

Publicado en: Revista Argentina de Producción Animal Vol 20 N° 2:113-121. 2000.

## FERTILIZACION FOSFATADA DE PASTURAS EN EL SUDESTE BONAERENSE.

### II – EFECTO DE LA APLICACION DE NITROGENO SOBRE LA RESPUESTA A FOSFORO

*Pasture phosphorus fertilization in the Southeast of Buenos Aires Province.*

**II – Effect of nitrogen application on phosphorus fertilization response**

***Marino, M. A. y Berardo, A<sup>1</sup>.***

***Unidad Integrada Balcarce (FCA – EEA INTA Balcarce)***

### RESUMEN

En el trabajo precedente se presentó el efecto de la aplicación de fósforo (P) sobre la producción de materia seca (MS) de pasturas consociadas. Sin embargo, durante fin del invierno y principio de la primavera el crecimiento de las gramíneas, especies que por lo general aportan la mayor proporción de MS en las pasturas, está severamente restringido por la escasa disponibilidad de nitrógeno (N) en el suelo. El menor crecimiento de la pastura causado por deficiencias de N, suele afectar también la respuesta a P. Para obtener información local de los efectos de la aplicación de N sobre la producción de forraje, se condujo un ensayo entre 1995 y 1998 en la Unidad Integrada Balcarce. Se utilizaron 4 dosis de P (0, 25, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup>) aplicado en la siembra de la pastura y dos tratamientos de fertilización con N (0 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de N) aplicado anualmente en agosto. Se determinó la producción anual de MS, la absorción de P por la pastura y la "recuperación aparente" del P aplicado para cada tratamiento. La aplicación de P y de N aumentó significativamente la producción de MS, con excepción del tercer año, cuando la escasez de precipitaciones redujo sensiblemente el crecimiento de la pastura. La respuesta a P sin el agregado de N, se redujo en un 40 a 50 % con relación a la alcanzada con la aplicación de 100 N. La pastura consociada en años con precipitaciones normales alcanzó una producción anual de 5.000 a 6.000 kg ha<sup>-1</sup> en los testigos, de 8.000 a 10.000 kg ha<sup>-1</sup> de MS con el agregado de P sólo y, de 12.000 a 13.000 kg ha<sup>-1</sup> con la aplicación combinada de N y P. Las eficiencias totales acumuladas para los 3 años fueron de hasta 219 kg MS por kg de P aplicado.

**Palabras clave:** Fertilización fosfatada, fertilización nitrogenada, producción, pastura consociada.

---

<sup>1</sup> Docentes Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Mar del Plata. Unidad Integrada EEA Balcarce, FCA-UNMdP, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), CC 276 (7620) Balcarce, Buenos Aires, Argentina. E-mails: mmarino@copetel.com.ar; aberardo@laboratoriofertilab.com.ar .

## SUMMARY

In a previous paper the effect of phosphorus (P) application on dry matter (DM) production of mixed pastures was reported. However, during late winter and early spring grass growth, species that represent the highest proportion of DM in pastures, is severely restricted by low soil nitrogen (N) availability. The effect of N deficiency on pasture growth may affect P response. To obtain local information on the effects of N and P application on pasture production in the SE of Buenos Aires Province, an experiment was carried out at the Unidad Integrada Balcarce between 1995 and 1998. Four levels of P were applied at sowing (0, 25, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup>) and two levels of N (0 and 100 kg N ha<sup>-1</sup>) were applied yearly in August. The response to fertilization and its residual effect were evaluated through frequent cuts to measure annual dry matter (DM) production. P extraction and the "apparent recovery" of the P applied were determined for all treatments. P and N application significantly increased dry matter production, except in the third year when a rainfall shortage during the period of the maximum pasture growth took place. Phosphorus response was reduced up to 40-50 % when N was not applied. Annual dry matter productions were 5.000-6.000 kg DM ha<sup>-1</sup>; 8.000-11.000 kg DM ha<sup>-1</sup> and 12.000-13.000 kg DM ha<sup>-1</sup> for the control, maximum rates of P fertilization, and maximum rates of N and P, respectively. Total accumulated efficiencies over the 3 years were up to 219 kg DM per kg P applied.

