

DOSIS DE FOSFORO Y POTASIO EN TREBOL SUBTERRANEO, EN LA PRECORDILLERA ANDINA DE LA REGION DEL BIOBIO¹

Levels of phosphorus and potassium on subterranean clover, in the Andes foot—hills of the Biobío Region

Hernán Acuña P.², Patricio Soto O.², Germán Klee G.², Nicasio Rodríguez S.²,
Carlos Ovalle M.² y Germán Martínez R.²

S U M M A R Y

The experiment was carried out during four growing seasons (1982/83 to 1985/86) on a subterranean clover sward, established in 1981 on a "trumao" soil (Typic dystrandeps). The effect of four levels of P (0, 22, 44, and 132 kg/ha/year), with and without K (84 kg/ha/year), on total D.M. yield, botanical composition, and available N, P and K in the soil, was studied. Plots of 350 m², under cattle and sheep grazing, were used. The D.M. yield was measured by difference, evaluating the residual D.M. after grazing and the D.M. availability before the next grazing, by the comparative yield method. The botanical composition was studied in fixed lines, using the point quadrat technique. The response curves to P per growing season are presented.

The maximum yields were reached with around 80 kg/ha of P/year. The highest response per kg of P applied would be between 22 and 44 kg/ha/year. There were no effects of K and of P x K interaction.

Clover contribution increased when P application was increased, in the first growing season. In the fourth growing season, clover contribution decreased when 132 kg/ha of P/year were applied. The response to P of grasses and other species increased when N levels in the soil increased.

The average available N in the soil (0 to 5 cm) increased from 34 ppm in 1983, to 176 ppm, in 1986. The extractable P increased from 10 to 18 ppm, when P applied was 22 or 44 kg/ha/year, and from 10 to 40 ppm, when P applied was 132 kg/ha/year, between 1982 and 1986.

The use of small plots under grazing, would have some advantages compared with smaller plots under cutting, for evaluating the response to P in this kind of sward.

INTRODUCCION

En la precordillera Andina de la Región del Biobío, el trébol subterráneo es la especie forrajera de mejor adaptación. Ella crece y fructifica bien bajo las condiciones de clima, suelo y manejo dado por los agricultores. El clima es Mediterráneo húmedo, con 1.200 a 1.400 mm de caída pluviométrica anual, concentrados en invierno. El período de sequía es de 4 a 5 meses. El suelo es derivado de cenizas volcánicas, fijador de fósforo y con pH cercano a 6.

Los agricultores se dedican, principalmente, al cultivo de trigo y el trébol es usado con ganado bovino u ovino, durante el período de dos a tres años que media entre dos siembras sucesivas del cereal. Dicha especie se ha naturalizado en grandes sectores del área, a partir de la introducción de la variedad Mount Barker, hace unos 40 años. En los sectores donde no está presente, es posible introducirla sembrándola asociada a trigo. Una vez introducida, no desaparece al sembrar trigo u otro cultivo anual.

El rendimiento de forraje de trébol subterráneo en ausencia de fertilización fosfatada es bajo. El estudio de dosis de P fue abordado en una primera etapa en parcelas pequeñas (2 x 6 m), evaluadas por corte con barra segadora. La producción de m.s. del primer año

¹ Recepción de originales: 13 de agosto de 1987.

² Estación Experimental Quilamapu (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

mostró satisfactoriamente los efectos de los tratamientos, pero debido al marcado efecto del P en el crecimiento y altura del trébol, la siega con máquina afectó en forma diferente a los distintos tratamientos (Acuña y otros, 1982). Esto último se manifestó especialmente en la resiembra natural, lo cual introdujo serios problemas para evaluar la respuesta al P, a partir del segundo año. Simultáneamente, en un estudio de producción de carne bovina realizado en la zona (Klee, Ruiz y Acuña, 1984), se observó una buena resiembra y persistencia del trébol bajo pastoreo continuo, en contraste con el comportamiento bajo corte. Ello condujo a iniciar el presente experimento de dosis de P y K, bajo pastoreo en parcelas de pequeño tamaño, para medir la respuesta a estos elementos en producción de m.s., principalmente. Asimismo, se estudió la composición botánica y las variaciones del contenido de N, P y K en el suelo.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en el predio "Cullinco", ubicado a 10 km al oeste de Santa Bárbara (lat. 37° 41' S y long. 71° 53' W, 300 m.s.n.m.), en la provincia de Biobío. El suelo es derivado de cenizas volcánicas ("trumao"; Typic dystrandeps), de la Serie Santa Bárbara. Su profundidad es superior a 1 m y al iniciar el experimento, tenía un contenido de P disponible (Olsen) de 8,2 ppm, un porcentaje de materia orgánica de 8,9 y el pH era 5,9, en el estrato de 0 a 20 cm.

