

Efecto de cuatro niveles de fósforo en la producción de carne de una pradera de trébol blanco y ballica. I. Producción¹

Germán Klee G.², Ignacio Ruiz N.³ y Ernesto Jahn B.³

INTRODUCCION

Experimentos realizados en Chile y en el extranjero han demostrado que la fertilización fosfatada es una de las principales prácticas para incrementar la producción de las praderas a base de leguminosas, ya que se aumenta en forma considerable el rendimiento de materia seca (Oohara *et al.*, 1970; INIA, 1970; Reid y Jung, 1974; Rockefeller Foundation, 1962). Sin embargo, cabe destacar que en estudios chilenos la respuesta a la fertilización fosfatada en el rendimiento de la pradera sólo excepcionalmente se ha evaluado como producto animal. Un experimento realizado con animales en la Estación Experimental La Platina (Santiago, Chile) indicó que la aplicación de fósforo en dosis de 200 Kg P₂O₅/ha no presentó mayores rendimientos para la pradera de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y ballica perenne (*Lolium perenne* L.) comparada con una dosis de 100 Kg P₂O₅/ha/año (Morel y Rivadeneira, 1967). En la Subestación Experimental Humán (Los Angeles, Chile), en un ensayo de dos años de duración, una dosis anual de 80 Kg P₂O₅/ha como fertilización de mantención, aumentó la producción de carne en 10-11% en una pradera de trébol blanco-ballica perenne (INIA, 1970). Con el presente experimento se pretende obtener antecedentes sobre el efecto de cuatro niveles de fertilización fosfatada en la producción de carne de una pradera mixta de riego, establecida en un suelo "trumao" el cual, en general, presenta gran respuesta a la fertilización fosfatada.

¹Recepción originales: 14 de junio de 1979.

Los autores agradecen al Servicio de Análisis de Suelo de la Estación Experimental Quilamapu, Chillán, por la realización de los análisis de suelo.

²Ing. Agr., Subestación Experimental Humán, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 767, Los Angeles, Chile.

³Ing. Agr., Ph. D., Estación Experimental Quilamapu, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 426, Chillán, Chile.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó durante cinco temporadas consecutivas (1967-1972) en la Subestación Experimental Humán (Los Angeles, Chile), en un suelo que corresponde a un andept (trumao) serie "Humán", de origen volcánico. Suelos similares fueron descritos por Espinoza y Riquelme (1967); una característica muy especial del suelo es una alta capacidad de fijación de fósforo.

Se utilizó una pradera mixta de trébol ladino-ballica perenne que fue sembrada en septiembre de 1966 en dosis de 2 y 8 Kg/ha para el trébol y ballica, respectivamente. Al momento de la siembra se fertilizó con 138 Kg P₂O₅/ha. Debido a la baja población de gramíneas existentes en la mezcla, durante mayo de 1968 se resembró la ballica con una regeneradora de praderas.

A partir del segundo año de la pradera, ésta se subdividió en ocho sectores de una hectárea, asignándose dos repeticiones a cada uno de los tratamientos siguientes, en un diseño de bloques al azar:

- I. Sin fertilización
- II. Aplicación anual de 50 Kg P₂O₅/ha
- III. Aplicación anual de 100 Kg P₂O₅/ha
- IV. Aplicación anual de 200 Kg P₂O₅/ha

El fosfato se aplicó en forma de superfosfato triple (46% P₂O₅) al voleo. En el tratamiento II la dosis se aplicó de una sola vez, en primavera (septiembre u octubre de cada año). Durante las primeras dos temporadas de pastoreo, en los tratamientos III y IV se aplicó la mitad de la dosis en primavera y la otra mitad en otoño; a partir de septiembre de 1969 en todos los tratamientos se aplicó la dosis completa en primavera.

Se emplearon novillos holandeses de 200-

300 Kg, que pastorearon bajo una carga variable en la forma descrita por Ruiz y Caballero (1967), con un mínimo de 2 animales testigos por parcela. Durante los primeros años se mantuvo un sistema de pastoreo rotativo con 3 divisiones en cada potrero. Posteriormente sólo se trabajó con pastoreo continuo.

