

INVESTIGACIONES

EFFECTO DEL CARBONATO DE CALCIO EN EL ESTABLECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN CHILOÉ¹

Effect of lime application on the establishment and production of grasses and legumes in Chiloé

Marta Alfaro V.², Nolberto Teuber K.², Juan Carlos Dumont L.² y Franco Medone V.²

ABSTRACT

This research was carried out in an andisol soil (Dystrandep) of the Chiloé Island in order to analyse the adaptability of three legume and four grass species under high acidity soil conditions as well as their productive response to lime incorporation. The experiment was carried out between March 1994 and March 1997, using a split-plot design with four replications. Lime doses (0 and 2,6 ton CaCO₃/ha) were the main plot with the species factor being the sub-plot. The species included were: *Lolium perenne* cv. Nui, *Lolium multiflorum* cv. Tetrone, *Holcus lanatus* from local and New Zealand provenance, *Trifolium repens* cv. Huia, certificate seed of *Trifolium pratense* and *Lotus uliginosus* cv. Maku. Lime incorporation reduced exchange Aluminium levels by 29% and increased the available calcium content by 40%. Furthermore, the Aluminium saturation index was reduced by 60% (36 to 15%) from the inception to the end of the experiment. The effect of lime upon the net yield of legume species was not significant, although a 56% of increase ($P \leq 0.01$) was achieved with the grass species. The most productive species were *Trifolium pratense* and *Lolium multiflorum* with 8.4 t DM/ha/yr each, averaging a contribution dry matter basis of 69% and 65% across the three seasons respectively. Lime applications also altered the mineral composition of the plants after the first year, reducing the aluminium content by 35% and 61%, and increasing the inner availability of Calcium by 50% and 58% for legume and grass species respectively.

Key words: South of Chile, lime, red clover, white clover, ryegrass, acid soils.

INTRODUCCIÓN

La agricultura en la Isla Grande de Chiloé se caracteriza por el predominio de pequeños productores, quienes manejan la mayor parte del recurso suelo con uso agropecuario. La superficie actual destinada a este uso comprende

323.460 ha, de las cuales se excluyen los suelos de uso forestal ubicados en la franja occidental de la Isla. De esta superficie el 42% corresponde a praderas naturalizadas y sembradas (INE, 1995).

La mayor limitante para la producción pratense es el alto nivel de saturación de aluminio presente en estos suelos, el que en promedio alcanza al 28%, con un pH al agua fuertemente ácido (5,0 y 5,5) y una muy baja suma de bases, que bordea los 2,9 cmol+/kg de suelo según Campillo *et al.* (1997).

¹Recepción de originales: 12 de enero de 1998.

²Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue, Casilla 24-D, Osorno, Chile. E-mail: malfaro@remehue.inia.cl

Las características químicas mencionadas favorecen el desarrollo de especies forrajeras de bajo valor nutritivo y mejor adaptadas a situaciones de acidez de suelo, como la lotera (*Lotus uliginosus*), chépica (*Agrostis tenuis*) y pasto miel (*Holcus lanatus*).

El techo de producción de estas especies no supera las 4 ton MS/ha/año en situaciones de baja fertilidad (Torres *et al.*, 1997). Asimismo, y dada la composición botánica, existen sólo seis a siete meses de crecimiento de la pradera, esto es en primavera y verano, donde se produce al menos el 80% del forraje anual, mientras que durante el resto del año se genera menos del 20% del forraje total (Teuber *et al.*, 1997).

Otra característica importante de las praderas de Chiloé es la escasa contribución de leguminosas y gramíneas forrajeras de alta calidad. En estudios realizados durante dos temporadas (1995/96 y 1996/97) en el sector de Ancud, indican que con la aplicación de fertilizantes que aporten nitrógeno, fósforo y potasio, es posible mejorar significativamente la productividad de las praderas naturalizadas luego de dos temporadas, incrementándose el aporte de leguminosas como trébol blanco y lotera (Torres *et al.*, 1997).

