

Publicado en: Revista Argentina de Producción Animal. Vol 20 N° 2:103-111. 2000.

FERTILIZACION FOSFATADA DE PASTURAS EN EL SUDESTE BONAERENSE.

I – RESIDUALIDAD DEL P APLICADO Y EFECTO DE LAS REFERTILIZACIONES ANUALES.

Pasture phosphorus fertilization in the Southeast of Buenos Aires Province.

I – Residual effect of P applied and effect of annual fertilizations

Berardo, A. y Marino, M.A. ¹

Unidad Integrada Balcarce (FCA, UNMdP – EEA INTA Balcarce)

RESUMEN

En los suelos de la Región Pampeana la disponibilidad de fósforo (P) en general es baja y limita la producción de las pasturas consociadas. La deficiencia de este nutriente reduce el crecimiento de gramíneas y leguminosas y, en éstas últimas afecta también la nodulación y la fijación de nitrógeno (N). El efecto de la fertilización fosfatada sobre la producción de forraje se prolonga más allá del año de su aplicación por la dinámica de este nutriente en el suelo. Este efecto residual del P varía en función de factores edáficos, ambientales y del cultivo. Por ser aún escasa a nivel regional la evaluación del efecto del P aplicado tanto en la implantación como en refertilizaciones anuales, se instaló un experimento para analizar estos aspectos en pasturas del sudeste bonaerense. El mismo se condujo desde marzo de 1995 a marzo de 1998 en la UI Balcarce. Se utilizaron 5 dosis de P aplicadas a la siembra (0, 25, 50, 100 y 200 kg ha⁻¹ de P), y dos niveles de refertilizaciones anuales (25 y 50 kg ha⁻¹ de P) aplicadas sobre las mismas dosis iniciales de P. La respuesta a la fertilización y el efecto residual del P aplicado a la siembra fueron evaluados mediante cortes periódicos para medir la producción anual de materia seca (MS). Se determinó también la extracción de P por la pastura en cada tratamiento y la "recuperación aparente" del P aplicado. La fertilización fosfatada de pasturas consociadas incrementó significativamente la producción de MS, y para 100 kg ha⁻¹ de P aplicados a la siembra el incremento fue de 32%, 100% y 10% con relación a los tratamientos testigo para el primer al tercer año, respectivamente. Las respuestas totales acumuladas en los tres años fueron hasta 118 kg MS/kg P aplicado. Estas respuestas, junto con la "recuperación aparente" del P durante los tres años de evaluación, manifiestan el gran impacto sobre la producción de forraje y la elevada residualidad de este nutriente en los Molisoles del sudeste bonaerense.

Palabras clave: fertilización fosfatada, residualidad, refertilización, producción de forraje.

¹ Docentes Facultad 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: aberardo@laboratoriofertilab.com.ar; mmarino@copetel.com.ar

SUMMARY

In general, phosphorus (P) availability of the soils of the Pampean Region is very low and restrain pasture production. The shortage of this nutrient reduces grass and legume growth, and on the latter also affects nodulation and nitrogen (N) fixation. P fertilization effects on forage production last longer than the year of application due to the dynamics of P in the soil. P residual effect changes depending on soil, environment and crop characteristics. Local evaluation of P effect on pastures both when applied only at sowing and as annual fertilization is scarce. An experiment was carried out to analyse these effects on pastures of the SE of Buenos Aires Province, from March 1995 to March 1998 at the Unidad Integrada Balcarce. Five levels of P were applied at sowing (0, 25, 50, 100 and 200 kg P ha⁻¹) and two levels of annual fertilization (25 and 50 kg P ha⁻¹) applied only to the plots that had received the same initial dose of P. 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. Phosphate fertilization significantly increased DM production, and for 100 kg P ha⁻¹ applied at sowing the increment was 32%, 100% and 10% in compare with the control for years 1 to 3, respectively. Total accumulated efficiencies over the 3 years were up to 118 kg DM per kg P applied. The high response and apparent recovery of P applied during the evaluation period showed the high impact of P fertilization on forage production and the high residual effect of P in SE of Buenos Aires Province mollisols.

