

Presentado en: XVII° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 11-14 de abril de 2000. En CD.

**EFFECTO DE LA FERTILIZACION FOSFATADA SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE P Y SU RELACION CON LA PRODUCCION DE FORRAJE EN MOLISOLES DEL SUDESTE BONAERENSE. I – PASTURAS CONSOCIADAS.**

**Berardo, A. y Marino, M.A.**

*Unidad Integrada Fac. Ciencias Agrarias – EEA INTA Balcarce*

**RESUMEN**

En la región Pampeana la disponibilidad de fósforo (P) en general limita la productividad de las pasturas consociadas. Las propiedades del suelo y las prácticas de manejo afectan tanto la disponibilidad de P para las plantas como su residualidad en los años posteriores a la fertilización. Dado que la información local sobre este aspecto es aún escasa, en este trabajo se analiza el efecto de la fertilización fosfatada sobre el nivel de P extractable (Ps) en los años posteriores a la aplicación y su relación con la producción de la pastura en un molisol del sudeste bonaerense. En la siembra de la pastura (marzo de 1995) se aplicaron cuatro dosis de P (0, 25, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de P) bajo la forma de superfosfato triple, y una (100 kg ha<sup>-1</sup> de P) como fosfato natural. Se utilizaron además dos tratamientos de refertilización anual con 25 y 50 kg ha<sup>-1</sup> de P sobre igual dosis inicial. Para los tratamientos con fertilización inicial de P solamente se establecieron dos niveles de fertilización anual con nitrógeno (N) (0 y 100 kg ha<sup>-1</sup>). El diseño fue en bloques con cuatro repeticiones con parcelas divididas para los tratamientos de P con aplicación anual de N. En cada tratamiento se determinó la producción de materia seca (MS) y el contenido de P extractable (Ps, Bray I). La fertilización fosfatada incrementó los contenidos de Ps y la producción de MS en cada año posterior a la fertilización fosfatada. Las funciones lineales ajustadas reflejaron la elevada residualidad del P a través de los años, asociada a las condiciones hídricas de cada año, principalmente por los distintos niveles de extracción de P por la pastura. Así con la aplicación inicial de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P, los incrementos en Ps fueron de 22, 14, 9 y 16 mg kg<sup>-1</sup> después de uno, dos, tres y cuatro años respectivamente. Sin limitaciones en el abastecimiento de N los niveles críticos de disponibilidad de Ps variaron entre 20 y 25 mg kg<sup>-1</sup>, con una producción de forraje de 8000 a 12000 kg ha<sup>-1</sup> de MS, de acuerdo a la disponibilidad hídrica en cada año.

## EFECTO DE LA FERTILIZACION FOSFATADA SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE P Y SU RELACION CON LA PRODUCCION DE FORRAJE EN MOLISOLES DEL SUDESTE BONAERENSE. I – PASTURAS CONSOCIADAS.

Berardo, A. y Marino, M.A.

*Unidad Integrada Fac. Ciencias Agrarias – EEA INTA Balcarce*

### INTRODUCCION

En pasturas consociadas la deficiencia de fósforo (P) restringe el desarrollo de gramíneas y leguminosas y en las últimas además afecta la fijación simbiótica del nitrógeno, reduciendo aún más la productividad de las praderas.

En la región Pampeana la disponibilidad de P extractable en el suelo (Ps) en general es baja, por lo tanto se ha comprobado la respuesta a la aplicación de P sobre la producción de forraje en pasturas (Berardo, Darwich 1974; Quinteros *et al.* 1995).

Cuando se incorpora el fertilizante, la disponibilidad de P para los cultivos está controlada por un conjunto de procesos y transformaciones de naturaleza química y bioquímica que dependen tanto de las propiedades del suelo como de las prácticas de manejo (Stevenson 1986). Dichos procesos afectan la remoción de P por los cultivos (Barrow 1980) y su residualidad en los años posteriores a su aplicación (Black 1993).