**Key words:** Phosphorus fertilization, nitrogen fertilization, forage production, mixed pasture

Prohibido su reproducción total o parcial sin consentimiento previo escrito del Autor.

## INTRODUCCION

En el trabajo anterior se corroboró el incremento en la producción de forraje en pasturas consociadas por efecto de la fertilización fosfatada. Esto pone de manifiesto que, el abastecimiento de P edáfico en la región suele ser insuficiente para cubrir los requerimientos de pasturas que potencialmente pueden alcanzar elevados niveles de producción de forraje (más de 10.000 kg ha<sup>-1</sup> de MS) cuando este nutriente no es limitante (Berardo y Marino, 2000). Sin embargo, al mejorar las condiciones de crecimiento por la mayor disponibilidad de fósforo (P), no necesariamente se alcanza la producción máxima si es limitante otro nutriente, como suele ocurrir con el N.

El crecimiento de las gramíneas, especies que suelen aportar la mayor proporción de forraje en las pasturas consociadas, es altamente dependiente de la disponibilidad de N; éste a su vez, al ser constituyente de las proteínas, afecta también la calidad del forraje (Whitehead, 1995; Bittman y Kowalenko, 1998).

Durante la primavera los requerimientos de N en gramíneas de zonas templadas se incrementan sustancialmente para expresar las máximas tasas de crecimiento. A su vez, a fin de invierno y principio de primavera, por las bajas temperaturas disminuye la mineralización y la disponibilidad del N en el suelo, lo que limita aún más el crecimiento de las gramíneas. En consecuencia, la aplicación de N en dicha época incrementa la producción de MS en pasturas consociadas (Berardo y Marino, 1993). Si bien el N agregado estimula el crecimiento de las gramíneas forrajeras (Mazzanti, Marino, Lattanzi, Echeverría, y Andrade 1997), deprime el de las leguminosas al disminuir su capacidad de fijar carbono, debido básicamente al mayor sombreo que ejercen las primeras (Dennis y Woledge, 1985). Este efecto adverso sobre las leguminosas se acentúa cuando las deficiencias de P (Chapman y Hay, 1993) o un manejo inadecuado de la defoliación limitan su crecimiento (Cook, Blair y Lazenby, 1978).

En nuestro país la adopción de la fertilización fosfatada y sobre todo de la nitrogenada en pasturas consociadas es aún baja, a pesar de su generalizada utilización en otras regiones ganaderas templadas del mundo. Actualmente, por la progresiva intensificación de las actividades ganaderas es necesario aumentar la producción de forraje, para lograr así un mayor rendimiento de carne y/o de leche, con un uso más eficiente de los recursos. Para lograr esto, se requiere profundizar la información local referida a los efectos de la aplicación de N sobre la producción de

pasturas bajo diferentes regímenes de fertilización fosfatada que generan contenidos variables de P disponible en el suelo. En este trabajo se estudiaron estos aspectos y se presentan los resultados de tres años de evaluación en una pastura consociada del sudeste bonaerense.