Se utilizó una pradera de trébol subterráneo cv. Mount Barker de segundo año, establecida con 44 y 84 kg/ha de P y K (superfosfato triple y sulfato de K), respectivamente, en el otoño de 1981. En un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, se probó los tratamientos resultantes de la combinación factorial de tres dosis de P (0, 44 y 132 kg/ha) y dos dosis de K (0 y 84 kg/ha); además, se estableció un tratamiento con 22 y con 84 kg/ha de P y de K, respectivamente, para tener un punto adicional al calcular la respuesta a P. Estas dosis se aplicaron anualmente (P en abril y K en agosto), como superfosfato triple y sulfato de K. El tamaño de las parcelas fue de 350 m² (14 x 25 m) y fueron cercadas individualmente, con malla de 1,20 m de alto.

El ensayo se controló por 4 temporadas (1982/83 a 1985/86), caracterizadas por las condiciones hídricas detalladas en el Cuadro 1. Durante cada temporada de crecimiento, las parcelas se pastorearon con novillos de 1 a 2 años de edad, excepto el último año, en que se utilizó ovejas. Se ajustó el número de animales por parcela, de modo que la presión de pastoreo fuera igual en todos los tratamientos. Para ello, se asumió un consumo diario del 30% del peso vivo, un 30% de pérdidas por pastoreo y una permanencia de los animales en la parcela de 2 ó 3 días. Se estimó la m.s. disponible antes de cada pastoreo, como se indica más adelante, y el peso de los animales. Se trató de dejar un residuo no inferior a 1.000–1.500 kg/ha de m.s., simulando lo que ocurre bajo pastoreo continuo durante la primavera.

CUADRO 1. Datos mensuales de pluviometría y evaporación, durante el período experimental

TABLE 1. Monthly records of rainfall and evaporation, during the experimental period

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
1982												
Agua caída	71,0	54,2	31,7	24,4	317,9	540,1	482,1	202,5	104,9	132,3	—	—
Evaporación	242,9	163,4	142,7	82,9	29,7	23,0	25,7	67,5	70,0	83,7	—	—
Bal. Hídrico*	-171,9	-109,2	-111,0	-58,5	288,2	617,1	556,4	235,0	134,9	148,6	—	—
1983												
Agua caída	—	—	—	129,2	194,1	409,1	163,1	106,0	84,0	95,9	0,0	9,6
Evaporación	—	—	—	128,4	52,7	40,8	58,3	66,1	79,4	110,6	160,0	238,6
Bal. Hídrico	—	—	—	0,8	142,2	468,3	204,8	139,9	104,6	85,3	-74,7	-229,0
1984												
Agua caída	66,9	99,9	50,3	32,0	478,8	207,4	471,3	125,5	346,4	364,0	35,1	13,2
Evaporación	247,0	181,4	139,0	96,0	51,6	42,1	52,0	49,5	70,5	100,0	118,1	176,2
Bal. Hídrico	-180,1	-81,5	-88,7	-64,0	427,2	265,3	519,3	176,0	375,8	364,0	17,0	-146,0
1985												
Agua caída	69,0	8,8	70,7	178,4	426,0	230,7	238,9	89,3	113,5	236,0	85,8	0,0
Evaporación	209,6	170,8	136,0	39,5	36,0	42,7	40,5	56,5	73,2	87,6	140,0	199,0
Bal. Hídrico	-140,6	-162,0	-65,3	138,9	490,0	288,0	298,4	132,8	140,3	248,4	45,8	-153,2

*Se asume una capacidad máxima de retención de agua en el suelo de 100 mm.

Se proporcionó agua a los animales en cada parcela y se realizó 3 ó 4 pastoreos cada temporada. Se utilizó alrededor de 20 novillos cada año (en el último, 50 ovejas), con lo cual se pudo pastorear 6 a 9 parcelas al mismo tiempo. El pastoreo se hizo por tratamiento, de acuerdo al crecimiento del trébol, cuidando de pasar los animales desde los tratamientos de menor a mayor dosis de P o manteniéndolos 2 a 3 días en una pradera del mismo tipo sin P, antes de entrar a las parcelas con bajo nivel de P, o sin P. El último pastoreo se hizo cuando el pasto estaba seco y se consumió todo el forraje presente. En las dos últimas temporadas, se dio un pastoreo menos al control sin P. Las tres repeticiones se pastorearon al mismo tiempo.

La producción de m.s. se determinó por diferencia, mediante la estimación de la disponibilidad de forraje al final de cada pastoreo y al comienzo del siguiente, por el método del "rendimiento comparativo" (Tipo 1), de acuerdo a lo propuesto por Haydock y Shaw (1975). Después de escoger los estándares, se hizo 20 determinaciones visuales por parcela.

Se midió la composición botánica anualmente, a fines de octubre, mediante la técnica del "point quadrat" (Daget y Poissonet, 1971), utilizando líneas perma-

nentes de 4 m (2 por parcela), registrando todos los contactos hasta llegar al suelo en 100 puntos.

Anualmente, en otoño, se analizó el suelo (a las profundidades de 0-5, 0-10, 0-20 y 20-50 cm) para: N disponible (excepto en 1982) (Bremmer, 1965); P disponible (Olsen y Dean, 1965); y K disponible (Chapman y Pratt, 1973).

Se hizo análisis de variancia para los tratamientos del arreglo factorial 3 x 2 y se calculó la respuesta a P utilizando las cuatro dosis de este elemento, en presencia de fertilización potásica.