Key words: phosphorus fertilization, residual effect, annual fertilization, forage production.

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

INTRODUCCION

La producción de pasturas consociadas es altamente dependiente de la disponibilidad de fósforo (P) en el suelo. En distintas regiones ganaderas templadas del mundo se ha demostrado que bajos niveles de P en el suelo restringen la producción de forraje (Sinclair, Johnstone, Smith, Risk, y Morton, 1994), la calidad (De Battista y Costa, 1998) y la persistencia de las especies implantadas; en consecuencia, su deficiencia afecta sensiblemente la producción de carne y de leche en los sistemas ganaderos (Mears y Cullis, 1993). El P no sólo controla el crecimiento de gramíneas y de leguminosas (Reinbott y Blevins, 1997; De Battista y Costa, 1998), sino que en las últimas actúa también sobre la nodulación y la fijación de N (Mays, Wilkinson y Cole, 1980).

En la región Pampeana la disponibilidad de P en el suelo en general es baja (Darwich, 1983; Echeverría y Ferrari, 1993), habiéndose reducido considerablemente en los últimos años por la intensificación de las actividades agrícola-ganaderas, sin una adecuada reposición de este nutriente. Por lo tanto, experimentos realizados con anterioridad en la región han demostrado que la fertilización fosfatada suele incrementar la producción de forraje en pasturas consociadas (Berardo y Darwich, 1974; Arosteguy y Gardner, 1978; Berardo y Marino, 1993), sin embargo la información referida al efecto residual y a la recuperación del P agregado es aún escasa.

El P proveniente del fertilizante, una vez disuelto en la solución del suelo puede ser absorbido por las plantas, adsorbido sobre las superficies de distintos compuestos coloidales, precipitado como diferentes compuestos inorgánicos, o ser inmovilizado por la biomasa microbiana del suelo (Stevenson, 1986). Por las características de esta dinámica del P en el suelo, el efecto de la fertilización sobre la producción de los cultivos y de las praderas se prolonga más allá del año de su aplicación, con una magnitud variable según la dosis aplicada, el nivel de extracción por los cultivos y las características del suelo (Barrow, 1980; Gilbert, 1989; During, 1993). En consecuencia, experimentos que evalúen estos aspectos permitirían mejorar la planificación de la fertilización fosfatada en pasturas.

Por esta razón, en el presente trabajo se estudió la respuesta a la fertilización con P en la producción de forraje de una pastura consociada durante tres años en un molisol del sudeste bonaerense. Se analizó tanto el efecto del P en los años posteriores a su aplicación como el de refertilizaciones anuales.

MATERIALES Y METODOS

En el campo experimental de la Unidad Integrada FCA – EEA INTA Balcarce (37°45'S, 58°18'O) fue conducido un ensayo desde marzo de 1995 a marzo de 1998. En un Argiudol típico con 10,3 ppm de P (Bray PI), 6,4% de Materia Orgánica y 6,2 de pH, el 5 de abril de 1995 se sembró una pastura integrada por: *Dactylis glomerata*, *Bromus catharticus*, *Festuca arundinacea*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens*, a razón de 7, 8, 5, 1,5 y 1,5 kg ha⁻¹ de semilla viable, respectivamente. En la siembra del ensayo se aplicaron cinco dosis de P (0, 25, 50, 100 y 200 kg ha⁻¹ de P) bajo la forma de superfosfato triple (20 % de P), y en los dos años posteriores en el mes de marzo se realizaron refertilizaciones anuales con 25 y 50 kg ha⁻¹ (P25R y P50R) sobre tratamientos con la misma dosis inicial de P. La precipitación registrada durante el período experimental se muestra en el Tabla 1. Un acentuado déficit hídrico durante la implantación de la pastura motivó la aplicación de riegos por aspersión para asegurar una adecuada implantación (Tabla 1), si bien el riego aplicado no cubrió los requerimientos hídricos de la pradera. En el tercer año no se realizó ningún riego.

Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones, con un tamaño de parcela de 3 m de ancho por 6 m de longitud.