Las temporadas de utilización de las praderas abarcaron normalmente desde septiembre a abril, que coinciden con el período de crecimiento de la pastura. El rezago de la pradera durante el período de pastoreo fue variable, de acuerdo a la estación del año, pero casi siempre fluctuó entre 2 y 3 semanas. El residuo al terminar el pastoreo, normalmente fue de 3-5 cm. Se regó por sistema de "riego tendido" con una frecuencia de 2-3 semanas, completándose un total de 8-10 riegos en la temporada.

Los animales se pesaron cada 4 semanas con destare de 14-15 horas y fueron vacunados y tratados contra las principales enfermedades de la zona.

En diversas fechas se efectuaron análisis botánico de cada potrero empleando el "método de separación manual". Durante los años 1970-1972 se realizaron análisis de los primeros 20 cm de suelo, completándose 9 determinaciones por potrero-repetición en diferentes épocas del año; los análisis se realizaron de acuerdo a las normas del laboratorio de Servicios de Análisis de Suelo de la Estación Experimental Quilamapu; el nitrógeno se determinó por el método de Bremer, el fósforo se determinó por el método Olsen, la materia orgánica según Springler y Klee, el potasio se midió en acetato de amonio, 1 N a pH 7 y el pH se midió en una relación suelo:agua 1:2,5.

El análisis de varianza se efectuó para cada año y para la combinación de los 5 años. Igualmente para el total de los 5 años se probaron diversos modelos de regresión para establecer curvas de respuesta. Estos análisis de regresión se realizaron para los parámetros de respuesta animal y niveles de fósforo en el suelo. El R^2 está expresado como porcentaje de la variación del tratamiento explicado por la regresión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Ganancia por animal.

Los aumentos diarios de los novillos en los diferentes tratamientos no mostraron diferencias apreciables ni consistentes en su respuesta a las dosis de fósforo (Cuadro 1). Existió cierta diferencia no significativa ($P \geq 0,05$) entre el testigo y el resto de los tratamientos, no presentándose ninguna tendencia clara entre las dosis de 50-100 y 200 Kg de P_2O_5 /ha.

La literatura no señala efectos muy claros en cuanto a la influencia de la fertilización fosfatada en el aumento de peso vivo de un animal a pastoreo. Como lo indican Reid y Jung (1974) se presentan dificultades en interpretar la información cuando se ha trabajado con mezclas de leguminosas y gramíneas, pues el fósforo normalmente cambia la composición botánica, lo cual de por sí pudiera ser un factor indirecto que altere la ganancia del animal. En caso de mayor ganancia ésta bien pudiera deberse a una composición química más favorable del follaje en la pradera fertilizada; especialmente si se trata de suelos con severa deficiencia de fósforo, como ocurre mucho en los trópicos, la aplicación de fosfato al suelo incrementa el nivel de fósforo en el follaje a valores que mejoran la ganancia del animal (Reid y Jung, 1974). Sin embargo, también es muy probable que el mayor crecimiento del follaje, por causa de la fertilización, signifique una presión de pastoreo más liviana, lo cual redundaría en un mayor consumo de materia seca en los animales mantenidos en la pradera fertilizada.

En términos generales, y como lo destacan Carter y Day (1970), el efecto principal de la fertilización reside en un incremento de la producción de forraje y, por lo tanto, en la carga animal, antes que en la calidad de dicho forraje (ganancia por animal). Los datos encontrados en el presente trabajo coinciden con esta última aseveración.

Capacidad talajera.

La capacidad talajera (carga animal) aumentó a medida que se incrementó la fertilización, observándose un gran incremento entre 0 y 50 Kg P_2O_5 /ha/año (Cuadro 1). Para el promedio de los 5 años, la ecuación logarítmica resultó significativa ($P \leq 0,05$) con un $R^2 = 0,73$ (Cuadro 2). En promedio la carga animal (valor predicho) fue incrementada en 0,40; 0,47 y 0,54 novillos/ha/año, con la dosis de 50, 100 y 200 Kg de P_2O_5 /ha/año, respectivamente. Expresado en otra forma ello significa un aumento en el número de días-novillos/ha/año de 2,94; 1,72 y 0,99 por cada Kg de P_2O_5 aplicado en los 3 tratamientos respectivos (Cuadro 3).