La situación descrita generó la necesidad de elaborar un estudio tendiente a conocer el comportamiento de gramíneas y leguminosas forrajeras de mayor valor nutritivo, con el objeto de evaluar su adaptabilidad a las condiciones de fertilidad existente, como asimismo, el efecto de la incorporación de carbonato de calcio en su establecimiento y comportamiento posterior.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Isla Grande de Chiloé, comuna de Ancud (sector de Pumanzano, 41°52' Latitud S y 73°47' Longitud O), sobre un suelo de la serie Mechaico (Dystrandept), se establecieron tres leguminosas y cuatro gramíneas forrajeras en siembra directa sobre rastrojo de papa, utilizando un diseño

experimental de parcelas divididas con cuatro repeticiones.

La parcela principal fue la dosis de cal (0 y 2,6 t CaCO₃/ha) y la subparcela correspondió a cada especie forrajera. La superficie de la parcela mayor fue de 105,6 m² (17,6 m x 6 m) y de la subparcela 15 m² (2,5 m x 6 m), respectivamente.

Las especies sembradas y las dosis utilizadas a la siembra fueron: 6 kg/ha de *Trifolium repens* cv. Huia, 15 kg/ha de *Trifolium pratense* certificado nacional, 5 kg/ha de *Lotus uliginosus* cv. Maku, 20 kg/ha de *Lolium perenne* cv. Nui, 30 kg/ha de *Lolium multiflorum* ssp. *italicum* cv. Tetrone, 6 y 10 kg/ha de *Holcus lanatus*, semilla local e importada neozelandesa, respectivamente.

La cal se incorporó con un arado rotativo tres meses antes de la siembra, realizándose ésta en el mes de marzo de 1994.

La fertilización base se definió según el análisis de suelo en muestras tomadas a 15 cm de profundidad (Cuadro 1), consistente en 100 kg P₂O₅/ha (Superfosfato triple), 30 kg N/ha (Nitromag), 110 kg K₂O/ha (Cloruro de potasio), 35 kg S/ha (Yeso agrícola), 30 kg MgO (Óxido de magnesio) y 16 kg/ha de mezcla de microelementos (B, Cu, Zn, Mo y otros).

La mezcla de fertilizantes y las semillas forrajeras se localizaron con máquina manual tipo Planet, en surcos realizados con un rayador manual, regulado a 25 cm entre hileras.

La fertilización de mantención se realizó en cada primavera y consistió en 80 kg P₂O₅/ha (Superfosfato triple) y 50 kg K₂O/ha (Cloruro de potasio), aplicados en cobertera. Además las gramíneas recibieron 50 kg N/ha (Nitromag).

El material fue cosechado cada vez que la pradera alcanzó alrededor de 20 cm de altura, empleando 3 marcos de 1 m x 0,25 m (0,25 m²), lanzados al azar tres veces en cada subparcela.

Cuadro 1. Fertilidad inicial del suelo y en cada temporada sin y con la incorporación de carbonato de calcio (2,6 ton/ha/año)**Table 1. Inicial soil fertility level and in each season without and with calcium carbonate incorporation (2,6 ton/ha/yr)**

Índice	Sep. 1993	Nov. 1994		Dic. 1995		Nov. 1996		Promedio	
		0	2,6	0	2,6	0	2,6	0	2,6
Fósforo (mg/kg)	32	28	27	28	27	39	29	32	28
pH Agua	5,05	4,80	5,20	4,70	5,10	4,90	5,10	4,80	5,13
pH CaCl ₂	4,31	4,20	4,60	4,10	4,50	4,20	4,40	4,17	4,50
MO (%)	24	25	24	25	24	24	24	25	24
K (cmol+/kg)	0,62	0,37	0,50	0,42	0,42	0,71	0,68	0,50	0,53
Mg (cmol+/kg)	1,05	0,45	0,61	0,54	0,69	0,68	0,7	0,56	0,67
Na (cmol+/kg)	0,19	0,19	0,19	0,17	0,20	0,22	0,28	0,19	0,22
Ca (cmol+/kg)	1,51	0,97	5,10	0,96	4,60	1,13	3,63	1,02	4,44
S. Bases (cmol+/kg)	3,37	1,98	6,40	2,08	5,90	2,74	5,29	2,27	5,86
Al _i (cmol+/kg)	1,92	1,94	0,75	1,92	0,79	2,10	0,90	1,99	0,81
Al saturación (%)	36,29	49,49	10,49	48,08	12,24	43,70	14,70	47,09	12,48