Desde setiembre de 1995 a marzo de 1998, la producción anual de MS se determinó con cuatro cortes periódicos durante el crecimiento primavero-estivo-otoñal en cada año. Se recolectaron los 6 m² centrales de cada parcela utilizando una motosegadora automotriz (altura de corte = 2.5 cm). En cada parcela 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). Con estos resultados fue posible cuantificar los niveles de extracción de P y la “recuperación aparente” (%) del P aplicado calculado como la diferencia con el P absorbido por los testigos.

Se realizó análisis de varianza y de comparación de medias de cada tratamiento (Test de Duncan) con un nivel de significancia de 5 %.

Se ajustaron regresiones lineales y cuadráticas para describir matemáticamente la respuesta al P aplicado. A partir de la producción de MS estimada con estos modelos se calculó la eficiencia del nutriente (kg MS/kg P aplicado) y el efecto residual del fertilizante agregado a la siembra (diferencia

de producción de MS con el testigo sin fertilización). La respuesta a la refertilización fosfatada a su vez se determinó como la diferencia de producción entre los tratamientos refertilizados anualmente con 25 y 50 kg ha⁻¹ de P y los que fueron fertilizados con esa misma dosis sólo en la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSION

I - Respuesta a la fertilización fosfatada y su efecto residual sobre la producción de forraje.

En este experimento la producción de MS de la pastura presentó una marcada variación entre años, principalmente por la distinta cantidad y distribución de las lluvias durante cada período de crecimiento. Las variaciones climáticas afectaron la longitud de los períodos de crecimiento considerados. Estos se extendieron 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.

En el primer año el rendimiento máximo de MS (10.000 kg ha⁻¹ de MS) fue similar a los mencionados en trabajos previos en pasturas consociadas (Marchegiani y Satorre, 1981; Berardo y Marino, 1993). La mayor producción de forraje (superior a 11.000 kg ha⁻¹ de MS) se alcanzó en el segundo año, debido a las precipitaciones más altas de agosto a noviembre (390 mm, Tabla 1), que corresponden al período de mayor crecimiento de las especies utilizadas. Por el contrario, en el tercer año la escasez de precipitaciones registrada en el mismo período (Tabla 1) afectó el crecimiento de la pastura, con un rendimiento máximo de tan sólo 7.000 kg ha⁻¹ de MS.

La aplicación de P incrementó significativamente la producción de MS en el primer y segundo año, y por consiguiente la acumulada en los tres años (Tabla 2). En el tercer año la menor disponibilidad de agua (301 mm de agosto a noviembre), junto con elevadas temperaturas contribuyeron en la reducción del crecimiento de la pastura y del efecto del P sobre la producción de forraje. La declinación en la productividad del trébol rojo a partir del tercer año de producción (Hunt, Frame y Harkness, 1976) puede ser también una de las causas de la menor producción, ya que esta especie fue un componente importante en la mezcla utilizada.

Estos resultados evidencian que el nivel de P disponible en el suelo no fertilizado fue insuficiente para abastecer los requerimientos nutricionales de la pastura. La producción de forraje con la aplicación inicial de 100 kg ha⁻¹ de P se incrementó en 32%, 100% y 10% sobre los testigos en

el primero, segundo y tercer año, respectivamente. Con la dosis de P200 los incrementos fueron levemente superiores: 38%, 120% y 17% para los mismos años respectivamente. La mayor producción de MS del testigo en el primer año y, por lo tanto, la menor respuesta a la fertilización debe atribuirse a una mayor disponibilidad de P y, principalmente de N, causado por el barbecho previo a la siembra del ensayo.

Si bien los máximos rendimientos anuales se alcanzaron con la dosis de P200, estos no fueron estadísticamente diferentes de los logrados con P100. Con las dosis de 100 y 200 kg ha⁻¹ de P, que implican una alta disponibilidad en el suelo, se incrementó sustancialmente la proporción de leguminosas en la mezcla, siendo estas el componente predominante de la pastura para el tratamiento P 200 (datos no presentados). Resultados similares fueron presentados por Haynes (1980).