RESULTADOS Y DISCUSION

El efecto de la fertilización fosfatada y potásica se presenta en los cuadros 2 y 3. No hubo efecto significativo de P en la temporada 1982/83, debido probablemente a la aplicación uniforme de este elemento (44 kg/ha) a la siembra, a todas las parcelas. A partir del año siguiente, el efecto de P en la producción total de m.s. fue marcado. El potasio no afectó significativamente la producción de m.s. y no hubo interacción P x K, en ninguna temporada ni en el promedio de las cuatro.

CUADRO 2. Efecto de la fertilización fosfatada en la producción de m.s. de la pradera de trébol subterráneo, en las cuatro temporadas experimentales

TABLE 2. Effect of phosphorus application on D.M. production of the subterranean clover sward, in the four experimental growing seasons

Dosis de P (kg/ha/año)	Materia Seca (ton/ha)				
	1982/83	1983/84	1984/85	1985/86	Media
0	5,48	4,52	4,97	4,75	4,93
44	5,67	5,96	8,79	7,17	6,90
132	5,76	6,29	9,85	6,67	7,14
E.E.	± 0,183	± 0,263	± 0,328	± 0,240	± 0,127
Media	5,64	5,59	7,87	6,20	6,32

CUADRO 3. Efecto de la fertilización potásica en la producción de m.s. de la pradera de trébol subterráneo en las cuatro temporadas experimentales

TABLE 3. Effect of potassium application on D.M. production of subterranean clover sward, in the four experimental growing seasons

Dosis de K (kg/ha/año)	Materia Seca (ton/ha)				
	1982/83	1983/84	1984/85	1985/86	Media
0	5,83	5,61	7,65	6,02	6,28
84	5,45	5,57	8,09	6,37	6,37
E.E.	± 0,150	± 0,215	± 0,268	± 0,196	± 0,104
Media	5,64	5,59	7,87	6,20	6,32

La Figura 1, muestra la respuesta a P (con aplicación de K, 84 kg/ha/año) en las tres temporadas en que el efecto fue importante. Las diferencias de los rendimientos, entre temporadas de crecimiento, estarían relacionadas, principalmente, con variaciones de la pluviometría. Así por ejemplo, la baja producción de 1983/84, se debería a que ese año no llovió en noviembre, como en los años siguientes, y el balance hídrico fue negativo a partir de ese mes (Cuadro 1). Los altos rendimientos obtenidos en 1984/85 responderían, además de las buenas condiciones climáticas, a la mayor participación del trébol (Cuadro 4). Esto sería debido, probablemente, a que los niveles de N en el suelo (Figura 2 y Cuadro 5), si bien más altos que el año anterior, no afectaron negativamente a esta especie, como ocurrió en la última temporada, en las parcelas con el nivel más alto de P (Cuadro 4).

Lo anterior podría significar que, después de la tercera temporada experimental (cuarta de la pradera), los rendimientos tendieron a caer por disminución del trébol, aun cuando las condiciones hídricas de la primavera fueran favorables.

La disminución significativa de la contribución del trébol en la última temporada, en los tratamientos con 132 kg/ha de P (Cuadro 4), fue compensada por

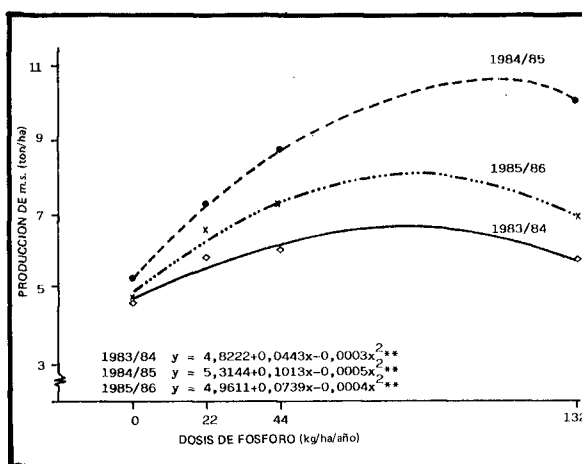


FIGURA 1. Respuesta de la pradera a la fertilización fosfatada con 84 kg/ha de K al año. **Ajuste cuadrático significativo (P ≥ 0,01).

FIGURE 1. Response to P application when 84 kg/ha/year of K were used.

un incremento de las gramíneas (*Cynosorus echinatus* y *Agrostis* spp., en su mayor parte) y de otras especies, entre las que aparecen algunas reconocidamente nitrófilas, como *Cardus picnocephalus*, debido probablemente al alto contenido de N y P alcanzado en dicho tratamiento. El efecto opuesto, es decir, un alza

CUADRO 4. Efecto de la fertilización fosfatada en la contribución específica de contacto (°/o) de trébol subterráneo, gramíneas y otras especies, en octubre. Medias transformadas ARCSIN [(°/o de contribución)^{1/2} / 100]. Entre paréntesis medias sin transformar

TABLE 4. Effect of phosphorus application on the specific contact contribution (°/o) of subterranean clover, grasses and others species, in October. Means transformed ARCSIN [(contribution °/o)^{1/2} / 100]. Untransformed means, in brackets