El período experimental se inició al momento de la siembra y finalizó en marzo de 1997, período en el que se realizaron las siguientes evaluaciones:

- a) **En el suelo:** análisis completo en cada primavera en muestras tomadas entre 0 y 15 cm de profundidad (P, K, Ca, Na, Mg, pH al agua, pH al CaCl₂, aluminio de intercambio, suma de bases y saturación de aluminio).

El fósforo se extrajo por el Método Olsen, las bases del complejo de intercambio por extracción con acetato de amonio 1 M, pH 7 y el aluminio de intercambio por extracción con KCl 2 M.

- b) **En las especies sembradas:** rendimiento anual total y neto (de la especie pura), expresado en (kg MS/ha), contribución de la especie sembrada, como porcentaje base peso seco (% bps) y, composición mineral porcentual de las mismas (P, K, Ca, Mg y Al).

Los resultados de rendimiento total y neto fueron sometidos a análisis de varianza y a la prueba de comparación múltiple de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a. Efecto de la cal en el suelo

Luego de tres años de la incorporación de la enmienda calcárea, el aluminio de intercambio se redujo en un 53% (desde 1,9 a 0,9 cmol+/kg), mientras que el calcio disponible se incrementó en un 40% (desde 1,5 a 3,6 cmol+/kg), según se aprecia en el Cuadro 1. La situación inicial del suelo refleja un fuerte desbalance nutricional debido a niveles muy bajos de calcio y a la suma de bases, y alto contenido de fósforo, producto de una fertilización sostenida con este elemento como único nutriente.

El contenido inicial de bases y aluminio intercambiable es característico de los suelos de la Isla de Chiloé, lo que se traduce en substratos altamente ácidos y de fuerte fitotoxicidad por

aluminio, debido a las características químicas propias y a que la precipitación anual puede alcanzar los 2.600 mm de agua al año (Campillo *et al.*, 1997).

El alto nivel de fósforo se mantuvo a través del tiempo. Sin embargo, se observó una leve reducción de este elemento en los tratamientos que consideraron la aplicación de cal debido a que se genera una fijación del fósforo hacia formas menos solubles como los fosfatos de calcio (Kamprath and Foy, 1985).

En el tratamiento sin la incorporación de carbonato de calcio se produjo un agravamiento de la acidez del suelo, debido a la mayor extracción de nutrientes, en especial de calcio, que realizaron las especies empleadas por su mayor exigencia nutricional. Así, se produjo un incremento relativo del contenido de aluminio de intercambio y de saturación de aluminio, factor que se incrementó en promedio en un 31% (de 36 a 47%). Esto repercutió de igual manera sobre la acidez del suelo, cuyo pH al agua y al cloruro de calcio disminuyó en 0,2 unidades.

La enmienda calcárea disminuyó el contenido de aluminio de intercambio en un 58% (de 1,9 a 0,8 cmol+/kg) y saturación de aluminio en 65% (de 36,2 a 12,5%) como promedio de las tres temporadas (Cuadro 1), situación que se explica por el efecto neutralizante de la misma. Sin embargo, se observó una dilución de dicho efecto a través del tiempo.

A pesar de haberse logrado una importante reducción del contenido de saturación de aluminio, el nivel alcanzado (14,7%) al final del tercer año supera el 10% señalado por Mora (1993) como nivel crítico, sobre el cual se espera se produzca un pobre desarrollo radical. Esto limitaría el crecimiento, desarrollo y, en consecuencia, la persistencia de la pradera.