En este experimento se pudo evaluar el efecto residual del P aplicado inicialmente a través de los incrementos en la producción de MS en cada uno de los años posteriores a su aplicación, y el efecto total acumulado en los tres años (Tabla 2). En el segundo año, por la residualidad del P aplicado a la siembra la producción de MS de los tratamientos refertilizados no difirió significativamente de la alcanzada con las dosis iniciales de 50, 100 y 200 kg ha⁻¹ de P (Tabla 2). En el mismo año sin embargo, la refertilización con 25 kg ha⁻¹ de P (P25R) aumentó significativamente la producción con relación a la misma dosis aplicada sólo en la siembra (P25) y sin refertilización (Tabla 2). Por lo tanto, si bien el efecto residual de P25 incrementó la producción de forraje en 1.700 kg MS ha⁻¹, éste resultó insuficiente para satisfacer el requerimiento de la pastura, ya que la refertilización con la misma dosis produjo un incremento adicional de 2.000 kg ha⁻¹ de MS. Por el contrario, con la refertilización con 50 kg ha⁻¹ de P en este mismo año se incrementó la producción de MS en sólo 710 kg ha⁻¹ en relación al tratamiento P50 no refertilizado. La elevada producción de MS (9201 kg ha⁻¹) en éste último tratamiento, con un efecto residual del P aplicado inicialmente de 4.100 kg ha⁻¹ de MS, condicionó la menor respuesta a la refertilización, con relación a la obtenida en el tratamiento con la menor dosis de P.

Como se mencionó anteriormente, la declinación en la producción de forraje en el tercer año afectó la respuesta tanto al P aplicado inicialmente como a las refertilizaciones anuales (Tabla 2).

Las funciones lineales y cuadráticas que se indican en la Figura 1 cuantifican la respuesta al P aplicado en la siembra sobre la producción de MS en cada uno de los tres años y en la acumulada en todo el período de estudio.

Las eficiencias (kg de MS/kg de P aplicado) de las distintas dosis, estimadas a partir de las funciones cuadráticas obtenidas, se indican para cada año en la Tabla 2. Las mismas son progresivamente menores a medida que se incrementan las dosis de P, con marcadas variaciones entre años de acuerdo a las condiciones hídricas señaladas. La respuesta acumulada a lo largo de los tres años manifiesta aún más la importancia de la aplicación de P sobre la producción de forraje en pasturas consociadas. Las eficiencias acumuladas promedio para las dosis más bajas de P aplicadas inicialmente (P25 y P50) fueron de 118 y 108,5 kg MS/kg P, con valores progresivamente más bajos para las dosis más altas (P100 y P200) (Tabla 2). Estas eficiencias son similares a las halladas en pasturas consociadas por Quintero, Boschetti y Benavidez (1997) y en trébol rojo puro por De Battista y Costa (1998).

Las máximas producciones de MS estimadas con las funciones indicadas en la Figura 1 fueron de aproximadamente 10.200 y 11.600 kg ha⁻¹ en el primero y segundo año cuando las respuestas a P fueron estadísticamente significativas, y de una magnitud de 3.100 y 6.400 kg ha⁻¹ de MS, respectivamente. El 90% de las respuestas mencionadas se lograron con 120 y 105 kg ha⁻¹ de P en cada uno de los dos años respectivamente. Con la producción acumulada a lo largo de los tres años la respuesta máxima fue de 10.500 kg ha⁻¹ de MS con 164 kg de P y una eficiencia de 64 kg de MS/kg de P, alcanzándose el 90% de la misma (9.400 kg ha⁻¹ de MS) con 110 kg ha⁻¹ de P, y una eficiencia de 85 kg de MS/kg de P.

Tanto el incremento en la producción acumulada de MS como la respuesta en cada uno de los años posteriores a la fertilización confirman la elevada residualidad del P en los Molisoles de la región, mencionada con anterioridad en trabajos con pasturas (Berardo y Marino, 1993) y con trigo (Berardo, Grattone y Rizzalli, 1993). A su vez, Boschetti, Quintero y Benavidez (1996) obtuvieron en pasturas valores de residualidad de P levemente inferiores, lo que debe atribuirse a las características vérticas de los suelos utilizados.

