

# RESPUESTA DE UNA PRADERA DE TREBOL BLANCO/ BALLICA PERENNE A LA FERTILIZACION CON FOSFORO, POTASIO Y AZUFRE<sup>1</sup>

## Response of white clover/ perennial ryegrass swards to phosphorus, potassium and sulphur applications

Hernán Acuña P.<sup>2</sup>, Patricio Soto O.<sup>2</sup> y Germán Martínez R.<sup>3</sup>

### S U M M A R Y

The effect of P, K and S application to white clover/perennial ryegrass (*Trifolium repens/Lolium perenne*) sward on the total, clover and ryegrass DM yield and on the changes of N, P and K availability in soil were measured. The sward was established in 1983 on a volcanic soil (Typic dystrandep), Mañil series, located at the Quilamapu Regional Research Center. An experiment with four levels of each element was conducted during two growing seasons (1984/85 and 1985/86).

Phosphorus application significantly increased ( $P \leq 0.05$ ) the total D.M. yield in 25 and 30% over the control without P when 66 and 132 kg of P/ha/year were applied, respectively. The extra D.M. production, when the level of P was 66 kg/ha/year, was 7.0 and 6.0 kg per kg of triple superphosphate applied, in the first and the second growing season, respectively. There was no effect of K application in 1984/85; but in 1985-86 the D.M. production increased in 20% when the level of K applied was 42 kg/ha/year compared with the control. Both elements, particularly P, affected only the clover growth. Sulphur did not affect the D.M. production.

Nitrogen and K availability in soil were not affected by P or K application and P availability in soil only increased with the highest rate of P applied (132 kg/ha/year).

**Key words:** *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, grass/clover sward, P, K, S, application.

### INTRODUCCION

La pradera de trébol blanco/ballica perenne es el recurso forrajero más importante en los suelos de riego de la Octava Región. Se utiliza, preferentemente, bajo pastoreo en la mayoría de las lecherías de la zona y en predios de producción de carne. Su rendimiento anual y persistencia dependen, en gran medida, de una adecuada fertilización con fósforo (P) y potasio (K), como ha sido demostrado en trabajos anteriores (Klee, Ruiz y Jahn, 1980; Acuña, 1981; Campillo, 1988). Sin embargo, pese a la gran relevancia de la fertilización con estos elementos, especialmente debido a la alta capacidad de retención de P de los suelos de origen volcánico predominantes en la zona, ésta no ha sido estudiada con suficiente detención. Por lo tanto, el estudio de las dosis de P y K, más adecuadas a las distintas series de suelos, es de gran importancia para mejorar la productividad de este tipo de praderas y asegurar una persistencia, de entre 5 y

10 años, que permita un buen resultado económico en los sistemas de producción animal.

En el extranjero, Scott (1976) junto con resaltar los altos requerimientos de P de las mezclas de trébol con gramíneas, pone énfasis en la mayor eficiencia de estas últimas, comparadas con trébol, para extraer P del suelo cuando éste está presente en cantidades limitadas. En relación con K, Morton (1981) informa de una gran respuesta del trébol y la ballica a la aplicación de este elemento en experimentos bajo corte y de una ausencia de respuesta en condiciones de pastoreo. Por lo tanto, sugiere que los experimentos, en pequeñas parcelas bajo corte, sobrestiman los requerimientos, debido a la alta eficiencia del reciclaje de este elemento en praderas bajo pastoreo.

Por otra parte, el azufre también podría tener influencia en el comportamiento del trébol blanco, debido a que su aplicación incrementa la extracción total y la concentración de S y nitrógeno (N) en la planta, dado su efecto positivo en la fijación simbiótica de este último elemento, especialmente a temperaturas bajas, según trabajos de Hern, Peck y Stanley (1988) en condiciones controladas.

<sup>1</sup>Recepción de originales: 23 de junio de 1993.