La enmienda incrementó el contenido de calcio de intercambio en un 193% (de 1,5 en 1993 a 4,4 cmol+/kg, como promedio de los tres años) y

por ende de la suma de bases del suelo en un 74% (de 3,4 en 1993 a 5,9 cmol+/kg, como promedio de las tres temporadas). Aun así, éstos no alcanzaron los niveles considerados como adecuados para los suelos de la zona Sur de Chile, ya que según Campillo *et al.* (1997) debieran ubicarse alrededor de 9 cmol+/kg.

No hubo grandes alteraciones del contenido de las otras bases del complejo de intercambio en el suelo por efecto de la incorporación de la enmienda.

b. Efecto de la cal en las plantas

La interacción entre especie forrajera y enmienda calcárea no fue estadísticamente significativa ($P > 0,05$).

El rendimiento anual de la leguminosa pura no fue significativo ($P > 0,05$) por efecto del encajado (Cuadro 2). Esta situación es atribuible al comportamiento del *Lotus uliginosus*, debido a que el hábitat óptimo de esta especie lo constituyen los suelos de alta acidez (pH al agua inferior a 5,0) y alta pluviometría (Acuña, 1994; Elizalde y Teuber, 1994). Es por ello que la incorporación de cal al suelo tuvo un efecto detrimental sobre su producción.

En las tres temporadas de evaluación el rendimiento anual de la especie pura se redujo en un 14% (de 3,3 a 2,9 ton MS/ha), lo que es bajo en comparación con la información entregada por Acuña (1994), quien en un suelo de similares características físicas obtuvo alrededor de 6 t MS/ha/año. Esta situación pudiera explicarse por la baja competitividad que demostró esta especie ante el pasto miel, el que tendió a colonizar todas las parcelas, provocando una fuerte disminución en el aporte de lotera, a pesar de los esfuerzos en su control.

Entre las especies leguminosas, el mejor comportamiento productivo se observó en el trébol rosado (Cuadro 2), a pesar de presentar una fuerte disminución entre el primer y tercer año, lo que

Cuadro 2. Efecto de la incorporación de cal en el rendimiento total y neto (kg MS/ha/año) y contribución de la especie pura (%BPS). Promedio de tres años (Periodo 1994-1997)**Table 2. Effect of lime incorporation on total and net yield (kg DM/ha/yr) and pure species contribution (%DMB). Average of three years (1994-1997)**

Especies forrajeras	Rendimiento total		Especie Pura		Rendimiento neto		Rend. neto
	Con Cal	Sin Cal	Con Cal	Sin Cal	Con Cal	Sin Cal	Prom./ especie
Leguminosas							
T. blanco	7.127	6.464	32	25	2.260	1.616	1.938 bc
T. rosado	12.272	10.498	69	53	8.426	5.539	6.982 a
Lotus	9.451	8.202	31	41	2.903	3.363	313 b
Promedio	9.617	8.388	44	40	4.530 a	3.506 a	
Gramíneas							
P. miel chilote	9.497	7.831	57	41	5.409	3.211	4.310 a
P. miel N.Z.	9.686	9.090	62	54	6.049	4.937	5.493 a
B. bianual	12.890	9.785	65	46	8.375	4.505	6.440 a
B. perenne	11.183	8.721	71	58	7.903	5.063	6.483 a
Promedio	10.814	8.857	64	50	6.934 a	4.429 b	

Cifras con letras distintas en la misma fila o columna denotan diferencias estadísticas significativas según Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey ($P \leq 0,01$).

BPS: base peso seco.

DMB: dry matter basis.

se atribuyó a la acción de *Hylastinus obscurus* (Coleóptera: Scolytidae), coleóptero cuyas larvas atacan con mayor fuerza durante el segundo año, construyendo galerías y consumiendo la corteza de la raíz, lo que genera un anillado que provoca una distorsión en el almacenaje de los hidratos de carbono y afecta, de esta forma, la producción y persistencia de la especie (Cisternas y Norambuena, 1991). Así, el rendimiento neto obtenido como promedio de los tres años puede considerarse bajo, si se compara con los resultados reportados por Bernier (1991), quien obtuvo alrededor de 9 t MS/ha/año en un suelo de similares características físicas, pero ubicado en una zona de menor pluviometría.