## MATERIALES Y METODOS

En el campo experimental de la Unidad Integrada FCA-EEA INTA Balcarce, Argentina (37°45'S, 58°18'O) fue conducido un ensayo desde marzo de 1995 a marzo de 1998. El 5 de abril de 1995 se sembró una pastura integrada por: *Dactylis glomerata*, *Bromus catharticus*, *Festuca arundinacea*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens*, sembradas a razón de 7, 8, 5, 1,5 y 1,5 kg ha<sup>-1</sup> de semilla viable, respectivamente. Se implantó sobre un argiudol típico con 10,3 ppm de P, 6,4% de materia orgánica y un pH de 6,2. Se estableció un diseño de parcelas divididas en bloques con cuatro repeticiones, siendo definida como parcela principal la dosis de P aplicada en el primer año, y como subparcela la dosis de N. En la siembra del ensayo se aplicaron 4 dosis de P 0, 25, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> como superfosfato triple (20 % de P) las que a partir del segundo año, correspondieron a distintos niveles de disponibilidad de este nutriente. Para cada dosis de P se establecieron dos tratamientos de fertilización anual de N: 0 y 100 kg ha<sup>-1</sup>, bajo la forma de urea. El fertilizante nitrogenado se aplicó al voleo, en agosto de cada año. Las precipitaciones registradas junto con los riegos complementarios efectuados durante el período experimental (debido a las intensas sequías registradas) se indican en el trabajo previo (Berardo y Marino, 2000).

La producción anual de MS se determinó por medio de cuatro cortes periódicos durante el crecimiento primavero-estivo-otoñal en cada uno de los años (1995 a 1998). Se recolectaron los 6 m<sup>2</sup> centrales de cada parcela utilizando una motosegadora automotriz (altura de corte = 2.5 cm). En cada unidad experimental se tomaron dos muestras del forraje cosechado. Una fue utilizada para determinar la composición botánica y la restante fue secada en estufa a 60°C hasta peso constante para estimar el porcentaje de MS en cada tratamiento.

En el material seco y molido se determinó el contenido de P total en planta, mediante la digestión con colorimetría para P (Blanchar, Rehm y Galdwell, 1965). A partir de los contenidos de P en el forraje, se determinó la cantidad total extraída en cada año y durante todo el período de

conducción del ensayo. Estos resultados permitieron estimar la “recuperación aparente” del P aplicado, por diferencia entre los tratamientos inicialmente con P y el testigo.

Los valores de producción de MS anual y acumulada fueron analizados mediante análisis de varianza y comparación de medias de cada tratamiento (Test de Duncan). El nivel de significancia utilizado fue del 5 %.

Se ajustaron regresiones lineales y cuadráticas para describir la respuesta a P y N en cada año y la acumulada en los tres años. La producción de MS estimada con las funciones obtenidas, permitió establecer las eficiencias de cada nutriente (kg MS/kg P aplicado y kg MS/kg N aplicado).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### ***11 – Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la respuesta a la fertilización fosfatada.***

La producción de MS presentó una considerable variación entre años por las deficiencias hídricas que afectaron con distinta magnitud el crecimiento primavero-estival de la pastura. La sequía fue más intensa y prolongada en el tercer período de evaluación (Berardo y Marino, 2000), tal como lo reflejan la menor producción de MS y la baja respuesta a la fertilización fosfatada y sobre todo a la nitrogenada (Cuadro 1). Por esta razón, los períodos de crecimiento evaluados fueron: desde el 26/09/95 al 29/04/96, desde el 03/10/96 al 03/03/97 y desde el 07/10/97 al 15/04/98 en el primero, segundo y tercer año, respectivamente.

A pesar de las restricciones hídricas mencionadas, los efectos de ambos nutrientes sobre la producción anual de MS fueron significativos en el primer y segundo año (Cuadro 1), y sobre la producción acumulada (Cuadro 2). La interacción entre ambos nutrientes resultó estadísticamente significativa sólo cuando se consideró la producción acumulada de MS (Cuadro 1), con una tendencia similar ( $P < 0.1$ ) en el primer año.

La aplicación de N aumentó significativamente la producción de MS, con una respuesta variable entre años y entre dosis de P (Cuadro 1). Con la aplicación de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N las mayores dosis de P (P 50 y P 100) incrementaron en promedio la producción anual de MS en  $3.076$ ,  $2.525$  y  $900 \text{ kg ha}^{-1}$  correspondiente a 33%, 26% y 15%, con respecto a los tratamientos sin N en el primero, segundo y tercer año respectivamente (Cuadro 1).