<sup>2</sup>Centro Regional de Investigación Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

<sup>3</sup>Actualmente se desempeña en el sector privado.

Por lo anterior, se planificó el presente experimento con el objeto de estudiar el efecto de la aplicación de dosis crecientes de P, K y S a una pradera de trébol blanco con ballica perenne durante dos temporadas, a partir del segundo año de edad de la pradera, en un suelo de origen volcánico.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el Centro Regional de Investigación Quilmapu (INIA-Chillán) en un suelo "trumao" de la serie Mañil (Typic distrandep), cuyas características químicas se presentan en el Cuadro 1, durante 1984, 1985 y 1986. La pradera fue sembrada en el otoño de 1983 con 3 kg/ha de trébol blanco, cv. Regal, y 18 kg/ha de ballica perenne, cv. Nui. Al establecimiento, se aplicó 50 kg/ha de P como superfosfato triple, 40 kg/ha de K como sulfato de potasio y 32 kg/ha de N como salitre sódico. Hasta el inicio del experimento (marzo de 1984) la pradera fue utilizada con vacas de lechería y no recibió fertilización de mantención. Los tratamientos fueron 21 y se seleccionaron de entre todas las combinaciones factoriales de cuatro dosis de P (0, 33, 66 y 132 kg/ha/año), cuatro dosis de K (0, 42, 84 y 168 kg/ha/año) y cuatro dosis de S (0, 30, 60 y 120 kg/ha/año), de modo de incluir, al menos, las cuatro dosis de cada elemento con las dosis medias de los otros dos. Se utilizó superfosfato triple, sulfato de K, cloruro de K y sulfato de sodio (Na). El S se aplicó de preferencia como sulfato de K para disminuir las cantidades de Na agregadas al suelo. El P se aplicó en otoño (marzo) y el K y S en primavera (septiembre). El diseño fue de bloques al azar con cuatro repeticiones en parcelas de 2 x 6 m.

**CUADRO 1. Algunas características químicas del suelo al iniciar el experimento (20.04.84)**

**TABLE 1. Soil chemical characteristics at the beginning of the experiment (20.04.84)**

Estrata (cm)	pH	N	P	K	Materia orgánica (%)
		Disponible			
		(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	
0- 5	5,8	18,6	7,0	173	9,1
5-10	5,8	21,1	7,0	133	7,6
10-15	5,8	18,6	6,5	119	9,3
15-20	5,8	15,2	6,1	119	8,7
20-50	5,8	7,7	3,8	65	7,2

Las parcelas fueron cortadas con barra segadora a 2-3 cm de altura, con una frecuencia aproximada de 21, 27, 33 y 45 días en primavera, verano, otoño e invierno, respectivamente, totalizando siete cortes en la primera temporada y cinco en la segunda. El riego fue frecuente para asegurar un buen abastecimiento de agua. No se aplicó N de mantención.

Se midió la producción de m.s. total y por especie en cada corte. Para ello, se pesó en verde el material cortado en una franja de un metro de ancho al centro de la parcela (1 x 6 m) y se secó submuestras de alrededor de 400 g en horno de ventilación forzada a 80 °C hasta peso constante, y se separó manualmente trébol, ballica y otras especies en una muestra compuesta por tratamiento, respectivamente. Los resultados de esta última determinación se expresaron en porcentaje (b.m.s.), por tratamiento, lo cual permitió generar producción de m.s. por parcela para cada especie, y porcentaje de cada especie por parcela, para la temporada. Se midió N, P y K disponible en el suelo al iniciar el experimento (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 y 20-25 cm de profundidad) (Cuadro 1) y en abril de cada año (0-10 cm), y la digestibilidad *in vitro* de la m.s. (Tilley y Terry, 1963) del total del forraje cosechado en noviembre de 1985 y diciembre de 1986.