El nivel productivo alcanzado en Chiloé por el trébol blanco como especie pura es bajo (Cuadro 2), si se le compara con los resultados reportados por Elizalde y Teuber (1994), quienes indican entre 6 y 7,5 t MS/ha/año como promedio de dos

temporadas. Esto pudiese ser explicado en parte por el alto porcentaje de saturación de aluminio del suelo, aún con la aplicación de carbonato de calcio (Cuadro 1), situación crítica para esta leguminosa en particular, como lo indica Borie (1993).

En las gramíneas se logró un 57% de incremento en los tratamientos con cal. Este significativo incremento de producción ($P \leq 0,01$) es explicado por la formación de compuestos insolubles de aluminio con cal, por lo que este elemento deja de ser tóxico para las plantas (Mora, 1994). Sin embargo, al contrario del comportamiento mostrado por las leguminosas, el nivel de saturación de aluminio alcanzado, sin ser óptimo, es tolerado en mejor forma por las gramíneas permitiendo un mayor desarrollo de éstas; lo que explica la gran ventaja de las gramíneas con respecto a las leguminosas que se desarrollan en suelos con problemas de acidez y alto aluminio.

El rendimiento anual neto entre las especies gramíneas sembradas no fue estadísticamente distinto ($P > 0,05$). Cabe destacar que tampoco hubo diferencia significativa en el rendimiento de materia seca del pasto miel debido a la procedencia de la semilla.

El uso de cal incrementó la contribución de la especie sembrada. En las leguminosas, el aporte de la especie pura en el tratamiento con cal fue 10% mayor, mientras que en las gramíneas, éste alcanzó a 28% sobre el testigo, como se indica en el Cuadro 2.

Después de un año de incorporada la enmienda se observó un cambio en la composición mineral de las plantas. El contenido de aluminio disponible se redujo en un 35% en las leguminosas y 61% en las gramíneas, alcanzando en éstas a menos de 200 ppm, valor considerado como normal para praderas del sur de nuestro país (Pugín, 1979). De igual forma, la disponibilidad interna de calcio se incrementó en un 50 y 58%,

para leguminosas y gramíneas, respectivamente, alcanzando en ambos casos el 0,3% señalado por Pugín (1979) como cifra característica de las praderas de la X Región (Figura 1).

La concentración foliar de fósforo en leguminosas y gramíneas no se afectó por acción de la enmienda, siendo de 0,4 y 0,3%, respectivamente. Los valores registrados son normales para praderas de estas características en la X Región, si se comparan con los resultados obtenidos por Pugín (1979).

En las leguminosas sembradas sin cal, la concentración foliar de magnesio alcanza un valor promedio de 0,3% en relación a 0,2% al aplicar cal. En las gramíneas la concentración promedio fue igual a 0,2%. El contenido foliar de magnesio para leguminosas y gramíneas sin cal se encuentra por debajo de 0,25%, concentración característica para praderas del sur de Chile de acuerdo a Pugín (1979).