Dosis de P (kg/ha/año)	1982	1983	1984	1985	Media
Trébol subterráneo*					
0	45,8 (51,4)	48,5 (56,2)	52,8 (62,9)	51,7 (61,0)	49,7 (57,9)
44	53,1 (63,9)	48,8 (56,6)	60,6 (75,1)	46,5 (52,5)	52,3 (62,0)
132	52,9 (63,6)	50,2 (59,0)	57,4 (70,3)	29,9 (26,1)	47,6 (54,7)
E.E.	±2,17	±1,81	±3,70	±4,41	±2,44
Media	50,6 (59,6)	49,2 (57,3)	56,9 (69,4)	42,7 (46,5)	49,9 (58,2)
Gramíneas					
0	29,3 (24,5)	26,0 (20,0)	28,5 (24,9)	28,3 (24,8)	28,0 (23,6)
44	22,8 (15,6)	29,0 (23,6)	15,6 (9,1)	22,9 (19,0)	22,6 (16,8)
132	25,1 (18,3)	28,5 (23,1)	23,2 (17,3)	38,0 (39,3)	28,7 (24,5)
E.E.	±2,39	±2,33	±4,94	±7,76	±3,99
Media	25,7 (19,5)	27,8 (22,2)	22,4 (17,1)	29,7 (27,7)	26,4 (21,6)
Otras especies					
0	29,0 (24,0)	29,2 (23,9)	20,2 (12,2)	21,1 (14,1)	24,9 (18,6)
44	26,8 (20,5)	26,2 (19,8)	22,8 (15,4)	31,9 (28,5)	26,9 (21,2)
132	25,1 (18,1)	24,5 (17,9)	20,4 (12,4)	35,0 (34,6)	26,3 (20,8)
E.E.	±1,71	±1,85	±2,01	±4,70	±1,85
Media	27,0 (20,9)	26,6 (20,5)	21,2 (13,5)	29,3 (25,7)	26,0 (20,2)

* En algunos casos se incluye una pequeña cantidad de otras leguminosas anuales.

de la contribución del trébol en respuesta a una mayor dosis de P, se encontró en el primer año (Cuadro 4).

Ello confirmaría lo observado por Wolfe y Lazenby (1973a y b), en trébol blanco/gramíneas, en el sentido que la respuesta al P de las gramíneas aumenta cuando aumenta el abastecimiento de N, debido a fertilización con este elemento o a fijación por el trébol. Así, la competencia de la gramínea reduce el contenido de trébol como consecuencia de una mayor dosis de P, aun cuando inicialmente el P aumenta la proporción de la leguminosa.

Los rendimientos máximos de m.s. total se alcanzarían con una dosis de alrededor de 80 kg/ha de P al año (Figura 1); pero los máximos incrementos por kilo de P aplicado, estarían entre 22 a 44 kg/ha. Estas últimas dosis no elevaron el contenido de P en el suelo más allá de 12 a 15 ppm, en 0–5 cm de profundidad (Figura 3). No se observó un efecto importante del P, cuando éste alcanzó altos niveles en el suelo; cuando la producción fue 10 ton/ha/año (1984/85), el contenido de P en la dosis de 132 kg/ha de este elemento, era de alrededor de 18 ppm (Figura 3).

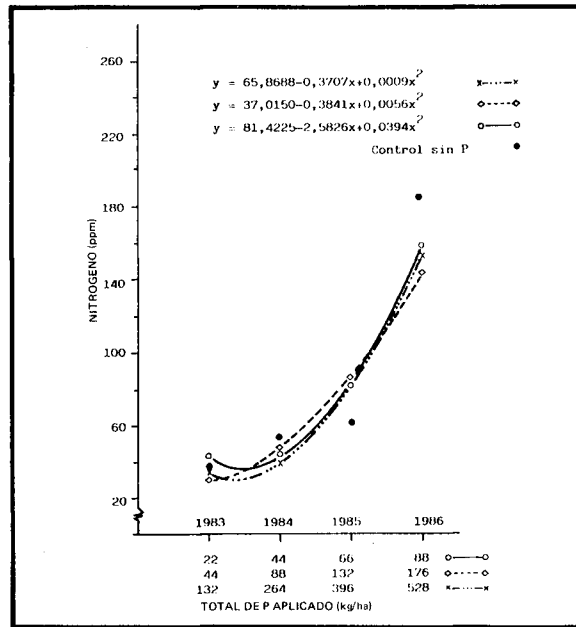


FIGURA 2. Contenido de N disponible del suelo (0–5 cm profundidad), al aumentar la cantidad total de P aplicado a la pradera y con 84 kg/ha de K al año.

FIGURE 2. Available N in the soil (0–5 cm depth) when P applied was increased and with 84 kg/ha/year of K.