Adicionalmente, el efecto de los fosfatos naturales está condicionado por las características mineralógicas y químicas de los fosfatos y de los suelos sobre los que se aplican, por el clima y por la interacción entre estos factores, por lo cual no existen definiciones precisas acerca de su potencialidad fertilizante (Besoain *et al* 1999).

Para pasturas del sudeste bonaerense es escasa la información experimental que cuantifique el efecto de la fertilización fosfatada sobre los niveles de Ps en los años posteriores a la aplicación del fertilizante y su relación con la producción de forraje (Berardo, Marino 1993). Por tal razón, se realizaron dos experimentos para evaluar tales aspectos bajo recursos forrajeros utilizados en los sistemas ganaderos de la región: una pastura consociada y un cultivo de alfalfa. En este trabajo se analiza el efecto de distintas dosis de superfosfato triple y una de fosfato natural sobre los niveles de Ps en los años posteriores a la fertilización, y su relación con la producción de la pastura en un molisol del sudeste bonaerense. Los resultados obtenidos para alfalfa se presentan en el trabajo complementario.

### MATERIALES Y METODOS

El ensayo fue sembrado en marzo de 1995 y se evaluó hasta marzo de 1999, en el campo experimental de la Unidad Integrada FCA – EEA INTA Balcarce (37°45'S, 58°18'W). En un Argiudol típico con 10.3 mg kg<sup>-1</sup> de P, 6.4% de materia orgánica y pH de 6.2, se implantó una pastura consociada integrada por: *Dactylis glomerata*, *Bromus catharticus*, *Festuca arundinacea*, *Trifolium pratense* y *Trifolium repens*. En la siembra del ensayo se aplicaron 4 dosis de P (0, 25, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de P) bajo la forma de superfosfato triple (SFT, 20 % de P), y una (100 kg ha<sup>-1</sup> de P) como fosfato natural (PN, 11.7 % de P). Se realizaron en la misma época del año refertilizaciones anuales con 25 y 50 kg.ha<sup>-1</sup> de P (25R y 50R) sobre tratamientos con igual dosis inicial. Para los tratamientos con fertilización inicial de P, se establecieron dos niveles de fertilización anual con N (0 y 100 kg ha<sup>-1</sup>) aplicadas al voleo a principio de agosto bajo la forma de urea. Se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques con cuatro repeticiones, donde la parcela principal fue la dosis de P (3 x 6 m) en el primer año, y la subparcela (1.5 x 6 m) la dosis de N.

La producción anual de MS se determinó con cortes periódicos durante el crecimiento primavero-estivo-otoñal, recolectando los 6 m<sup>2</sup> centrales de cada parcela (altura de corte = 2.5 cm).

En el otoño de cada año y para cada tratamiento se extrajeron muestras superficiales de suelo (0 a 15 cm de profundidad) para determinar el contenido de Ps (Bray I).

En cada año se realizaron análisis de varianza de los niveles de Ps correspondientes a cada dosis de P aplicada y se compararon las medias de los tratamientos utilizando el Test de Duncan (P = 0.05).

Los efectos de la fertilización fosfatada sobre la producción de MS y los contenidos de Ps en cada uno de los años posteriores a su aplicación fueron descriptos cuantitativamente con regresiones lineales o cuadráticas.

La precipitación registrada y los riegos complementarios aplicados durante cada período de crecimiento (agosto a marzo) representaron una disponibilidad de 863, 583, 557 mm en el primero, segundo, tercero y cuarto año, respectivamente, en tanto que las precipitaciones promedio 1966-1994 para el mismo período sumaron 608 mm.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1 – Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de P extractable

