de 10,4 kg/ha de P (Cuadro 1), éste permitiría suplir las necesidades del arbusto y explicaría la ausencia de respuesta al fertilizante fosforado. El contenido de P en la materia seca analizada (0,26%/o) apoya esta conclusión.

El N aplicado durante la plantación tuvo un efecto que se manifestó claramente a los seis y doce meses (Figura 1) y en la recuperación al corte a los 20 meses después de la aplicación (Figura 2). En ambas se observa una gran respuesta hasta los 17,8 kg de N/ha, con un decrecimiento a dosis más altas. Esta menor respuesta podría estar relacionada con un efecto salino del fertilizante, que la limitaría. Sin embargo, la evidencia es insuficiente para confirmar este hecho.

Para determinar las dosis óptimas del fertilizante nitrogenado, se utilizó un modelo de dos líneas rectas

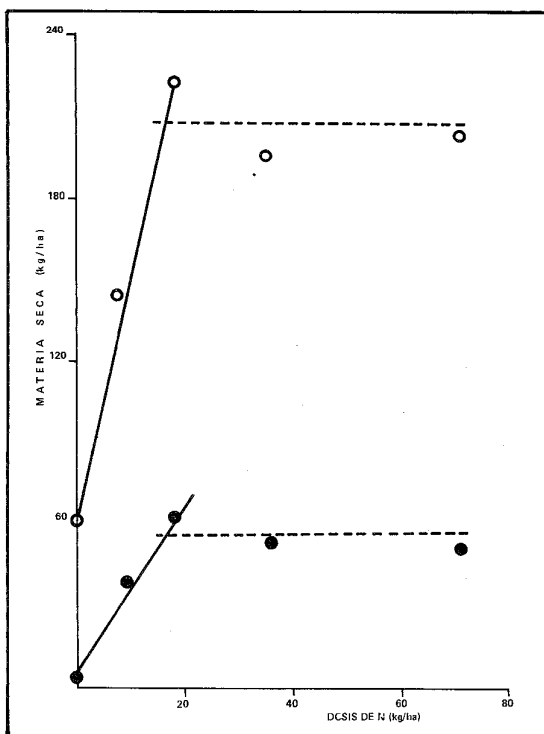


FIGURA 1. Efecto del N, aplicado con la plantación de A. repanda, en producción de m.s.; ○ 12 meses y ● 6 meses después de la plantación; --- promedio.

FIGURE 1. Effect of N, applied when planting A. repanda, on D.M. production; ○ 12 months and ● 6 months after planting; --- average.

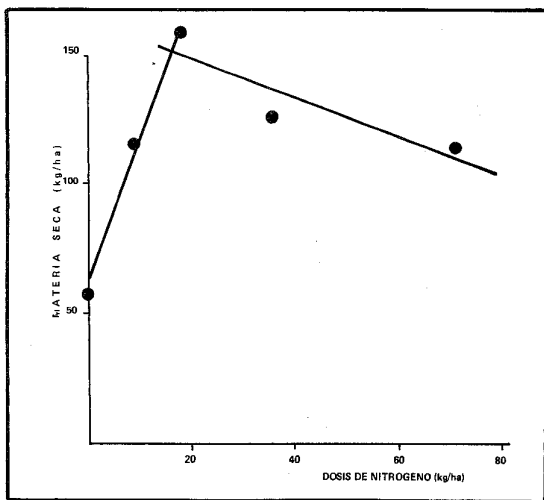


FIGURA 2. Efecto del N, aplicado con la plantación de A. repanda, en recuperación al corte; a los 20 meses de plantado y 8 meses del corte.

FIGURE 2. Effect of N, applied when planting A. repanda, on recovery; 20 months after planting and 8 months after cutting.

(Sparrow, 1979). La primera explica el tramo de rápido incremento de la producción de materia seca y está definida como:

$$R = R_0 + E D$$

donde R es el rendimiento de materia seca (kg/ha), R₀ es rendimiento debido al nitrógeno presente en el suelo, E es la eficiencia y D la dosis de N en kg/ha. La segunda se aplica a aquella porción de la respuesta en que los rendimientos son semejantes o levemente decrecientes y se define como:

$$R = R_m - E_1 D$$

donde R_m es el rendimiento máximo, E₁ es la eficiencia y D la dosis del fertilizante; en este caso si existen limitantes debido a un exceso de fertilizante, la pendiente debe ser negativa.