Se hizo análisis de variancia para estudiar la respuesta en producción de m.s. por temporada a P, K y S, separadamente, considerando los cuatro niveles de cada elemento con las dosis medias de los otros dos. De la misma forma se analizó el contenido de N, P y K del suelo y la digestibilidad de la m.s. En el caso de los rendimientos por corte, se incluyó, además, el tratamiento sin aplicación de fertilizantes (0-0-0 de P-K-S, respectivamente).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Efecto estacional de P, K y S, por especie

En la Figura 1 se presenta los rendimientos de trébol (TB) y ballica (BP), por corte, en las dos temporadas. En todos los casos, se compara la producción sin aplicación de fertilizantes (0-0-0, P-K-S, Δ) con la del tratamiento sin el elemento en cuestión (fósforo, potasio o azufre) y las dosis medias de los otros dos (en el caso de P: 0-84-60, P-K-S, □) y con la del tratamiento que incluye la dosis alta del elemento en cuestión y las dosis medias de los otros dos (en el caso de P: 132-84-60, P-K-S, O). De esta forma, se puede visualizar el efecto de la aplicación de K y S y de P, K y S (Figura 1a y 1d), de P y S y de P, K y S (Figura 1b y 1e) y de P y K y P, K y S (Figura 1c y 1f) y separar la respuesta de cada uno de los tres elementos con la dosis media de los otros dos. El efecto de P sobre la producción de m.s. de trébol, fue positivo y significativo, especialmente en la primavera de 1984 y verano de 1986. El K no afectó la producción de trébol en la primera temporada, pero en la segunda, hubo un efecto marcado en el período diciembre-febrero, debido, probablemente, a que el contenido de K en el suelo, al iniciar el experimento, era relativamente alto (133 mg/kg, Cuadro 1) y en marzo de