CUADRO 5. Nitrógeno disponible (ppm) en el suelo, a diferentes profundidades y con distintas dosis anuales de fósforo

TABLE 5. Available nitrogen (ppm) in the soil at different depths and rates of annual phosphorus application

Profundidad	Año	Dosis de P (kg/ha/año)				Media
		0	44	132	E.E.	
0– 5 cm	1983	35,1	36,3	30,7	± 3,28	34,0
	1984	52,4	53,3	84,5	± 10,42	63,4
	1985	60,6	85,6	72,5	± 13,79	72,9
	1986	186,1	203,7	138,4	± 25,84	176,1
0–10 cm	1983	32,6	34,1	33,1	± 3,49	33,3
	1984	44,7	48,9	70,8	± 10,60	54,8
	1985	61,2	95,6	57,7	± 10,28	71,5
	1986	142,9	175,5	110,6	± 20,94	143,0
0–15 cm	1983	39,2	36,5	32,8	± 3,49	36,2
	1984	43,4	42,8	64,2	± 9,59	50,1
	1985	47,4	59,1	80,0	± 11,22	62,3
	1986	140,5	117,0	107,4	± 14,52	121,6
0–20 cm	1983	36,2	35,6	34,2	± 3,45	35,3
	1984	30,2	27,6	38,0	± 6,10	31,9
	1985	50,0	76,3	90,5	± 10,57	72,3
	1986	89,2	81,3	66,2	± 6,04	78,9
20–50 cm	1983	36,4	37,2	36,5	± 2,53	36,7
	1984	11,1	27,8	36,5	± 10,30	25,1
	1985	21,2	29,8	20,4	± 5,19	23,8
	1986	22,2	21,9	30,4	± 5,59	24,8

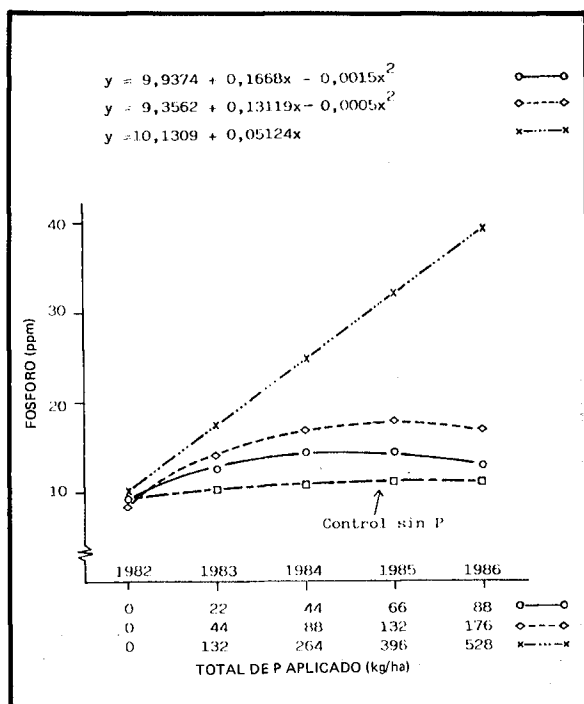


FIGURA 3. Contenido de P disponible del suelo (0–5 cm profundidad), al aumentar la cantidad total de P aplicado a la pradera y con 84 kg/ha de K al año.

FIGURE 3. Extractable P in the soil (0–5 cm depth) when P applied was increased and with 84 kg/ha/year of K.

En el Cuadro 6, se presenta las variaciones del P disponible en el suelo. En el estrato de 0–5 cm de profundidad, se observó un mayor contenido de P en 1983, cuando se aplicó 132 kg/ha que cuando no se aplicó o se usó 44 kg/ha. En los años siguientes, se observó un aumento del P con 44 y 132 kg/ha, respecto a 0. En la Figura 3, donde se incluye el tratamiento con 22 kg/ha de P, se observa que cuando se aplicó esta dosis, se produjo un aumento del P con los años, que tendió a estabilizarse en un valor cercano a 15 ppm, en 1984 y 1985. Cuando se aplicó 44 kg/ha anualmente, el P del suelo subió a 18 ppm en 1985 y cuando se aplicó 132 kg/ha, el P aumentó hasta 40 ppm en 1986.

Al considerar los estratos de 0–10, 0–15 y 0–20, se observó la misma tendencia, pero cada vez con menor intensidad, debido a la dilución del P, acumulado mayoritariamente en el estrato superficial. Esto indicaría la conveniencia de muestrear los suelos con trébol subterráneo superficialmente, 0–5 ó 0–10 cm, preferentemente. El P disponible en el estrato de 20–50 cm no varió, por efecto de la dosis de aplicación.

El N disponible en el suelo (Cuadro 5), en las profundidades de muestreo de 0–5, 0–10, 0–15 y 0–20 cm, no fue afectado por la dosis de P, pero aumentó

significativamente con los años. Este aumento tendió a ser más acelerado cuando se aplicó 132 kg/ha de P, lo que habría inducido primero un alza de trébol y luego una mayor respuesta de la gramínea al P y, por lo tanto, una disminución de la leguminosa. Así, los contenidos de N en 1986, cuando se aplicó 132 kg/ha de P, tendieron a ser menores debido a una mayor extracción. La acumulación de N se atribuye a fijación simbiótica del trébol, puesto que no es dable esperar un ascenso de la nitrificación en los años por una mejoría constante de las condiciones ambientales (los muestreos de suelo fueron hechos en la misma fecha).