Estos resultados, al igual que los obtenidos en otros trabajos (Berardo y Marino, 1993, Kirkham y Wilkins, 1994; Guaita, Echeverría y Escuder, 1997) ponen de manifiesto la importancia de la fertilización nitrogenada para la producción de forraje, ya que las leguminosas presentes en la mezcla no satisfacen la demanda de N de las gramíneas. Para pasturas consociadas de regiones templado-húmedas Whitehead (1995) menciona una contribución de la fijación simbiótica de N por las leguminosas de hasta un 40% del N total presente en el forraje acumulado.

La eficiencia del N aplicado (kg MS/Kg N) varió según la dosis de P. En la Cuadro 2, se observa que la eficiencia estimada fue menor para las dosis de P0 y P25 con relación a la obtenida con las dosis de P50 y P100. Para la producción acumulada de MS en tres años de estudio, la eficiencia promedio del N fue de 6,3, 10,4, 14,6 y 22,9 kg MS/kg N aplicado con P0, P25, P50 y P100 respectivamente (Cuadro 2). Estos resultados coinciden con los hallados por otros autores (Kirkham y Wilkins, 1994; Duru y Ducrocq, 1997), quienes encontraron que la respuesta a N está condicionada por la disponibilidad de P en el suelo, siendo por lo tanto prioritaria la aplicación de este último cuando su disponibilidad es baja.

Al considerar cada uno de los años (Cuadro 2) la eficiencia de N alcanzó un valor máximo de 32 kg MS/kg N, siendo ésta sensiblemente inferior a la de P cuyo valor máximo fue de 100 kg MS/kg P aplicado (Cuadro 2). Esto debe atribuirse a los altos requerimientos de N con relación a los de P (10:1), aún siendo la recuperación aparente del N aplicado considerablemente más elevada que la del P en cada año de evaluación (Cuadro 3).

Las funciones de respuesta que se indican en la Figura 1 así lo corroboran, siendo los coeficientes lineales que cuantifican la respuesta a N sensiblemente inferiores a los de P; los de N presentan una marcada variabilidad entre años por la mayor incidencia del stress hídrico sobre la respuesta a N con relación a la de P.

La respuesta máxima acumulada en los tres años, estimada a partir del modelo de regresión (Figura 1), fue de 12.500 kg ha<sup>-1</sup> de MS alcanzado con una dosis de 115 kg ha<sup>-1</sup> de P combinado con la aplicación de N. Esta respuesta fue sensiblemente superior a la obtenida con el agregado de P solamente, que fue de 9.000 kg ha<sup>-1</sup> de MS con una dosis de 90 kg ha<sup>-1</sup> de P (Berardo y Marino, 1999).

La aplicación de N incrementó sustancialmente la respuesta a P. En efecto, las eficiencias acumuladas en los tratamientos con la fertilización fosfatada solamente fueron de 118, 108 y 89,0 kg

MS/kg P con 25, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de P (Berardo y Marino, 2000), mientras con la aplicación de N y P sus valores fueron considerablemente más elevados siendo de 219, 193 y 139 kg MS/kg P para las mismas dosis de P, respectivamente (Cuadro 2).

El N incide sobre el crecimiento aéreo de las gramíneas forrajeras principalmente por su acción sobre la extensión foliar (Gastal, Belanger y Lemaire, 1992), por lo tanto la expresión de este efecto es altamente dependiente de las condiciones hídricas durante el rebrote. De todos modos, aún con deficiencias hídricas, en este experimento la magnitud de la respuesta al agregado de N (Cuadro 1) refleja su importancia para lograr una adecuada expresión de la respuesta a P.

En la región, donde la pluviometría anual varía entre 800-900 mm aproximadamente, más del 70% de la producción anual de la pastura consociada está concentrada en el período comprendido entre septiembre y diciembre. En este período se registran en promedio aproximadamente 300 mm de lluvia. Las mayores eficiencias hídricas (kg MS/mm de lluvia) se lograron en los tratamientos con N y P, con un valor máximo de 16,1, siendo intermedios (10,1 a 13,3) los valores alcanzados con el agregado de P solamente. En los testigos y con el agregado de N sólo, debido a la baja respuesta a éste último, las eficiencias fueron inferiores dentro de cada año (Cuadro 4).