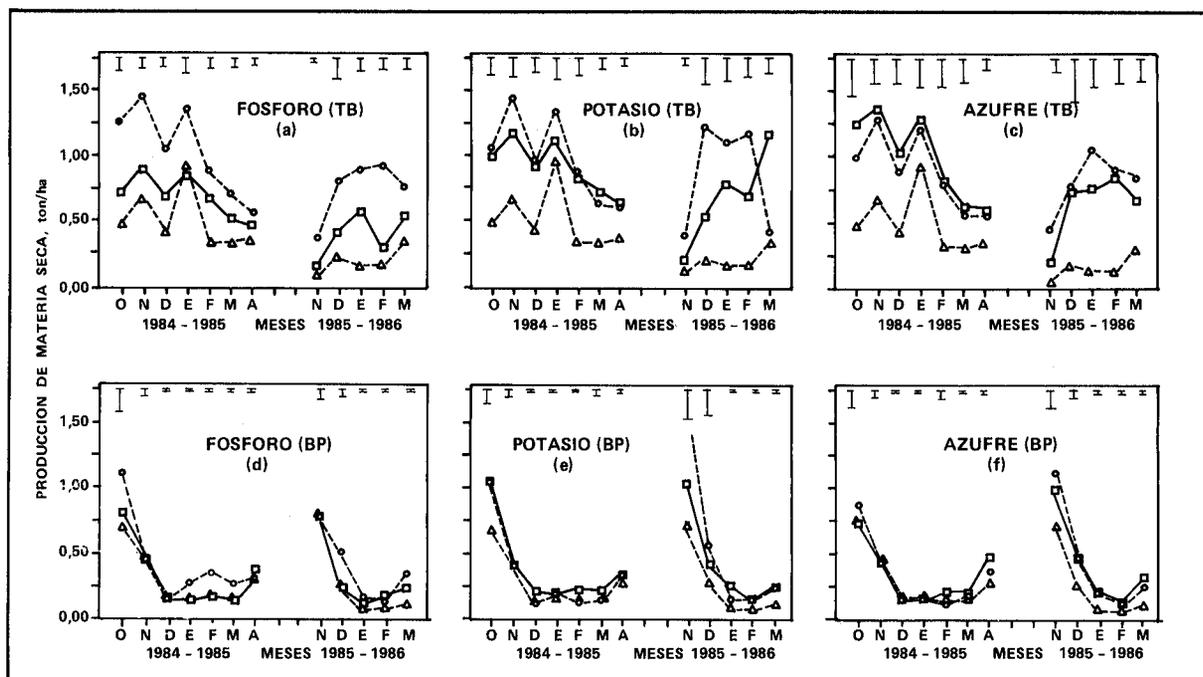


FIGURA 1. Efecto de fósforo, potasio y azufre sobre la producción de m.s., por corte, de trébol blanco (TB) y ballica perenne (BP). Δ: control 0-0-0 (P-K-S); □: a) y d) 0-84-60; □: b) y e) 66-0-60; □: c) y f) 66-84-0; ○: a) y d) 132-84-60; ○: b) y e) 66-168-60; ○: c) y f) 66-84-120. Barras verticales = E.E. de las medias.

FIGURE 1. Effect of phosphorus, potassium and sulphur on DM production, per cut, of white clover (TB) and perennial ryegrass (BP). Δ: control 0-0-0 (P-K-S); □: a) and d) 0-84-60; □: b) and e) 66-0-60; □: c) and f) 66-84-0; ○: a) and d) 132-84-60; ○: b) and e) 66-168-60; ○: c) and f) 66-84-120. Vertical bars = standard error of the means.

1985 bajó a cerca de la mitad (Cuadro 2). El S no incrementó la producción de trébol por sobre el aumento de rendimiento logrado sólo con P y K. Los rendimientos de ballica, en general, no fueron afectados significativamente por los tratamientos.

**Rendimiento de m.s. total y porcentajes de trébol y ballica por temporada**

El efecto de P en la producción total de m.s. (Cuadro 3), significó un aumento del 25 y 30% sobre el testigo sin fertilización fosfatada cuando se aplicó 66 y 132 kg/ha/año, respectivamente, en ambas temporadas. Ello corresponde, aproximadamente, a 7,0 y 6,0 kg de m.s. adicional por kg de superfosfato triple aplicado, cuando se usó una dosis de 320 kg/ha/año (66 kg de P), en 1984/85 y 1985/86, respectivamente. El porcentaje de trébol en 1984/85, fue significativamente más alto, con respecto al testigo, en las dosis de 66 y 132 kg/ha de P. En 1985/86, a pesar que el porcentaje promedio de trébol bajó con respecto a la primera temporada, se produjo una caída en la respuesta a partir de la dosis de 66 kg/ha. No hubo cambios importantes en el porcentaje de ballica al aumentar las dosis de P. La respuesta a la aplicación de P, en pro-

ducción total de m.s., es coincidente con la obtenida por Campillo y Sadzawka (1992), en Temuco, es decir, el máximo se alcanzó con el nivel de 66 kg/ha de P aplicado y los rendimientos fueron similares. Sin embargo, en dicho trabajo, no hubo una respuesta sostenida a P en términos de la proporción de trébol, ya que todos los tratamientos presentaron un alto porcentaje de esta especie a partir del segundo año. Ello podría asociarse con la aplicación de cal, si entendemos que dicha respuesta corresponde a un promedio sobre cuatro dosis de carbonato de calcio.

El efecto de K en la producción total por temporada (Cuadro 4) fue escaso en 1984/85. En 1985/86 se produjo un incremento de 21% con la dosis más baja (42 kg/ha/año), debido a la caída de la disponibilidad de este elemento en el suelo, mencionada anteriormente. El porcentaje de trébol fue significativamente más bajo en el tratamiento sin K, en la segunda temporada, lo que tendió a verse compensado por un alza del porcentaje de ballica. Estos resultados confirman lo planteado por Morton (1981), en el sentido que la alta extracción de K, provocada por el manejo de cortes, induce una rápida respuesta a la aplicación de este elemento.