La aplicación de P incrementó además la eficiencia en el uso del agua, estimada como kg MS/mm de lluvia. Las eficiencias fueron de 8,6, 6,5 y 9,3 en los tratamientos testigo y de 11,9, 14,4 y 10,9 en los tratamientos con P200, para el primero, segundo y tercer año respectivamente. El mayor

crecimiento y cobertura del suelo, junto con el mayor desarrollo radicular por la aplicación de P serían las causas de una utilización más eficiente de las precipitaciones.

II - Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de P en el forraje

En la Tabla 3 se indican los contenidos (%) de P en planta y los niveles de extracción (kg ha^{-1} de P) para cada tratamiento en los tres años de estudio. La fertilización fosfatada incrementó significativamente no sólo la producción de forraje sino también el contenido de P en planta. Por consiguiente los incrementos en la extracción de P en los tratamientos fertilizados son proporcionalmente aún mayores con respecto a los testigos al duplicarlos y hasta triplicarlos, según los años, con la dosis más alta de P. La extracción anual varió entre 9 y 35 kg ha^{-1} de P en los testigos y en los tratamientos fertilizados con concentraciones en planta próximas a 0.20% y a 0.30%, respectivamente. Estos valores concuerdan con los mencionados en la bibliografía (Mays y otros, 1980; Reinbott y Blevins, 1997).

Se presenta asimismo, la “recuperación aparente” del P aplicado en cada año, y la total después de tres años (Tabla 3). La recuperación por la pastura del P aplicado está afectada tanto por las características físico-químicas y biológicas del suelo, como por las condiciones ambientales y por los requerimientos de las especies implantadas (During, 1993). Si bien en este experimento la “recuperación aparente” acumulada de P en los tres años varió según la dosis de P considerada entre 25 y 40%, ésta podría haber sido aún mayor bajo condiciones hídricas más favorables. De todos modos estos valores reflejan la baja capacidad de inmovilización del P aplicado de los Molisoles de la región, tal como ha sido encontrado anteriormente también en suelos de las mismas características con cultivos anuales (Berardo y otros, 1993). Asimismo, los valores de P recuperado son similares a los hallados por During (1993) en suelos con baja capacidad de retención de P.

La extracción anual de P, que alcanzó 30 – 35 kg ha^{-1} de P en años con precipitaciones normales, indica los altos requerimientos de este nutriente en las pasturas consociadas cuando se alcanzan niveles de producción de forraje similares a los obtenidos en este experimento. Por lo tanto, para mantener estos niveles de rendimiento sin reducir la disponibilidad de P en el suelo, al planificar la fertilización es necesario tener en cuenta tanto el nivel de producción y de consumo de P de la pradera, como el manejo de ésta última.

Las extracciones de P obtenidas en este trabajo son comparables a las correspondientes a pasturas destinadas a cortes y recolección del forraje. En pasturas utilizadas para el pastoreo directo las menores eficiencias de cosecha del forraje (40 - 50%) y la devolución de P a través de las deyecciones, reducen la exportación del nutriente del sistema y por consiguiente las dosis de refertilización necesarias, ya que en tales situaciones es mayor la residualidad del P (Black, 1993).

Finalmente, si se tienen en cuenta las relaciones de transformación de kg de pasto a kg de carne comúnmente utilizadas que oscilan entre 12 y 15 bajo condiciones de corte y entre 20 a 25 en pastoreo directo, resulta obvio que el beneficio de la incorporación de fertilizantes sobre la productividad global de los sistemas ganaderos varía con la eficiencia de utilización del forraje producido.

CONCLUSIONES

En los tres años de experimentación, la fertilización fosfatada de la pastura consociada incrementó la producción anual de MS con respecto a los tratamientos testigo, con eficiencias anuales (kg MS/kg P) variables según dosis y condiciones climáticas de cada año, siendo de 50 a 70 kg MS/kg P aplicado en los años con pluviometría favorable e inferiores a 10 con sequía primaveral muy prolongada.