La mayor eficiencia hídrica obtenida con el agregado de N junto con el P debe atribuirse a una anticipada cobertura del suelo, asociada básicamente con la mayor expansión foliar de las gramíneas (Mazzanti y otros, 1997), especies que, al igual que en trabajos anteriores (Berardo y Marino, 1993), aportaron la mayor proporción de MS (más del 60%) en la pastura consociada.

De esta manera, a fin de invierno y principio de primavera cuando las bajas temperaturas restringen la mineralización del N en el suelo, la fertilización nitrogenada incrementa las tasas de crecimiento de las gramíneas, especialmente de las especies con mayor capacidad para crecer con temperaturas relativamente bajas como *Lolium* y *Bromus* (Eagles, Williams, Louis y Pollock, 1993; Marino, Mazzanti, Echeverría y Andrade, 1996; Campo, Marino, Lattanzi y Agnusdei, 1998). Por consiguiente, la aplicación de nitrógeno permite anticipar la acumulación de forraje y su utilización hasta 30 días en un período crítico para los sistemas ganaderos (Mazzanti y otros, 1997).

## **2 – Requerimiento de fósforo de la pastura fertilizada con nitrógeno**

La aplicación conjunta de N y P implica un mayor requerimiento de P por la pastura. En efecto, en la Cuadro 3 se indican los consumos de P anuales y acumulados en los tres años para los tratamientos fertilizados con N y P. El contenido de P en el forraje (Cuadro 3) es levemente inferior con relación a los tratamientos que recibieron fertilización fosfatada solamente (Berardo y Marino, 2000). Esta menor concentración de P puede ser atribuida tanto a la mayor producción de la pastura fertilizada con N, como también al incremento en la proporción de gramíneas que la conforman. La "recuperación aparente" de P acumulada a lo largo de tres años para los tratamientos con P50 y P100 fue de 98 y 53 %, respectivamente, siendo considerablemente más elevada que la obtenida sin la aplicación de N que fue de 42 y 38 % para las mismas dosis de P, respectivamente (Berardo y Marino, 2000). Estos resultados manifiestan claramente que para un manejo eficiente de la fertilización fosfatada es necesario tener en cuenta los niveles de producción esperados en cada pradera, que dependen también de la aplicación complementaria de N.

Los resultados obtenidos en este trabajo, indican claramente que la fertilización fosfatada y nitrogenada de pasturas consociadas permite incrementar la producción anual de MS, con lo cual es factible lograr niveles de producción de carne sensiblemente superiores a los obtenidos actualmente en la mayoría de los sistemas de producción de la región Pampeana (Rearte, 1996). Estos efectos sólo se obtendrán cuando se logre una eficiente utilización del forraje producido ya sea a través del pastoreo directo (Cook, y otros, 1978; Rodríguez Palma, Agnusdei, Mazzanti, Echeverría, y Albanese, 1998) o con la realización de reservas. El impacto de la fertilización estratégica con N puede ser aún mayor en aquellos sistemas en los que además de efectuar reservas de forraje, se utilicen gramíneas anuales (verdeos de invierno) para cubrir los períodos de menor crecimiento de las pasturas consociadas (Mazzanti y otros, 1997).

Debe destacarse por último, la necesidad de la aplicación complementaria de N además de P, fundamentalmente en los suelos con un uso agrícola prolongado por la menor disponibilidad de este nutriente y más aún en los sistemas de producción intensiva de carne o de leche.

## CONCLUSIONES

La fertilización fosfatada y nitrogenada de la pastura consociada permitió alcanzar una producción anual de MS de 12.000 a 13.000 kg ha<sup>-1</sup> a partir de testigos de 5.000 a 6.000 kg ha<sup>-1</sup>.