Al igual que para P, las variaciones del contenido de N en el suelo fueron más intensas en los estratos superficiales; de 20–50 cm de profundidad, no se observó cambios significativos. La Figura 2, que incluye el tratamiento con 22 kg/ha de P al año y considera sólo las parcelas con K, muestra claramente un aumento del contenido de N con los años. Este aumento es independiente de la dosis de P, puesto que las curvas tienden a ser igual para las distintas cantidades de P acumuladas.

El contenido de K disponible no mostró variaciones significativas debidas a los tratamientos en 1983, 1984 y 1985. Los contenidos fluctuaron alrededor de 390 ppm, en el estrato de 0–5 cm de profundidad, y decrecieron a un promedio de 290, al muestrear el suelo de 0 a 20 cm; de 20 a 50 cm, los valores se mantuvieron próximos a 120 ppm.

En 1986, se observó una leve disminución del K disponible en el estrato superficial de los tratamientos con 132 kg/ha de P, en relación con las dosis más bajas de este elemento y en los tratamientos sin K, en relación con los que recibieron 84 kg/ha de K (390 a 310 ppm).

El Cuadro 7 muestra los valores de los coeficientes de correlación entre algunas de las variables medidas. Se observó un alta correlación positiva entre contenido de N y de P y producción de m.s. total. Los contenidos de N subieron a medida que aumentó el contenido de P, en los primeros 20 cm de suelo.

Se observa una correlación negativa entre el contenido de N y P en el suelo y la contribución del trébol, lo cual reflejaría lo ocurrido en la última temporada, aun cuando estas correlaciones se calcularon con los valores obtenidos en los tres últimos años. La alta correlación negativa entre contribución de trébol subterráneo y gramíneas, confirma lo indicado anteriormente, en el sentido que estas últimas compensaron la disminución de trébol, en la última temporada.

CUADRO 6. Fósforo disponible (ppm) en el suelo, a diferentes profundidades y con distintas dosis anuales de fósforo**TABLE 6. Extractable phosphorus (ppm) in the soil, at different depths and rates of annual phosphorus application**

Profundidad	Año	Dosis de P (kg/ha/año)				
		0	44	132	E.E.	Media
0– 5 cm	1982	10,27	9,57	9,30	± 0,636	9,71
	1983	10,57	11,63	14,90	± 0,653	12,37
	1984	11,63	17,23	27,07	± 1,498	18,64
	1985	10,43	18,20	34,27	± 1,938	20,97
	1986	10,73	18,47	42,90	± 2,175	24,03
0–10 cm	1982	9,50	9,87	8,83	± 0,634	9,40
	1983	8,27	9,00	12,30	± 0,503	9,86
	1984	12,13	14,40	17,93	± 1,425	14,82
	1985	10,93	15,87	28,53	± 1,300	18,44
	1986	10,37	13,80	30,53	± 2,815	18,23
0–15 cm	1982	8,83	9,13	8,70	± 0,442	8,89
	1983	7,98	9,10	12,40	± 0,703	9,83
	1984	11,37	13,37	13,60	± 1,232	12,78
	1985	13,00	13,83	21,33	± 2,264	16,05
	1986	9,80	12,50	24,93	± 3,088	15,74
0–20 cm	1982	8,73	7,77	8,10	± 0,508	8,20
	1983	7,68	8,67	9,77	± 0,705	8,71
	1984	10,73	10,50	13,67	± 0,982	11,63
	1985	9,27	12,20	15,50	± 2,213	12,32
	1986	8,73	11,13	19,22	± 1,072	12,91
20–50 cm	1982	7,80	5,67	7,53	± 0,682	7,00
	1983	5,83	6,77	7,20	± 0,737	6,60
	1984	9,77	8,20	8,67	± 1,110	8,88
	1985	9,90	8,53	7,13	± 1,257	8,52
	1986	7,53	8,10	8,53	± 0,352	8,05

CUADRO 7. Matriz de correlaciones para contenidos de N y P en el suelo, rendimiento de m.s. total y contribución específica de trébol subterráneo y gramíneas**TABLE 7. Correlation matrix for N and P in the soil, total D.M. yield and specific contribution of subterranean clover and grasses**

	Rendimiento m.s. total	Contribución específica		Nitrógeno	
		Gramíneas	T. subterráneo	0–5 cm	0–20 cm
Fósforo					
0– 5 cm	0,5067***	0,1878	– 0,3105**	0,4105***	0,3625**
0–20 cm	0,3608***	–0,1264	– 0,0814	0,5337***	0,4053**
Nitrógeno					
0– 5 cm	0,3598**	–0,0457	– 0,0253		
0–20 cm	0,0369	0,0771	– 0,4486***		
Contribución específica					
T. subterráneo	0,2321*				
Gramíneas	–0,1974	–0,7771***			

*P ≥ 0,05; ** P ≥ 0,01; *** P ≥ 0,001

Consideraciones sobre la metodología

El tamaño y distribución de las parcelas, permitió manejar el pastoreo sin mayores dificultades. El número mínimo de animales por parcela fue 2 y no subió a más de 3 ó 4. Como no todos los tratamientos se pastorearon al mismo tiempo, el número de animales necesarios fue alrededor de 20. Estos animales se usaron 3 ó 4 períodos de 10 días, en la primavera.