La diferencia entre el testigo y los tratamientos fertilizados tendió a hacerse mayor desde el primero al quinto año de imponerse los mismos tratamientos. Así, la dosis de 200 Kg P_2O_5 /ha mejoró la capacidad talajera respecto al testigo, en 10; 27 y 50% durante la primera, tercera y quinta temporada de iniciarse los tratamientos. Por otra parte, la diferencia entre 50; 100 y 200 Kg fue muy leve a través de las diferentes temporadas (Cuadro 1).

Cuadro 1 — Resultados generales de producción animal para cada año del experimento.

Kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$	Aumento Diario Novillos- Testigos	Días-novillo/ha ¹ corregidos (y carga) ²	Peso vivo/ha, Kg ³ (Ganancia testigos por días corregidos)
1ª Temporada (Sept. 67-abril 68: 193 días)			
0	1,04	906 (2,49)	952
50	1,08	1.010 (2,77)	1.090
100	1,13	862 (2,36)	968
200	1,09	1.000 (2,74)	1.081
2ª Temporada (26 Sep. 68-29 abril 69: 215 días)			
0	0,90	1.130 (3,10)	1.015
50	0,94	1.245 (3,41)	1.170
100	1,06	1.118 (3,06)	1.175
200	0,98	1.242 (3,40)	1.214
3ª Temporada (27 Sept. 69-7 mayo 70: 223 días)			
0	0,82	964 (2,64)	798
50	0,95	1.090 (2,99)	1.034
100	1,12	1.031 (2,82)	1.160
200	0,82	1.222 (3,35)	998
4ª Temporada (17 sept. 70-28 abril 71: 224 días)			
0	0,88	803 (2,20)	708
50	0,81	1.144 (3,13)	926
100	0,90	1.022 (2,75)	911
200	0,98	1.168 (3,20)	1.151
5ª Temporada (15 sept. 71-28 abril 72: 226 días)			
0	0,88	686 (1,88)	606
50	0,84	958 (2,62)	807
100	1,02	969 (2,65)	1.000
200	1,07	1.026 (2,81)	1.070

¹Los días-novillos corregidos a peso metabólico de 300 Kg están calculados según la fórmula siguiente:

$$\frac{(Pi + Pf)/2^{0,75}}{300^{0,75}} \times \text{días}$$

Pi = peso inicial
Pf = peso final

²Las cifras entre paréntesis indican la carga diaria/hectárea/año.

³El peso vivo/ha es el producto del aumento diario de los novillos testigos por los días-novillos corregidos.

Cuadro 2 — Promedio de 5 años para aumento diario, días-novillo y carga/ha, valores observados y valores predichos por una función logarítmica.

Kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$	Aumento diario novillos "testigos" Kg	Días novillos/ha/año Corregidos
		Valores observados ¹
0	0,90	898 (2,46)
50	0,92	1.089 (2,98)
100	1,05	996 (2,73)
200	0,98	1.132 (3,10)
		Valores predichos ²
0		900 (2,47)
50		1.047 (2,87)
100		1.072 (2,94)
200		1.097 (3,01)

¹Las cifras entre paréntesis indican la carga diaria/hectárea/año.

²No se indican valores predichos para ganancia diaria ya que ninguna de las ecuaciones probadas resultó significativa ($P \geq 0,05$). Los valores predichos de días-novillo/ha se obtuvieron según la ecuación $Y = 900 + 86 \log (X + 1)$; donde Y = días novillo/ha/año; X = Kg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha/año}$.

Cuadro 3 — Producción extra obtenida por cada Kg de P_2O_5 aplicado. Promedio de valores predictos para 5 años.

Kg P_2O_5 /ha	Días-novillo /ha/año ¹	Peso vivo /ha/año ²
0	—	—
50	2,94	4,08
100	1,72	2,39
150	1,25	1,73
200	0,99	1,38

¹Días-novillo corregidos a 300 Kg de peso vivo.