Estos incrementos, por la aplicación de N a fin de invierno, son sustancialmente superiores a los obtenidos en el trabajo previo con la aplicación de P solamente (8000 a 10000 kg ha<sup>-1</sup> de MS).

La cantidad de P a utilizar debe incrementarse cuando se combina con la fertilización nitrogenada por los mayores niveles de producción y de consumo de P de la pradera.

### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto "Evaluación de la dinámica del P en suelos del Sudeste Bonaerense bajo pasturas y cultivos fertilizados" – UNMdP, con personal, equipos e infraestructura de la FCA y de la EEA INTA Balcarce, y los aportes de PASA S.A. e INPOFOS.

### BIBLIOGRAFIA

- Berardo, A. y Marino, M.A. 1993. Eficiencia relativa de un fosfato natural en pasturas cultivadas en molisoles al sudeste bonaerense. Acta XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mendoza. 145-146.
- Berardo, A. y Marino, M.A. 2000. Fertilización fosfatada de pasturas en el sudeste bonaerense. I – residualidad del P aplicado y efecto de las refertilizaciones anuales. En esta publicación.
- Bittman, S. y Kowalenko, C.G. 1998. Whole-season grass response to and recovery of nitrogen applied at various rates and distributions in a high rainfall environment. Canadian Journal of Plant Science, Vol. 78, N° 3: 445-451.
- Blanchar, R.W., Rehm, G. and Galdwell, A.C. 1965. Sulfur in plant materials with digestion with nitric and perchloric acid. Proceedings Soil Science, Vol. 29 N°1: 71-72.
- Campo, S.E., Marino, M.A., Lattanzi, F. y Agnusdei, M. 1998. Crecimiento invierno-primaveral de cebadilla criolla y raigrás anual. 22° Congreso Argentino de Producción Animal, Río Cuarto, Córdoba. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol 18, Sup. 1:125.
- Chapman, D.F. and Hay, M.J.M. 1993. Translocation of phosphorus from nodal roots in two contrasting genotypes of white clover (*Trifolium repens*). Physiologia Plantarum 89: 323-330.
- Cook, S.J., Blair, G.J. and Lazenby, A. 1978. Pasture degeneration. II – The importance of superphosphate, nitrogen and grazing management. Aust. J. Agric. Res. 29:19-29.
- Dennis, W.D. y Woledge, J. 1985. The effect of nitrogenous fertilizer on the photosynthesis and growth of white clover/perennial ryegrass swards. Annals of Botany 55: 171-178.
- Duru, M. y Ducrocq, H. 1997. A nitrogen and phosphorus herbage nutrient index as a tool for assessing the effect of N and P supply on the dry matter yield of permanent pastures. Nutrient cycling in Agroecosystems 47: 59-69.
- Eagles, C.F., Williams, D.V., Louis, D.V. and Pollock, C.J. 1993. Cold hardiness and method of recovery of Lolium and Avena. In : Crop adaptation to cool, wet, climates. Workshop 23-24 March 1993. Aberystwyth (Great Britain). Ed.: D. Wilson, H. Thomas, K. Pithan. 79 - 84.
- Gastal, F., Belanger, G. and Lemaire, G. 1992. A model of the leaf extension rate of tall fescue in response to nitrogen and temperature. Annals of Botany 70:437-442.
- Guaita, M.S., Echeverría, H.E. y Escuder, C.J. 1997. Fertilización de una pastura de raigrás perenne y trébol rojo. 2. Recuperación de nitrógeno en el sistema suelo-planta. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 17, N°2:97-104.
- Kirkham, F.W. and Wilkins, R.J. The productivity and response to inorganic fertilizers of species-rich wetland hay meadows on the Somerset Moors: nitrogen response under hay cutting and aftermath grazing. Grass and Forage Science, Vol. 49: 152-162.
- Marino, M.A., Mazzanti, A., Echeverría, H.E. y Andrade, F. 1996. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros invernales. 1. Acumulación de forraje. "20° Congreso Argentino de Producción Animal". Río Hondo, Sgo. del Estero, Argentina. Rev. Arg. de Prod. Animal Vol. 16:248.