El sistema de pastoreo utilizado, que pretendió simular lo que ocurre bajo pastoreo continuo, permitió una buena resiembra. Ello determinó que las evaluaciones de m.s. durante los cuatro años del experimento representaran mejor la respuesta a los tratamientos de fertilizantes que en el experimento bajo corte (Acuña y otros, 1982). En este punto, se considera que la mantención de un residuo post-pastoreo de 1.500 kg/ha de m.s. durante la primavera, aseguró la persistencia de trébol. Ello podría ser simulado con una máquina que permita regular la altura del corte.

El efecto del pisoteo, en gran medida afectado por el comportamiento del animal dentro de pequeños potreros (Gardner, 1983), parece no diferir mucho de lo que ocurre en parcelas grandes. Los pastoreos fueron pocos y por períodos cortos durante la primavera, (cuando el suelo estaba más húmedo), por lo cual el efecto negativo del pisoteo excesivo no fue aditivo en los años. La mantención de al menos dos animales en cada potrero y la presencia de otros en las parcelas vecinas, así como la permanencia de éstos por lo menos 48 hr en cada parcela, hace que su comportamiento tienda a ser parecido a lo que se espera en potreros grandes.

Las devoluciones de N y K están mostrando que estos elementos ciclan (en estas pequeñas parcelas) a través del animal, como ocurre en un potrero bajo pastoreo. Los resultados del experimento bajo cortes sin pastoreo (Acuña y otros, 1982), mostraron un aumento significativo de la producción, por efecto de K, en el primer año. Esto no sucedió bajo pastoreo, lo cual coincide con lo encontrado por Morton (1981), al comparar la respuesta a dosis de K en producción de m.s., con y sin pastoreo, en trébol blanco con gramíneas. Todo lo anterior, hace pensar que la información obtenida con relación a la dinámica de los elementos nutritivos en el suelo, se aproxima mucho a una situación real bajo pastoreo.

El método de evaluación de producción de m.s., (rendimiento comparativo, Haydock y Shaw, 1975), requiere de una cuidadosa elección de los estándares, especialmente para estimar el residuo. Este es muy desuniforme, debido a la presencia de manchones y sectores donde el animal corta muy bajo. Los novillos

holandeses, usados el segundo y tercer año, dejaron un residuo más desuniforme que los herefords, usados el primer año. Los ovinos usados en el cuarto año, consumieron en forma más pareja que los bovinos y la evaluación fue más fácil.

Los estándares (0,25 m²) fueron cortados a ras de suelo y los valores de los coeficientes de determinación (r²) de las regresiones calculadas para cada parcela, fueron muy próximos a 1. Se necesitó alrededor de 30 min (un observador y dos ayudantes) para evaluar la cantidad de pasto presente en cada parcela. Como el secado de las muestras demora, se asumió un contenido aproximado de m.s., para hacer una estimación de la disponibilidad de forraje y determinar el número de animales por parcelas. Estos últimos no fueron pesados, sólo se estimó su peso.

El error estándar de las medias anuales de producción de m.s. del experimento de trébol subterráneo bajo corte sin pastoreo (Acuña y otros, 1982), fue 0,518 ton/ha y el del experimento bajo pastoreo, fue 0,358 ton/ha (promedio de las 4 temporadas). El número de repeticiones estaría de acuerdo con lo recomendado por Large, Cobby y Baker (1985), para tener una aceptable precisión en experimentos bajo pastoreo, cuando se compara la producción de m.s.

La técnica usada para medir los cambios de la composición botánica, se escogió porque permite seguir la evolución de este factor con mucha exactitud, sin producir ninguna alteración en las parcelas. Se necesitó entre 30 y 40 min por línea con dos personas. Sería posible obtener resultados parecidos, registrando sólo el primer contacto (determinando el porcentaje de cubierta para las especies más importantes), con un gran ahorro de tiempo. Sería deseable tomar muestras, para tener el aporte en peso de cada especie y material para análisis de plantas. Sin embargo, es necesario restringir al máximo el área cortada con tijeras a ras de suelo, cuando se trabaja con parcelas pequeñas bajo pastoreo.

CONCLUSIONES

- La pradera presenta una alta respuesta a las aplicaciones de P, aumentando la contribución del trébol subterráneo, en una primera etapa, y la producción de m.s. Las máximas producciones físicas se alcanzarían con alrededor de 80 kg/ha de P al año, pero el máximo incremento por kilo de P aplicado, está entre 22 y 44 kg/ha/año. No hubo respuesta a K ni interacción P x K.
- La máxima contribución del trébol subterráneo fue alcanzada en 1984 (4ta temporada de producción). Al final de ese ciclo de crecimiento, se alcanzó

altos contenidos de N en el suelo (70 ppm, en 0 a 20 cm). Luego, la contribución del trébol y producción de m.s. total tendió a disminuir. Ello indicaría la conveniencia de intercalar un cultivo de cereal, con el objeto de disminuir el N disponible del suelo.

— Tanto el P como el N tienden a acumularse en el estrato superficial del suelo, por lo cual los muestreos para diagnosticar deficiencias de estos elementos, no deberían ir más allá de 10 cm de profundidad.