**CUADRO 2. Efecto de la fertilización con fósforo y potasio en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio disponible en el suelo (mg/kg), de 0 a 10 cm de profundidad, en abril de cada año**

**TABLE 2. Effect of phosphorus and potassium applications on the availability of nitrogen, phosphorus and potassium in soil (mg/kg), at 0-10 cm depth, in April of each year**

Temporada	Dosis de fósforo (kg/ha/año)					E.E.	Media
	0	33	66	132			
N 1985	39,2	28,7	33,8	35,0	4,28	N.S.	34,2
1986	15,5	15,8	20,7	17,7	2,51	N.S.	17,4
P 1985	6,5	7,0	7,5	11,1	0,98	**	8,0
1986	5,0	5,3	5,8	11,5	0,82	***	6,9
K 1984(S)	115	164	152	140	14,2	*	143
1985	72	81	94	63	13,5	N.S.	77
1986	65	66	72	64	8,3	N.S.	67

Temporada	Dosis de potasio (kg/ha/año)					E.E.	Media
	0	42	84	168			
N 1985	30,8	25,5	35,8	34,2	3,75	N.S.	31,6
1986	16,6	16,7	20,7	21,5	3,30	N.S.	18,9
P 1985	7,3	8,0	7,5	6,7	0,93	N.S.	7,4
1986	5,7	5,0	5,8	5,6	0,49	N.S.	5,5
K 1984(S)	82	78	94	84	6,4	N.S.	85
1985	64	72	70	64	3,7	N.S.	68
1986	72	67	72	77	7,1	N.S.	72

(S): Septiembre.

\*:  $P \leq 0,05$ ; \*\*:  $P \leq 0,01$ ; \*\*\*:  $P \leq 0,001$ ; N.S.: No significativo.

**CUADRO 3. Efecto del fósforo en el rendimiento de m.s. total y porcentajes de trébol y ballica. Fertilización básica, 84 y 60 kg/ha/año de K y S, respectivamente**

**TABLE 3. Effect of phosphorus application on total DM yield and clover and ryegrass proportions. Application rates of K and S, 84 and 60 kg/ha/year, respectively**

Temporada	Dosis de fósforo (kg/ha/año)					E.E.	Media
	0	33	66	132			
Materia seca total (ton/ha)							
1984/85	8,91	9,69	11,14	11,77	0,529	**	10,38
1985/86	7,27	7,60	9,18	9,67	0,631	*	8,43
Trébol (%)							
1984/85	54,3	58,0	59,0	61,9	1,40	**	58,3
1985/86	28,0	38,3	45,7	39,7	2,21	**	37,9
Ballica (%)							
1984/85	24,5	23,8	23,0	24,6	1,58	N.S.	24,0
1985/86	27,8	32,6	27,0	28,8	1,33	*	29,0

\*:  $P \leq 0,05$ ; \*\*:  $P \leq 0,01$ ; N.S.: No significativo.

**CUADRO 4. Efecto del potasio en el rendimiento de m.s. total y porcentaje de trébol y ballica. Fertilización básica, 66 y 60 kg/ha/año de P y S, respectivamente**

**TABLE 4. Effect of potassium application on total DM yield and clover and ryegrass proportions. Application rates of P and S, 66 and 60 kg/ha/year, respectively**

Temporada	Dosis de potasio (kg/ha/año)					E.E.	Media
	0	42	84	168			
Materia seca total (ton/ha)							
1984/85	10,65	11,14	11,14	11,56	0,865	N.S.	11,12
1985/86	8,35	10,10	9,18	10,93	1,083	N.S.	9,64
Trébol (%)							
1984/85	59,5	64,8	59,0	60,2	1,17	*	60,9
1985/85	35,5	42,3	45,7	43,6	2,09	**	41,8
Ballica (%)							
1984/85	24,4	20,3	23,0	19,8	1,25	*	21,9
1985/86	34,5	32,7	27,0	31,1	0,93	***	31,3

\* $P \leq 0,05$ ; \*\* $P \leq 0,01$ ; \*\*\* $P \leq 0,001$ ; N.S.: No significativo.