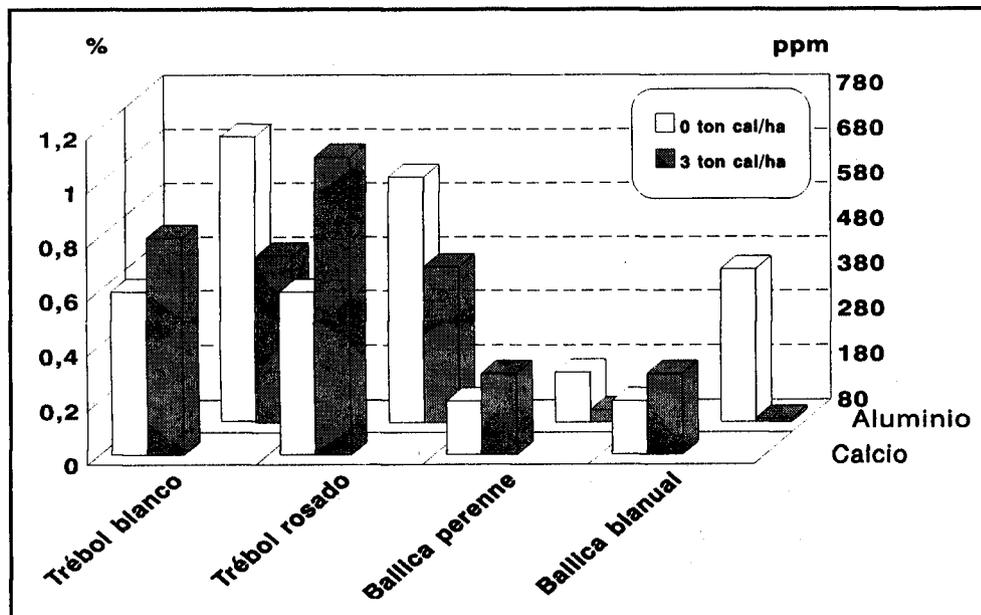


Figura 1. Variación del contenido foliar de calcio (%) y aluminio (ppm) por efecto de la incorporación de carbonato de calcio en leguminosas y gramíneas forrajeras. Septiembre de 1995.

Figure 1. Foliar variation of calcium (%) and aluminium content (ppm) for calcium carbonate incorporation on legume and grass species. September of 1995.

En los tratamientos sin cal el contenido de potasio en el follaje alcanzó a 1,4% en gramíneas y 1,6% en leguminosas. Sin embargo, el uso de la enmienda aumentó a 1,9% la concentración foliar de este catión, lo que sugiere una mayor absorción del elemento producto de un alza en el rendimiento que se genera en estos sectores cuando las condiciones edáficas son corregidas. Así, los valores alcanzados son superiores al 1,1% registrado por Pugín (1979) como nivel promedio de praderas del sur de Chile.

CONCLUSIONES

La incorporación de carbonato de calcio generó cambios substanciales en algunos parámetros de la química de suelo, reduciendo en un 61% la saturación de aluminio (de 37,6 a 14,7%) entre el inicio y el final del experimento.

El rendimiento neto de las leguminosas no aumentó significativamente por efecto del encañado. Sin embargo, en las gramíneas se logró un 57% de incremento (de 4,4 a 6,9 t MS/ha/año). Asimismo, la incorporación de cal aumentó el aporte de la especie pura en 10 y 28% para leguminosas y gramíneas, respectivamente.

Las especies más productivas fueron el trébol rosado y la ballica bianual. El aporte individual de estas especies alcanzó a 69 y 65% respectivamente, como promedio de las tres temporadas.

El uso de cal afectó la composición mineral de las plantas, reduciendo el contenido de aluminio en un 35 y 61% e incrementando la disponibilidad interna de calcio en un 50 y 58% para las leguminosas y gramíneas sembradas, respectivamente.

RESUMEN

En un andisol, del sector de Pumanzano (Isla de Chiloé), se realizó una investigación para conocer la adaptabilidad de cuatro gramíneas y tres leguminosas forrajeras a las condiciones de alta acidez del suelo y su respuesta productiva a la incorporación de carbonato de calcio. El estudio se realizó entre el otoño de 1994 y 1997, en un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela principal fue la dosis de enmienda (0 y 2,6 ton CaCO_3/ha) y la subparcela fue la especie forrajera. Las especies fueron: *Lolium multiflorum* cv. Tetrone, *Holcus lanatus* local y neozelandés, *Trifolium repens* cv. Huia, *Trifolium pratense* certificado nacional y *Lotus uliginosus* cv. Maku. La incorporación de calcio redujo en un 29% el nivel de aluminio de intercambio, incrementando en un 40% el contenido de calcio disponible. El índice de saturación de aluminio disminuyó en un 61% (de 37,6 a 14,7%) entre el inicio y el final del experimento. El aumento de rendimiento neto de las leguminosas no fue significativo por efecto de la cal, pero en las gramíneas se logró un 56% de