- Mazzanti, A., Marino, M.A., Lattanzi, F., Echeverria, H.A. y Andrade, F. (1997). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense. Boletín Técnico N° 143. ISSN 0522-0548.SAGPyA, INTA CERBAS EEA Balcarce.
- Rearte, D.H. 1996. La integración de la ganadería argentina. INTA. PAN – SAGyP. Balcarce, 31 pp
- Rodriguez Palma, R.M., Agnusdei, M.G., Mazzanti, A.E., Echeverria, H.E. y Albanese, J.P. 1998. Fertilización nitrogenada en un pastizal de la Pampa Deprimida bajo pastoreo. 2. Eficiencia de utilización del crecimiento. Rev. Arg. Prod. Anim. Vol. 18, Sup. I: 122-123.
- Whitehead, D.C. 1995. Grassland nitrogen. CAB International Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK.397 pp.

Prohibido su reproducción total o parcial sin consentimiento previo escrito del Autor.

**Cuadro 1:** Producción anual y acumulada (1995 a 1998) de materia seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) sin (S/N) y con (C/N) la aplicación anual de N ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

**Table 1:** Annual and accumulated (1995 to 1998) dry matter production ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) without (S/N) and with (C/N) of annual N application ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Dosis de P	Dosis de N	1º Año	2º Año	3º Año	Producción acumulada
P0	S/N	7290 cb	5101 d	5401	17791 b
P25	S/N	7478 cb	6817 dc	5090	19385 b
P50	S/N	9122 cb	9201 cb	6109	24432 a
P100	S/N	9604 b	10416 ba	5897	25918 a
P0	C/N	6768 c	6992 dc	5092	18853 b
P25	C/N	8301 cb	8924 cb	4504	21729 ba
P50	C/N	12984 a	12041 a	6662	31687 a
P100	C/N	11894 a	12624 a	7113	31631 a

Letras diferentes indican diferencias significativas. Test de Duncan ( $P=0.05$ ).

Different letters indicate significant differences. Duncan's test ( $P=0.05$ ).

**Cuadro 2:** Eficiencias estimadas del N (Ef N) y del P (Ef P) aplicados, para la producción de MS en cada año y para la producción acumulada de MS.

**Table 2:** Nitrogen (Ef N) and phosphorus (Ef P) applied estimated efficiencies, for the dry matter production by year and for the accumulated dry matter production.

P	1º Año		2º Año		3º Año		Total acumulada	
	Ef N	Ef P	Ef N	Ef P	Ef N	Ef P	Ef N (*)	Ef P
P0	3.3		21.0		5.5		6.3	
P25	10.5	90.3	21.8	100.4	10.0	28.7	10.4	219.4
P50	17.8	78.8	22.5	86.4	14.5	27.5	14.6	192.7
P100	32.3	55.8	24.0	58.4	23.5	25.0	22.9	139.2

(\*) Eficiencia promedio de los tres años.

(\*) Three year average efficiencies.

**Cuadro 3:** Contenido de P en planta (P, %), absorción de P (Pa,  $\text{kg ha}^{-1}$ ), recuperación aparente (Prec., %) anual y total del P aplicado en la implantación de la pastura fertilizada anualmente con  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