El marcado efecto de P sobre el crecimiento del trébol blanco y la falta de respuesta en la gramínea, podrían explicarse asumiendo una restricción de N en el suelo para esta última. Algunos autores mencionan, que el P, en una primera etapa, incrementa el trébol y luego cuando el N disponible para la gramínea aumenta, debido a la fijación simbiótica de N por parte del trébol, ésta respondería a P. Así, en el largo plazo, el efecto de P sería un incremento de la proporción y producción de la gramínea. Este efecto no se estaría manifestando en esta pradera, debido probablemente, a que cumplió sólo tres años en la última temporada experimental. Fallas en la efectividad de la fijación simbiótica de N podrían también ser la causa de este comportamiento, pero, en este caso, el rendimiento de N de la pradera fue alto. Por otro lado, podría suceder que la transferencia de N del trébol a la ballica sea lenta, lo cual se debería, en parte, a que el sistema está siendo manejado bajo corte. Finalmente, esta falta de respuesta puede deberse, simplemente, a la mayor eficiencia de la gramínea para usar P disponible en pequeñas cantidades, mencionada por Scott (1976), dado su sistema radical más desarrollado que el de trébol blanco.

**Contenido de N, P y K del suelo**

El contenido de N del suelo, en otoño, fue más alto en 1985 que en 1986, pero no fue afectado significativamente por las dosis de P o K (Cuadro 2). El

contenido de P disminuyó desde 1985 a 1986 cuando se aplicó 0, 33 ó 66 kg/ha de este elemento y se mantuvo cuando se aplicó 132 kg/ha. En ambas temporadas, el contenido de P disponible en el suelo fue significativamente más alto en el tratamiento con 132 kg/ha de P, que en el resto de las dosis. El contenido de P no fue afectado por las dosis de K. El contenido de K disponible en el suelo no fue modificado significativamente por la aplicación de P o K en el otoño de 1985 ni de 1986.

### Digestibilidad del forraje

La digestibilidad *in vitro* de la m.s., del total del forraje cosechado (Cuadro 5), no fue afectada por la aplicación de P en ninguna de las dos temporadas, contrariamente a lo indicado por Campillo (1990), quien observó un efecto positivo de la aplicación de este elemento. En general, los valores fueron sensiblemente más bajos en la segunda temporada (corte de diciembre), que en la primera cuando se analizó material de un corte más temprano (noviembre). El K no afectó significativamente la digestibilidad del forraje en 1984, pero, en 1985, el control sin K tuvo un valor inferior ( $P \leq 0,05$ ) al resto de los tratamientos. Cuando no se aplicó S, la digestibilidad mostró un valor levemente más alto que cuando se usó este elemento.

### CUADRO 5. Efecto de la fertilización con fósforo, potasio y azufre en la digestibilidad *in vitro* de la m.s. (%) del forraje cosechado

TABLE 5. Effect of phosphorus, potassium and sulphur application on D.M. *in vitro* digestibility of total herbage

Temporada	Dosis de fósforo (kg/ha/año)					Media
	0	33	66	132	E.E.	
13.11.84	75,0	72,0	72,5	74,5	1,21 N.S.	73,5
03.12.85	65,5	65,8	65,5	67,5	1,49 N.S.	66,1
Temporada	Dosis de potasio (kg/ha/año)					Media
	0	42	84	168	E.E.	
13.11.84	74,3	72,5	72,5	75,5	1,06 N.S.	73,7
03.12.85	62,8	67,0	65,5	66,8	0,95 *	65,5
Temporada	Dosis de azufre (kg/ha/año)					Media
	0	30	60	120	E.E.	
13.11.84	76,2	74,3	72,5	73,3	1,53 N.S.	74,1
03.12.85	69,3	64,5	65,5	64,3	1,77 N.S.	65,9

\* $P \leq 0,05$ ; N.S.: No significativo.