A los rendimientos promedios de cada dosis en la Figura 1 y 2 se ajustaron dichas relaciones y los parámetros aparecen en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Parámetros de las ecuaciones de regresión de los rendimientos correspondientes a distintas edades de los arbustos (meses)

TABLE 4. Parameters of the regression equations for yield corresponding to different ages of the bushes (months)

Edad	R ₀	E	R ²
a) Rendimientos crecientes			
6	5,63	3,34	0,98
12	62,78	9,09	1,00
20	60,58	5,62	0,99
b) Rendimientos decrecientes			
6	63,82	-0,18	0,65
12	220,75	-0,29	0,32
20	164,89	-0,77	0,81

R₀ = Rendimiento debido al N presente en el suelo (kg/ha m.s.).

E = Factor de eficiencia (kg m.s./kg N).

Se prefirió el ajuste lineal para interpretar el efecto de la fertilización en el rendimiento, debido a que el ajuste a una función del tipo $y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$ fue menor y sólo explicó alrededor de 75% de la variación.

La eficiencia fue máxima a los 12 meses (Cuadro 4), decreciendo posteriormente a los 20 meses. Este decrecimiento estaría relacionado con la respuesta de especies leñosas a la fertilización y podría deberse a las reservas en tallos y raíces (Iván Muñoz, comunicación personal, 1982).

Por otra parte, las eficiencias negativas en dosis superiores al óptimo no son significativas, por lo que se consideró que R_m debería ser igual al promedio de los valores obtenidos con dosis iguales o superiores a 17,8 kg/ha, con una $E_1 = 0$. A partir de las relaciones indicadas previamente, la dosis óptima queda definida como:

$$D_o = \frac{R_m - R_o}{E - E_1}$$

En el Cuadro 5 aparecen las dosis óptimas calculadas a partir de esta relación y se comparan con las dosis óptimas obtenidas como la derivada de un ajuste a una relación del tipo $y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ (Dillon, 1977). Claramente, con el ajuste lineal se obtiene una dosis de acuerdo a las observaciones experimentales.

CUADRO 5. Dosis óptimas (D_o , kg/ha N) obtenidas a partir de las relaciones lineales (L) y del polinomio de segundo grado (P) para diferentes edades del arbusto (meses)

TABLE 5. Optimum doses (D_o , kg/ha N) calculated from the lineal (L) and the polynomial (P) relations, corresponding to different ages of the bushes (months)

Edad	D_o (L)	D_o (P)
6	15,23	42,45
12	16,03	45,00
20	12,91	38,00

La diferencia que se observa a los 20 meses estaría indicando que dosis menores serían suficientes, para mantener una productividad adecuada del arbusto los primeros 20 meses. Esto se observa en la Figura 3, donde se ilustra el contenido de N del suelo al año de la plantación, en relación a rendimiento y las dosis aplicadas. Con 8,8 kg/ha de N, el suelo vuelve a su nivel original de 4 o 5 ppm de $N-NO_3$; sin embargo, el rendimiento sube a alrededor de 114 kg/ha de materia seca. Con la dosis de 17,8 kg/ha, se obtiene el rendimiento máximo, que corresponde a un nivel de 12 ppm de $N-NO_3$ en el suelo.

La Figura 4 presenta la relación entre el nitrógeno aplicado y el contenido de nitrógeno del suelo, un año después de la plantación. Este resultado indica un efecto residual del fertilizante aplicado que en dosis altas se traduciría en una disminución del rendimiento, probablemente debido a un exceso de sales en la rizósfera, ya que el fertilizante se aplicó junto al arbusto.

Efecto del N sobre el área foliar: Existió un aumento del área foliar debido al nitrógeno (Cuadro 6), que

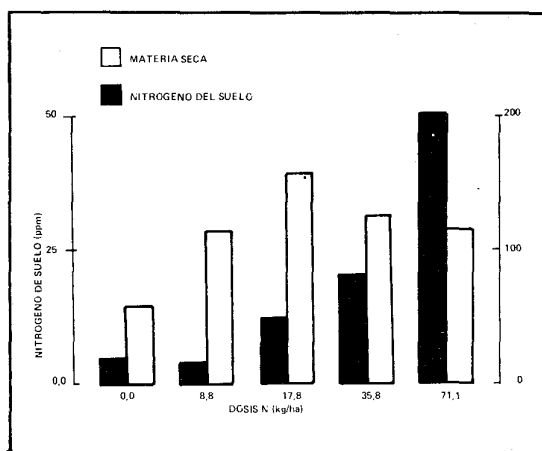


FIGURA 3. Efecto del N, aplicado a la plantación de A. repanda, en contenido de N del suelo y rendimiento, a los 20 meses de plantado.