²Producción basada en la ganancia de los novillos testigos × días-novillo corregidos a 300 Kg de peso vivo.

Peso vivo por hectárea.

La producción de peso vivo por hectárea aumentó a medida que aumentó la fertilización (Cuadro 2). La regresión logarítmica resultó significativa ($P \leq 0,05$, Figura 1) con $R^2 = 0,99$, lo cual indica que a mayor dosis de fósforo se aumenta la producción de peso vivo por hectárea, pero la producción extra de carne por cada kilogramo de P_2O_5 aplicado disminuye a medida que sube la dosis; como se aprecia en el Cuadro 3, para dosis de 50; 100 y 200 Kg de P_2O_5 /ha/año se obtuvieron 4,08; 2,39 y 1,38 Kg/ha adicional de peso vivo por cada Kg de P_2O_5 aplicado.

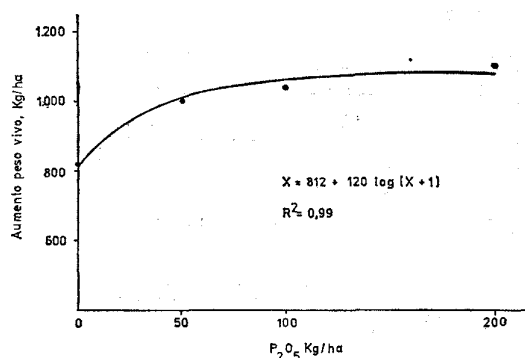


Figura 1 — Aumento de peso vivo, promedio 5 años: • Valores observados, Y = aumento de peso vivo Kg/ha/año y X = Kg de P_2O_5 /ha/año.

Cabe considerar que el incremento de la producción por ha fue una consecuencia directa del efecto del fertilizante en la carga animal y no un efecto de la ganancia por animal.

La diferencia de producción entre el testigo y los tratamientos fertilizados tendió a hacerse mayor desde el primer al quinto año de haber-

se impuesto los tratamientos; así el tratamiento de 200 Kg de P_2O_5 /ha incrementó la producción sobre el testigo en 14; 25 y 77% durante el primer, tercer y quinto año, respectivamente (Cuadro 1). Estas diferencias, más bien pequeñas durante los primeros años, pueden deberse a la alta dosis de fósforo aplicado a la siembra, fósforo que se fue agotando a través de los años.

Análisis botánico.

Durante el primer año se tuvo, en general, un gran dominio de trébol. Con la resiembra de ballica en el otoño de 1968, ésta incrementó su porcentaje apreciablemente dentro de la mezcla (Cuadro 4). En general, puede decirse que los tratamientos no influyeron apreciablemente en la composición botánica, aunque se observó visualmente una mayor presencia de diente de león (*Taraxacum officinale* Weber), especialmente en la época de floración de éste, en el tratamiento sin fertilizante comparado con los fertilizados.

Cuadro 4 — Composición botánica de las praderas durante diferentes etapas del experimento. Porcentaje en base a materia seca.

Tratamiento (Kg P_2O_5 /ha/año)	Trébol blanco	Ballica perenne	Malezas
Octubre 1967			
0	88,9	8,2	2,9
50	84,4	11,6	4,0
100	86,6	10,8	2,7
200	75,9	20,4	3,7
Octubre 1968			
0	45,1	52,9	2,0
50	18,6	72,7	7,7
100	17,2	77,8	5,0
200	37,1	61,4	1,5
Marzo 1969			
0	90,1	5,7	4,2
50	68,7	20,3	11,0
100	84,4	11,3	4,5
200	82,4	13,3	4,3
Octubre 1969			
0	27,0	68,7	4,3
50	23,9	67,8	8,3
100	24,8	70,0	5,2
200	24,1	73,7	2,2

Análisis de suelo

El nivel de fósforo en el suelo aumentó exponencialmente con el aumento de la fertilización fosfatada (Figura 2). Esto indicaría una posible acumulación de fósforo en el suelo, especialmente en los niveles sobre 100 Kg de P_2O_5 /ha; resultados parecidos fueron encontrados por Wolfe y Lazenby (1973) en Australia.