La eficiencia acumulada en los tres años de evaluación fue decreciendo en la medida que se incrementaron las dosis de fertilización, y fueron de 118, 108, 89 y 50 kg MS/kg P aplicado para las dosis de 25, 50, 100 y 200 kg ha⁻¹ de P, respectivamente.

La respuesta y la "recuperación aparente" del P aplicado durante los tres años de evaluación, manifiestan la elevada residualidad de este nutriente en los Molisoles del sudeste bonaerense.

Los altos niveles de extracción anual del P en el forraje cosechado que alcanzan hasta 35 kg ha⁻¹ de P indican a su vez la necesidad de incrementar sustancialmente las dosis de fertilización fosfatada en sistemas de producción de carne o leche más intensivos, sobre todo cuando se utiliza la recolección mecánica del forraje.

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

- Arosteguy, J.C. y Gardner, A.L. 1978. Fertilización fosfatada de pasturas: dosis óptima según tipo de suelo y relación de precios entre carne y fertilizantes. *Rev. Arg. Prod. Animal*. Vol. 6:680-687.
- Barrow, N.J. 1980. Evaluation and utilization of residuals phosphorus in soils. In: *The role of phosphorus in agriculture*. Ed. Khasawneh FE, Sample, EC, Kamprath, E.J. 333-339
- Berardo, A. y Darwich, N. 1974. Fertilización de pasturas en el Sudeste Bonaerense. *IDIA N° 313-314*: 8-16.
- Berardo, A. y Marino, M.A. 1993. Eficiencia relativa de un fosfato natural en pasturas cultivadas en molisoles al sudeste bonaerense. *Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Mendoza. 145-146.
- Berardo, A., Grattone, F.D. y Rizzalli, R.H. 1993. Evaluación del efecto residual de fósforo en un Argiudol Típico bajo dos secuencias de cultivos. *Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Mendoza. 147-148.
- Black, C.A. 1993. Residual effects. Chapter 6: 519-572. In: *Soil fertility evaluation and control*. Lewis Publ. Boca Raton. USA.
- 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.
- Boschetti, N.G., Quintero, C.E. y Benavidez, R.A. 1996. Residualidad del fertilizante fosfatado en pasturas consociadas de Entre Ríos (Argentina). *Ciencia del Suelo* 14: 20-23.
- Darwich, N.A. 1983. Niveles de fósforo asimilable en suelos pampeanos. *IDIA Enero-Abril*: 409-412.
- De Battista, J.P. y Costa, M.C. 1998. Efecto de la fertilización fosfatada y la frecuencia de defoliación sobre la producción y calidad del trébol rojo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* Vol 18 Sup. I: 192-193. ISSN 0326-0550.
- During, C. 1993. Short-term residual value of phosphate fertiliser on grazed pastures. *New Zealand J. of Agric. Res.* Vol. 36: 261-269.
- Echeverría, H. y Ferrari, J. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. *EEA INTA Balcarce. Boletín Técnico N° 112*, 18 pp.
- Gilbert, M. 1989. Improving the efficiency of phosphorus fertilizer use in northern Australia. *XVI International Grassland Congress, Nice, France*. Vol. 1:95-96.
- Haynes, R.J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Advances in Agronomy*, Vol. 33:227-259.
- Hunt, I.V., Frame, J. and Harkness, R.D. 1976. Removal of mineral nutrients by red clover varieties. *Journal of the British Grassland Society*. Vol.31: 171-179.
- Marchegiani, G.J. y Satorre, O.V. 1981. Fertilización fosfórica aplicada en líneas y en cobertura en la implantación de una pastura. *Producción Animal* 8:262-269.
- Mears, P.T. and Cullis, B.R. 1993. Superphosphate maintains soil fertility and beef production on grazed white clover pastures in the subtropics. 2. Effects of superphosphate and stocking rate on cattle growth. *Aust. J. of Exp. Agric.* Vol. 33:435-442.
- Mays, D.A., Wilkinson, S.R. and Cole, C.V. 1980. Phosphorus nutrition of forage. In: *The role of phosphorus in agriculture*. Ed. Khasawneh, F.E., Sample, E.C. and Kamprath, E.J. 805-840.
- Petit, H.V., A.R. Pesant, G.M. Barnett, W.N. Mason and J.L. Dionne. 1992. Quality and morphological characteristics of alfalfa as affected by soil moisture, pH and phosphorus fertilization. *Can. J. Plant Sci.*, 72: 147 - 162.
- Quintero, C.E., Boschetti, N.G. y Benavidez, R.A. 1997. Efecto residual y refertilización fosfatada de pasturas implantadas en Entre Ríos (Argentina). *Ciencia del Suelo* 15: 1-5.
- Reinbott, T.M. y Blevins, D.G. 1997. Phosphorus and magnesium fertilization interaction with soil phosphorus level: tall fescue yield and mineral element content. *J. Prod. Agric.* Vol. 10, N°2:260-265.
- Sinclair, A.G., Johnstone, P.D., Smith, L.C., Risk, W.H. and Morton, J.D. 1994. Patterns of, and a model for, dry matter yield response in grass/clover pastures to annual applications of triple superphosphate fertilizer. *New Zealand J. Of Agric. Res.* Vol. 37:239-253.
- Stevenson, F.J. 1986. Chapter 7: The phosphorus cycle. In: *Cycles of soil. Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. Ed. John Wiley & Sons, Inc. 380 pp.