## RESUMEN

En una pradera de trébol blanco/ballica perenne (*Trifolium repens/Lolium perenne*), establecida en 1983, en un suelo "trumao" (Typic dystrandep) de la serie Mañil, ubicado en el Centro Regional de Investigación Quilmapu, se estudió el efecto de la aplicación anual de P, K y S en la producción de m.s. total y por especie y en la variación de la disponibilidad de N, P y K en el suelo. Se consideró cuatro dosis de cada elemento, en un experimento conducido durante dos temporadas de crecimiento (1984/85 y 1985/86).

El P aumentó significativamente ( $P \leq 0,05$ ) la producción de m.s. total un 25 y 30% sobre el control sin P, cuando se aplicó 66 y 132 kg/ha/año, respectivamente. La producción de m.s. extra, por cada kg de superfosfato triple aplicado, alcanzó a 7,0 y 6,0 kg cuando se aplicó 66 kg/ha/año de P en la

primera y segunda temporada, respectivamente. No hubo efecto de K en 1984/85, pero, en 1985/86, la producción aumentó 20% cuando se aplicó 42 kg/ha/año de K, en relación al control. Los resultados anteriores se debieron al efecto positivo de estos dos elementos, especialmente P, en el crecimiento del trébol. No hubo respuesta de la ballica. El S no afectó la producción.

Los contenidos de N y K en el suelo no fueron afectados por las dosis de P o de K y el contenido de P disponible aumentó sólo cuando se aplicó la dosis más alta de P (132 kg/ha/año).

**Palabras claves:** *Trifolium repens*, *Lolium perenne*, trébol blanco/ballica perenne, P, K, S, fertilización.

## LITERATURA CITADA

ACUÑA P., HERNAN. 1981. Dosis de sulfato de potasio con tres niveles de fosfato en una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens*)/ballica inglesa (*Lolium perenne*). Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA), Sexta Reunión Anual. Santiago, Chile. p.: 12.

CAMPILLO R., RICARDO. 1988. Respuesta al carbonato de calcio y a la fertilización fosfatada de la mezcla de ballica perenne/trébol blanco, en un Andisol. Producción y evolución botánica. Agricultura Técnica (Chile) 48: 312-319.

- CAMPILLO R., RICARDO. 1990. Respuesta al carbonato de calcio y fertilización fosfatada de la mezcla de ballica perenne/ trébol blanco, en un Andisol. Absorción de nutrientes y calidad del forraje. Agricultura Técnica (Chile) 50: 49-55.
- CAMPILLO R., RICARDO y SADZAWKA R., ANGELICA. 1992. Influencia del carbonato de calcio y dosis de fósforo sobre una pradera permanente. Evolución de parámetros productivos y químicos del suelo. Agricultura Técnica (Chile) 52: 381-387.
- HERN, J.L., PECK, R.L. and STALEY, T.E. 1988. Response of Ladino white clover to sulphur at cool temperatures. Agronomy Journal 80: 971-976.
- KLEE G., GERMAN; RUIZN., IGNACIO Y JAHNB., ERNESTO. 1980. Efecto de cuatro niveles de fósforo en la producción de carne de una pradera de trébol blanco y ballica. I. Producción. Agricultura Técnica (Chile) 40: 26-31.
- MORTON, J.D. 1981. Influence of trial management on pasture response to potassium on a Pakihi soil. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 9: 271-277.
- SCOTT, R.S. 1976. The phosphate nutrition of white clover. Proceedings of the New Zealand Grassland Association 38: 151-159.
- TILLEY, J. M. and TERRY, R. A. 1963. A two stages technique for the *in vitro* digestion of forrage. Journal of the British Grassland Society 18(2):104-111.