— El uso de pequeñas parcelas bajo pastoreo, presentaría ventajas con respecto a los experimentos de corte, sin intervención del animal. Estudios de fertilización, productividad y persistencia de especies forraje-

ras, planificados a largo plazo, podrían predecir con buena aproximación lo que realmente ocurre bajo pastoreo.

— Máximo cuidado debe ponerse en las mediciones de m.s. Las metodologías para tales mediciones deberían ser estudiadas con más detenimiento.

— Pese a que el costo de estos estudios es inferior al de experimentos con animales en parcelas de tamaño normal, éste no es bajo, comparado con el de experimentos en parcelas pequeñas, sin pastoreo. Por ello, su uso debería restringirse a situaciones donde, de acuerdo con los objetivos, las ventajas potenciales de esta metodología sean aprovechadas al máximo.

RESUMEN

El experimento se condujo durante cuatro temporadas (1982/83 a 1985/86) de crecimiento, en una pradera de trébol subterráneo sembrada en 1981, en un suelo "trumaó" de la precordillera de Biobío. Se estudió el efecto de cuatro dosis de P (0, 22, 44 y 132 kg/ha/año) con y sin K (84 kg/ha), en la producción de m.s. total, la composición botánica y los cambios en el contenido de N, P y K disponible en el suelo. Se usó parcelas de 350 m², bajo pastoreo con novillos u ovejas. La producción de m.s. se midió por diferencia, evaluando la disponibilidad final y la inicial del siguiente pastoreo, mediante la técnica del "rendimiento comparativo". La composición botánica se estudió en líneas fijas, utilizando la técnica del "point quadrat".

Se presenta las curvas de respuestas a P, por temporada. Los rendimientos máximos se alcanzaron con alrededor de 80 kg/ha de P al año, pero la máxima respuesta por kilo de P aplicado, estaría entre 22 y 44 kg/ha/año. No hubo efecto de K ni interacción P x K.

La contribución del trébol aumentó significativamente al aumentar la aplicación de P, en la primera temporada; pero disminuyó con la dosis de 132 kg/ha de P al año, en la cuarta temporada experimental. Lo anterior, se asoció con un incremento de las gramíneas y otras especies espontáneas al aumentar la respuesta a P de éstas últimas, en presencia de altos niveles de N en el suelo.

El N disponible aumentó con los años, desde 34 ppm en 1983, a 176 ppm en 1986, como promedio de todos los tratamientos. El P del suelo subió de 10 a 18 ppm, en los tratamientos con 22 y 44 kg/ha de P aplicado, y de 10 a 43 ppm, en el tratamiento con 132 kg/ha de P al año, entre 1982 y 1986.

El uso de parcelas pequeñas bajo pastoreo, presentaría algunas ventajas sobre las parcelas manejadas bajo corte, para evaluar la respuesta a P en este tipo de praderas.

LITERATURA CITADA

ACUÑA P., HERNAN, AVENDAÑO R., JULIA, SOTO O., PATRICIO y OVALLE M., CARLOS. 1982. Praderas de secano en las regiones del Maule y Biobío. Boletín Técnico Nº 54 (15 QU), Estación Experimental Quilamapu (INIA), Chillán, Chile. 105 p.

BREMNER, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: Black, C.A. (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy. p.: 1179-1237.

CHAPMAN, H.D. y PRATT, P.A. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y agua. Editorial Trillas, México. 195 p.

DAGET, Ph. et POISSONNET, J. 1971. Une methode d'analyse phytologique des prairies, criteres d' application. Annales Agronomiques 22: 5-41.

- GARDNER, A.L. 1983. Evaluación por corte y por pastoreo en parcelas pequeñas: comparación de resultados. En: "Germinoplasma forrajero bajo pastoreo, en pequeñas parcelas". Metodologías de evaluación. O. Paladines y C. Lascano (Ed.) CIAT, Colombia. p.: 107–120.
- HAYDOCK, K.P. and SHAW, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry, Volume 15 (October): 663–670.
- KLEE G., GERMAN, RUIZ N., IGNACIO y ACUÑA P., HERNAN. 1984. Evaluación de sistemas de producción de carne en la precordillera de Biobío. 1. Un sistema utilizando sólo trébol subterráneo como recurso alimenticio. Agricultura Técnica (Chile) 44 (1): 27–38.
- LARGE, R.V., COBBY, J.M., and BAKER, R.D. 1985. The design and conduct of experiments to measure animal and herbage production responses to fertilizer nitrogen under cutting and grazing managements. Journal Agricultural Sciences (Cambridge) 104: 85–94.
- MORTON, J.D. 1981. Influence of trial management on pasture response to potassium on a pakihi soil. New Zealand Journal Experimental Agriculture 9: 271–277.
- OLSEN, S.R. and DEAN, L.A. 1965. Phosphorus. In: Black, C.A. (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part II. American Society of Agronomy. p.: 1035–1237.
- WOLFE, E.C. and LAZENBY, A. 1973a. Grass–white clover relationships during development. 1. Effect of superphosphate. Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry 13: 567–574.
- WOLFE, E.C. and LAZENBY, A. 1973b. Grass–white clover relationships during pasture development. 2. Effect of nitrogen fertilizer with superphosphate. Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry 13: 575–580.