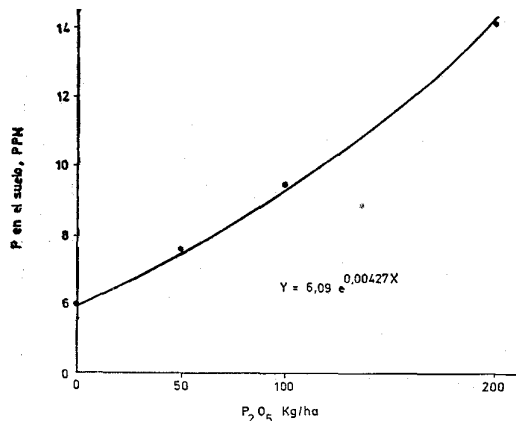


Figura 2 — Niveles de P en el suelo; promedio de 9 determinaciones en los 2 últimos años de ensayo: • Valores observados, Y = P en el suelo (ppm) y X = fósforo aplicado al suelo en Kg P_2O_5 /ha/año.

Según Rodríguez¹ no se esperan grandes aumentos en la producción de forraje cuando el nivel de fósforo en el suelo pasa de 8 ppm; ello concuerda con lo observado en el presente trabajo ya que la respuesta en producción animal fue pequeña cuando la fertilización fue mayor de 50 Kg de P_2O_5 /ha/año. No se observó efecto del tratamiento sobre niveles de nitrógeno, materia orgánica y pH en el suelo (Cuadro 5). Se observó una tendencia a disminución en el contenido de potasio del suelo a medida que aumentó la aplicación de fósforo ($P \geq 0,05$), lo cual se debería al mayor uso que implica el mayor desarrollo del follaje por acción del fosfato.

Análisis económico.

Los resultados del análisis económico de los datos obtenidos en el presente trabajo se presentan en la parte II de este artículo (Franco *et al.*, 1980).

¹Rodríguez, N. Estación Experimental Quilamapu, INIA. Comunicación personal.

Cuadro 5 — Promedios generales de los análisis de suelo.

Tratamiento (Kg P_2O_5 /ha)	Nitrógeno ppm	Potasio meq./100 g	Materia Orgánica %	pH
0	36,5 ¹ ± 24,3	0,63 ± 0,40	8,28 ± 0,98	6,3 ± 0,25
50	51,4 ± 45,3	0,60 ± 0,43	8,98 ± 0,77	6,2 ± 0,31
100	31,1 ± 33,1	0,42 ± 0,32	8,55 ± 0,98	6,3 ± 0,20
200	36,6 ± 28,0	0,44 ± 0,26	9,02 ± 1,27	6,2 ± 0,21

¹Cada valor representa un promedio de 18 muestras compuestas de suelo.

RESUMEN

Durante 5 temporadas consecutivas (1967-1972) se evaluó el efecto de 4 niveles de fertilización de mantención (0, 50, 100 y 200 Kg de P_2O_5 /ha/año) sobre la producción de una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens* L.)-ballica perenne (*Lolium perenne* L.). El ensayo se realizó en la Subestación Experimental Humán (Los Angeles, Chile) en un suelo trumao serie "Humán" de origen volcánico (andep^t). El fosfato se aplicó al voleo en la forma de superfosfato triple. Cada tratamiento se evaluó en dos parcelas de 1 ha cada una, utilizando novillos holandeses de 200-300 Kg al inicio de cada temporada, los que pastorearon en un sistema de carga variable.

Los aumentos de peso diario de los novillos no fueron diferentes ($P \geq 0,05$) entre los 4 tratamientos. La carga animal aumentó a medida que aumentó la fertilización fosfatada de acuerdo a la curva $Y = 900 + 86 \log (X + 1)$, donde $Y =$ días-novillo/ha y $X =$ Kg P_2O_5 /ha/año, observándose un gran aumento al subir de 0 a 50 Kg de P_2O_5 /ha/año. El aumento de peso vivo por ha fue descrito por la curva $Y = 812 + 120 \log (X + 1)$ donde $Y =$ Kg aumento de peso vivo/ha/año y $X =$ Kg P_2O_5 /ha/año. El nivel de fósforo en el suelo aumentó exponencialmente con el incremento de la fertilización fosfatada.