Tabla 1: Lluvias mensuales (LLm) y riegos complementarios (Rc) en cada año de experimentación, y precipitación mediana (Pm) (1966-1994). Fuente: Observatorio Agrometeorológico EEA INTA Balcarce.

Table 1: Registered precipitation (Llm), additional irrigation (Rc) applied during the experimental period, and mean 1966-94. Source: Observatorio Agrometeorológico EEA INTA Balcarce.

AÑO		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1995	LLm				70.8	1.9	8.8	0	31.6	5.1	94.3	171.5	47.9
	Rc									30			70
1996	LLm	94.7	83.5	49.8	86.9	32.9	45	44.5	80.8	46	176.1	89.1	115.9
	Rc		40	40									
1997	LLm	100.2	119.4	55.5	57.1	45.5	85.5	58.4	58.9	46.1	87.7	108.7	86.0
1998	LLm	123	50	23									
Mediana	Pm	100.5	75.2	81.4	59.7	63.3	50	49.7	28.0	49.3	91.2	62.9	119.4

Tabla 2: Producción de materia seca (MS kg ha⁻¹) y eficiencia estimada del P aplicado (Ef = kg MS/kg P aplicado) para cada tratamiento de fertilización y refertilización en los tres años evaluados.

Table 2: Dry matter production (MS kg ha⁻¹) and the P applied estimate efficiency (Ef = kg MS/kg P aplicado) for each fertilization treatment and refertilization in the three evaluated years.

P	1º Año		2º Año		3º Año		Total	
	MS	Ef	MS	Ef	MS	Ef	MS	Ef
P 0	7290 b		5101d		5401		17791 c	
P 25	7478 b	34.1	6817 c	75.1	5090	9.08	19385 c	118.3
P 50	9122 a	31.4	9201 b	68.6	6109	8.58	24432 ab	108.5
P 100	9604 a	25.9	10416 ba	55.6	5897	7.58	25918 a	89.0
P 200	10081 a	14.9	11247 a	29.6	6333	5.58	27661 a	50.0
P 25R			8816 b	80.0	5607	8.2	21167 bc	71.3
P 50R			9911 ba	14.2	6998	17.8	25507 a	21.5

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

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

Tabla 3: Contenido de P en planta (P, %), absorción de P (Pa, kg ha⁻¹), recuperación aparente (Prec., %) anual y total del P aplicado en la implantación de la pastura.

Table 3: Plant P content (P, %), P absorption (Pa, kg ha⁻¹), apparent recovery (Prec., %) annual and total of the P applied on the pasture implantation.