incremento ($P < 0,01$). Las especies más productivas fueron el trébol rosado y la ballica Tetrone (8,4 t MS/ha/año, cada una) con un aporte individual de 69 y 65%, promedio de las tres temporadas. El uso de cal afectó la composición mineral de las plantas, reduciendo el contenido de aluminio en un 35 y 61% e incrementando la disponibilidad interna de calcio en un 50 y 58% para leguminosas y gramíneas, respectivamente.

Palabras claves: Sur de Chile, carbonato de calcio, suelos ácidos, trébol rosado, trébol blanco, ballica perenne.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Gobierno Regional de la X Región, que a través del FNDR financió este proyecto, código BIP. 20032672, y al Sr. Ricardo Gerding, propietario del terreno, quien dio todas las facilidades necesarias para la ejecución de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- ACUÑA, H. 1994. Las Loteras. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile. Serie Quilamapu Nº 57. 12 p.
- BERNIER, R. 1991. Fertilización. *In: Producción y utilización de trébol rosado (*Trifolium pratense*)*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue. Osorno, Chile. Serie Remehue Nº 13. p. 26-34.
- BORIE, F. 1993. Rizósfera y acidificación. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. *Frontera Agrícola* 1(1): 13-17.
- CAMPILLO, R.; ZÚNIGA, H. Y QUILAQUEO, J. 1997. Los suelos de Chiloé y sus limitaciones nutricionales. *In: Diagnóstico nutricional de los suelos de la Isla de Chiloé*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue. Osorno, Chile. Serie Remehue Nº 65. p. 27-46.
- CISTERNAS, E. Y NORAMBUENA, H. 1991. Plagas insectiles. *In: Producción y utilización de trébol rosado (*Trifolium pratense*)*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue. Osorno, Chile. Serie Remehue Nº 13. p. 35-44.
- DEMANET, R. 1993. Ballicas bianuales. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. *Frontera Agrícola* 1(1): 59-65.
- ELIZALDE, H. Y TEUBER, N. 1994. Comportamiento de especies y cultivares forrajeros en el sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue. Osorno, Chile. Serie Remehue Nº 55. 22 p.
- INE. 1995. Estadísticas Agropecuarias. Año Agrícola 1993-94. Instituto Nacional de Estadísticas. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. 250 p.
- KAMPRATH, E. AND FOY, C. 1985. Limer fertilizer plant interactions in acid soils. *In: Engelstad, O. (Ed.) Fertilizer Plant Technology and Use*. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin, USA. p. 9-51.
- MORA, M. 1994. Efecto del uso de enmiendas sobre las propiedades químicas del suelo. *In: Alternativas de manejo de suelos con riesgo de acidificación*. Borie, F. (Ed.). Instituto de Agroindustria. Universidad de La Frontera. Boletín Nº 1 FONDEF 2-88. p. 6-23.
- PUGÍN, J. 1979. Niveles de Ca, P, Mg, K, Na, Fe, Mn, Cu y Co en praderas, sangre y/o plasma y sus relaciones en vacas de lechería. Valdivia, Chile. Tesis para optar al título de Médico Veterinario. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 98 p.
- TEUBER, N.; ALFARO, M. Y DUMONT, J.C. 1997. Proyecto Investigación de una Unidad Demostrativa de Producción Animal en Chiloé. Alfaro, M. (Ed). Informe Final. FNDR/INIA. 62 p.
- TORRES, A.; DUMONT, J.C. Y BOETCHER, A. 1997. Manejo de rezagos para conservación de forrajes en la provincia de Chiloé. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue. Osorno, Chile. Boletín Técnico Nº 236. 10 p.