FIGURE 3. Effect of N, applied when planting A. repanda, on soil N content and yield, 20 months after planting.

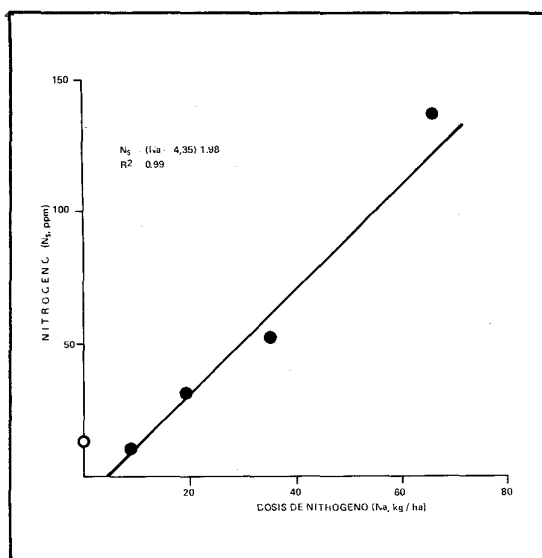


FIGURA 4. Efecto residual del N, aplicado con la plantación de A. repanda, en nivel de $N-NO_3$ del suelo, 12 meses después de la plantación.

FIGURE 4. Residual effect of N, applied when planting A. repanda, on soil $N-NO_3$ level, 12 months after planting.

podría implicar una mayor susceptibilidad a la sequía. Sin embargo, con la pluviometría observada durante el ensayo (272,4 mm para los primeros 12 meses y de 254,5 mm para los subsiguientes ocho meses), la productividad mensual de arbustos, que presentaron la mayor área foliar, fue de 18,2 kg/ha/mes, para el primer año, y de 17,9 kg/ha/mes, para los 8 meses subsiguientes (base m.s.). La cantidad de lluvia de ambos períodos fue semejante y corresponde a años

CUADRO 6. Efecto de la fertilización nitrogenada en el área foliar (cm²/planta) de los arbustos a los seis meses

TABLE 6. Effect of N fertilization on leaf area (cm²/plant) of the bushes, six months after planting

N aplicado kg/ha	Area foliar cm ² /planta
0	189,5 c *
8,8	2.113,2 b
17,8	3.304,4 a
35,6	2.861,2 ab
71,1	2.720,6 ab

*Cifras con distintas letras son diferentes estadísticamente, Prueba de Duncan (P ≤ 0,05).

lluviosos (Gasto', 1966), por lo cual estos antecedentes serían insuficientes para describir el efecto de la fertilización en condiciones de sequía.

Debe señalarse que la dosis que optimiza el rendimiento es similar para las tres observaciones indicadas y corresponde entre 13 y 16 kg/ha, a los 20 y 12 meses después de la aplicación. Los resultados presentados indican que la fertilización al establecimiento maximiza el rendimiento a los 6, 12 y 20 meses después de la plantación y tiene un efecto prolongado, que podría estar asociado a un efecto residual del fertilizante en el suelo, que aumenta de 4 a 12 ppm de N, con una dosis de 17,8 kg/ha de N (Figura 3).

Efecto de la fertilización nitrogenada en la altura y diámetro basal del tallo principal: Las figuras 5 y 6 presentan la evolución del diámetro basal del tallo principal y la altura del arbusto en las diferentes épocas muestreadas. El análisis estadístico no indica diferencias significativas para los tratamientos de N, pero éstos fueron diferentes al testigo en todas las épocas (Prueba de Duncan).