P	1º Año			2º Año			3º Año			Total Acumulada	
	P	Pa	Prec	P	Pa	Prec	P	Pa	Prec	Pa	Prec
P 0	0.250 c	18.20 c		0.183 e	9.43 d		0.161	9.09 cd		36.72	
P 25	0.263 c	19.80 c	6.40	0.199 d	13.68 d	17.00	0.168	8.18 d		41.66	23.40
P 50	0.278 b	25.30 b	14.20	0.228 c	20.94 c	23.02	0.190	11.62 bc	5.06	57.86	42.28
P 100	0.341a	32.84a	14.64	0.265 b	27.58 b	18.15	0.246	14.53 b	5.44	74.95	38.23
P 200	0.340a	34.38a	8.09	0.298 a	33.48 a	12.02	0.283	17.95 a	4.43	85.81	24.54

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

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

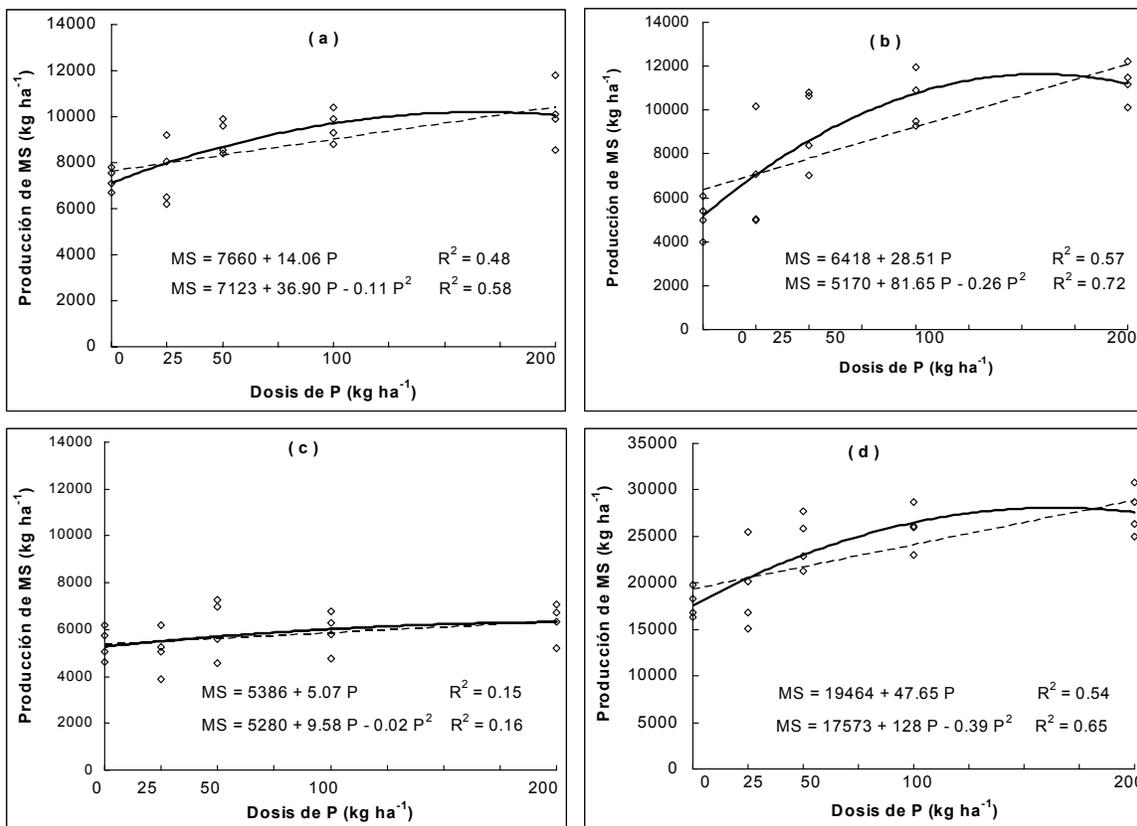


Figura 1: Funciones lineales (P0 a P100, línea punteada) y cuadráticas (P0 a P200, línea llena) del efecto del P aplicado inicialmente sobre la producción de materia seca de la pastura, en el primer (a), segundo (b), tercer año (c) y en la producción acumulada (d).

Figure 1: Effect of initial P applied on the pasture dry matter production in the first (a), second (b), third year (c) and accumulated production (d). Linear (P0 to P100, dotted line) and quadratics (P0 to P200, solid line) functions.