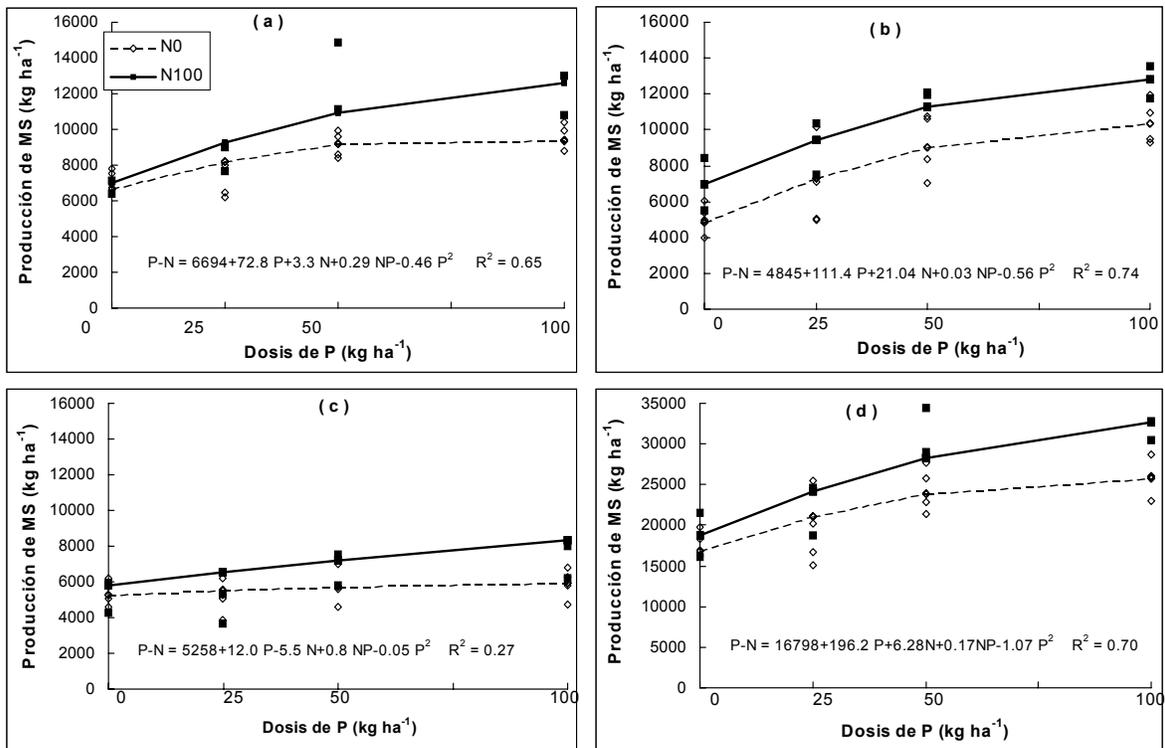
**Table 3:** Plant P content (P, %), P absorption (Pa,  $\text{kg ha}^{-1}$ ), apparent recovery (Prec., %) annual and total of the P applied on the pasture implantation annually fertilized with  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ .

P	1º Año			2º Año			3º Año			Total Acumulada	
	P	Pa	Prec	P	Pa	Prec	P	Pa	Prec	Pa	Prec
P0	0.16	10.83		0.20	13.98		0.14	7.13		31.94	
P25	0.17	14.11	13.13	0.20	17.85	15.46	0.15	6.76	-1.49	38.72	27.10
P50	0.24	31.16	40.67	0.26	31.31	34.65	0.28	18.65	23.05	81.12	98.36
P100	0.28	33.30	22.47	0.24	30.30	16.31	0.30	21.34	14.21	84.94	53.00

**Cuadro 4:** Eficiencias de uso del agua ( $\text{kg MS/mm}$ ) para cada año de producción de la pastura.

**Table 4:** Water Use efficiency ( $\text{kg DM/mm}$ ) for each year of pasture production.

Dosis de P	Dosis de N	1º Año	2º Año	3º Año
P0	N0	8.62	6.51	9.26
P100	N0	11.4	13.3	10.1
P0	N100	8.01	8.93	8.73
P100	N100	14.1	16.1	12.2



**Figura 1:** Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la respuesta al P aplicado inicialmente en el primer (a), segundo (b) y en el tercer año (c) y sobre la producción acumulada de MS (d).

**Figure 1:** Nitrogen fertilization effect on the response to the initially P applied in the first (a), second (b) and in the third year (c) and on the accumulated dry matter production (d).

Prohibido su reproducción total o parcial sin autorización