En la Figura 5 se observa que a los 5 o 6 meses de plantados los arbustos fertilizados con N presentaban un diámetro basal del tallo superior a 1 cm, situación que sólo se logra a los 9 o 10 meses con el testigo. Esto permite al arbusto enfrentar en mejor condición estructural el medio ambiente, durante los períodos cuando no existe estrata herbácea en actividad fisiológica. La altura (Figura 6) tiene una evolución similar, llegando a un máximo a los 6-7 meses, situación que no se logra en los arbustos sin fertilización.

Estos antecedentes permiten indicar que la fertilización al establecimiento se tradujo en un mayor desarrollo y crecimiento del arbusto, tanto en producción de materia seca como en características morfo-

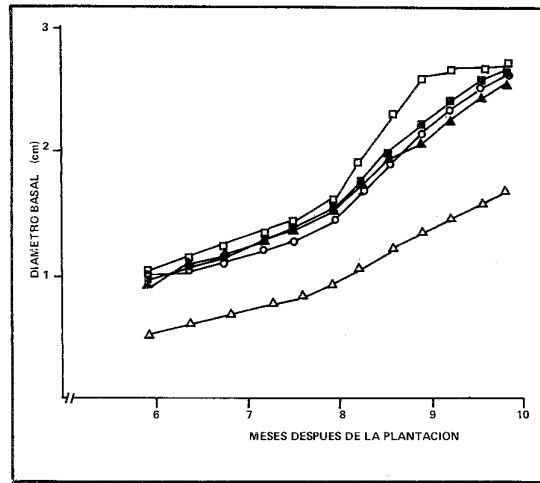


FIGURA 5. Evolución del diámetro basal de A. repanda, con 0Δ, 8,8▲, 17,8□, 35,8■, y 71,1○ kg/ha de N aplicado con la plantación.

FIGURE 5. Evolution of the basal diameter of A. repanda, with 0Δ, 8,8▲, 17,8□, 35,8■, and 71,1○ kg/ha of N applied when planting.

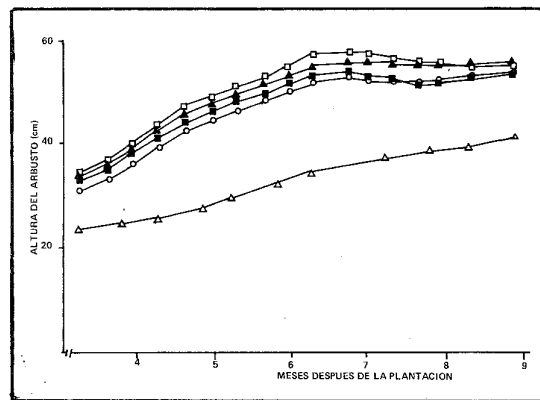


FIGURA 6. Evolución de la altura de A. repanda, con 0Δ, 8,8▲, 17,8□, 35,8■ y 71,1○ kg/ha de N aplicado con la plantación.

FIGURE 6. Evolution of the height of A. repanda, with 0Δ, 8,8▲, 17,8□, 35,8■, and 71,1○ kg/ha of applied N when planting.

lógicas, que permiten un aprovechamiento por el ganado a los 10-12 meses después de la plantación.

Efecto de la fertilización nitrogenada en el contenido de proteína: En el Cuadro 7 se presenta los porcentajes de proteína bruta y su producción por hectárea, a los 6 y 12 meses después de plantados los arbustos.

A los seis meses, el contenido de proteína tendería a aumentar con los distintos niveles de fertilización nitrogenada, excepto para la dosis de 71,1 kg/ha

CUADRO 7. Contenido de proteína bruta (°/o) de los arbustos y producción total de proteína/ha

TABLE 7. Protein content of the bushes and total protein production/ha

N kg/ha	PROTEINA BRUTA			
	6 Meses		12 Meses	
	°/o	kg/ha	°/o	kg/ha
0	17,96	4,80	16,17	7,51
8,8	19,46	5,37	15,33	17,68
17,8	21,99	9,92	16,37	29,46
35,8	29,83	11,60	16,65	24,59
71,1	19,56	7,37	17,34	28,59

de N, en donde se observó una disminución, para la cual no se encuentra una explicación. Esto concuerda con los trabajos realizados en fertilización de otras especies vegetales, en el sentido que al aumentar el nitrógeno disponible en el suelo, existe un aumento de N en la planta y por ende de su contenido de proteína (Vera, Menvielle y Templeton, 1972; Nyren, 1979). Sin embargo, a pesar del mayor contenido de N en el suelo, los porcentajes de proteína tienden a

estabilizarse y hacerse similares, a los 12 meses, en todos los tratamientos. Por otra parte, una dosis de 17,8 kg/ha de N permite una producción de 29 kg/ha de proteína bruta a los 12 meses.