S U M M A R Y

EFFECT OF FOUR LEVELS OF PHOSPHORUS ON BEEF PRODUCTION OF A WHITE CLOVER-PERENNIAL RYEGRASS PASTURE. I. PRODUCTION

During a 5 years period (1967-1972) the effect of four levels of maintenance fertilization (0, 50, 100 and 200 Kg P_2O_5 /ha/year) on the production of a white clover (*Trifolium repens* L.)-ryegrass (*Lolium perenne* L.) pasture, was evaluated. The soil is of a volcanic ash type ("andept"), located at "Humán" Experiment Substation (Los Angeles, Chile). The fertilizer was topdressed as triple superphosphate. Each treatment had 2 replicates, of one hectare each, which were utilized with a "put and take" system, using Holstein steers weighing 200-300 Kg at the beginning of each grazing season. Daily weight gains were not significantly ($P \geq 0.05$) different between the four treatments. Stocking rate increased with increasing phosphate fertilization. The response curve was: $Y = 900 + 86 \log (X + 1)$, where $Y =$ steer-days/ha and $X =$ Kg P_2O_5 /ha/year. There was a great increase in stocking rate when phosphate was increased from 0 to 50 Kg P_2O_5 /ha. Liveweight gain per hectare was expressed as: $Y = 812 + 120 \log (X + 1)$, where $Y =$ liveweight gain in Kg/ha/year and $X =$ Kg P_2O_5 /ha/year. The greatest increase in production was obtained when phosphate was raised from 0 to 50 Kg/ha/year. Soil P increased exponentially with increased phosphate fertilization.

LITERATURA CITADA

- CARTER, E. D. and DAY, H. R. 1970. Interrelationships of stocking rate and superphosphate rate on pasture as determinants of animal production. I. Continuously grazed old pasture land. *Aust. J. Agr. Res.* 21: 473-491.
- ESPINOZA G., V. y RIQUELME F., E. 1976. Caracterización química de dos ardepts (trumaos) de la provincia de Nuble (Chile): Arrayán y Sta. Bárbara. *Agricultura Técnica (Chile)*. 36: 49-58.
- FRANCO P., I., JAHN B., E., KLEE G., G. y RUIZ N., I. 1980. Efecto de cuatro niveles de fósforo en la producción de carne de una pradera de trébol blanco y ballica. II. Nivel óptimo económico. *Agricultura Técnica (Chile)*. 40 (1): 32-37.
- INSTITUTO INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA), Chile. 1970. Investigación Agropecuaria, pp. 198-199.
- MOREL V., F. y RIVADENEIRA A., H. 1967. Pastoreo de una mezcla de trébol ladino y ballica inglesa con distintos tipos de fertilización. Estudio de la potencialidad de esta mezcla para producción de carne bovina. *Agricultura Técnica (Chile)* 27: 150-160.
- OOHARA, H., YOSHIDA, N., OOHARA, Y., DRAKE, M. and COLBY, W. C. 1970. Effects of rates and methods of fertilizer phosphorus application on establishment, yield and mineral content of perennial legume and grass forage plants grown on volcanic ash soil. *Proc. XI Int. Grassl. Congr.* pp. 363-366.
- REID, R. L. and JUNG, C. A. 1974. Effects of elements other than nitrogen on the nutritive value of forage. *In: Forage utilization* (D. A. Mays, editor). Madison, pp. 395-435.
- ROCKEFELLER FOUNDATION. 1962. Forage. *In the Rockefeller Foundation. Program in the agricultural sciences.* New York pp. 213-221 (Annual report 1961-1962).
- RUIZ N., I. y CABALLERO D., H. 1967. Comparación del rendimiento de una pradera de trébol ladino y ballica inglesa utilizando sistemas de pastoreo rotativo y continuo. *ALPA Mem.* 2: 91-105.
- WÖLFE, E. C. and LAZENBY, A. 1973. Grass-white clover relationships during pasture development. I. Effect of superphosphate. *Aust. J. Exp. Agric. and Animal Husbandry* 13: 567-574.