CONCLUSIONES

- No se observó respuesta al fósforo en la producción de materia seca de *Atriplex repanda*.
- La fertilización nitrogenada, al establecimiento de la plantación, produjo un incremento significativo de la producción. Una dosis entre 13 y 16 unidades N/ha produjo el máximo rendimiento a los 6, 12 y 20 meses.
- La fertilización con nitrógeno durante la plantación, aceleró el desarrollo del arbusto, tanto en altura como en diámetro del tallo principal, lo que significó que los arbustos estuvieron en condición de ser utilizados a fines del primer año, con mucha anticipación al testigo.
- Con una dosis de 17,8 unidades de N/ha se superó en cerca de cuatro veces la producción de proteína/ha del testigo.

RESUMEN

Durante la temporada 1977 se inició un ensayo en la Subestación Experimental Los Vilos (INIA), para estudiar la respuesta al N y P, aplicados a la plantación del arbusto *Atriplex repanda*. Se utilizó un diseño factorial con 5 dosis de N (0, 8,8, 17,8, 35,8 y 71,1 u/N/ha) y 3 dosis de P (0, 25 y 50 u. P2O5/ha).

Los resultados indican una alta respuesta al nitrógeno, pero no al fósforo, sin existir interacción. Con dosis

de nitrógeno cercana a 18 kg/ha se obtuvo producciones de materia seca del orden de 140 kg/ha, el primer año, y 110, el segundo año.

La fertilización con nitrógeno (17,8 kg/ha) permitiría utilizar el arbusto a finales del primer año después de la plantación, con una altura y diámetro basal adecuado, obteniendo en esta época una producción de proteínas cerca de cuatro veces superior al testigo.

LITERATURA CITADA

ACUÑA, P.; AVENDAÑO, J.; LAILHACAR, S. y NEUMANN, E. 1978. Efecto de la competencia de las terófitas (*Bromus mollis* y *Medicago polymorpha*) en el crecimiento inicial de *Atriplex repanda* Phil. Avances en Producción Animal 1(3): 31-40.

CONCHA, R.; SILVA, M.; BONILLA, S. y CABRERA, R. 1977. Uso del *Atriplex repanda* como refuerzo de una pradera natural mediterránea semi-árida pastoreada con ovinos en períodos secos. I. Consumo y ganancia de peso vivo. Avances en Producción Animal 1(2): 11-22.

- GASTO, J. 1966. Variaciones de las precipitaciones anuales en Chile. Boletín Técnico N° 24, U. de Chile, Fac. de Agronomía, Santiago, Chile.
- GARGANO L., O.A. y LAILHACAR K., S. 1980. Influencia de algunas variables de suelo del Norte Chico en el crecimiento inicial de *Atriplex repanda*. En: Resúmenes de trabajos. Congreso Internacional de Estudios de Zonas Áridas y Semi-áridas. La Serena, enero 1980 PRIZAS, U. de Chile.
- LAILHACAR K., S. 1976. Effect of soil parameters on the components of biomass production in *Atriplex polycarpa* (Tors.) Wats and *Atriplex repanda* Phil. U. of California, Davis (Ph.D. Thesis).
- NOVOA, P. 1979. Efecto de los surcos en cortono en el balance hídrico de un suelo derivado de terrazas marinas en región árida. Facultad de Ciencias Forestales, U. de Chile (Tesis mimeografiada).
- NYREM E., P. 1979. Fertilization of Northern Great Plains Rangelands: a Review. Part I. Rangelands 1(3): 1975.
- VERA, R.R.; MENVIELLE, E.E.; and TEMPLETON, C.W. 1972. Yield and percentages of crude protein and green herbage in weeping lovegrass utilized for deferred grazing in semi-arid Argentina. Agronomy Journal 64: 757–758.
- SPARROW, P.E. 1979. Nitrogen response curves of spring barley. J. Agric. Sci. 92: 307–317.
- DILLON, J.L. 1977. The analysis of response in crop and livestock production. Pergamon Press, Oxford.