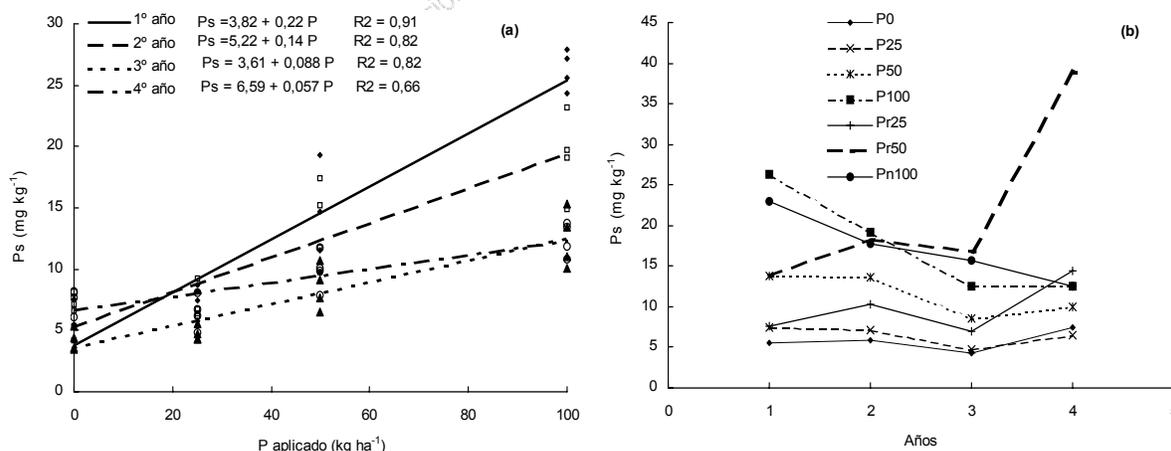
La fertilización fosfatada incrementó los contenidos de Ps y la producción de MS con una magnitud variable en cada año posterior a su aplicación (Tabla 1).

**Tabla 1:** Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de P extractable (Ps, mg kg<sup>-1</sup>) y la producción de forraje de la pastura consociada (MS, kg ha<sup>-1</sup>) en cada año.

Tratamiento (P, kg ha <sup>-1</sup> )	1° Año			2° Año			3° Año			4° año
	Ps	MS		Ps	MS		Ps	MS		Ps
	N0	N100		N0	N100		N0	N100		
0	5.50 b	5101	6992	5.83 c	5401	5092	4.85d	4472	6129	7.52 d
25	7.52 b	6817	8924	7.12 c	5090	4504	4.95d	2515	5655	6.45 d
50	13.82 b	9201	12041	13.05 cba	6109	6662	9.90dcb	4259	9082	9.92 dc
100	31.25 a	10416	12624	17.19 ba	5897	7113	12.70 cba	5666	9913	12.45 cb
25R	7.52 b	8816		10.29 cb	5607		7.10dc	5373		14.35 b
50R	13.82 b	9911		17.84 a	6998		16.57 ba	7198		38.8 a
100PN	23.02 a	9470		17.77 a	7125	7091	17.65 a	5231	8874	12.48 cb

Para los contenidos de P extractable, cifras seguidas por letras diferentes difieren significativamente entre sí. Test de Duncan (P=0.05).

Las regresiones lineales, cuyos coeficientes estiman los efectos de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad del Ps con posterioridad a su aplicación, se indican en la Figura 1a. Los cambios en los coeficientes lineales a través de los años reflejan la residualidad del P, que estaría asociada también a las condiciones hídricas de cada año, principalmente por los distintos niveles de extracción de P por la pastura (Barrow 1980).



**Figura 1:** (a) Relación entre la dosis de fertilización inicial (0 a 100 kg ha<sup>-1</sup> de P) y el contenido de P extractable en los cuatro años posteriores a su aplicación. (b) Evolución de los contenidos de P extractable a través de los años para cada tratamiento de fertilización fosfatada.

Los incrementos de Ps para P100 sobre los testigos fueron aproximadamente de 22, 14, 9 y 6 mg kg<sup>-1</sup> después de uno, dos, tres y cuatro años, respectivamente, y en consecuencia la dosis de fertilización requerida para incrementar el Ps en 1 mg kg<sup>-1</sup> fue de 4.5, 7.1, 11.4 y 17.5 kg ha<sup>-1</sup> de P luego de uno, dos, tres y cuatro años de su aplicación.

Estos resultados, teniendo en cuenta la redistribución del P en la capa arable, son similares a los obtenidos para los mismos suelos en el monocultivo de trigo (Berardo *et al.* 1998; Berardo, Grattone, en este Congreso) y levemente inferiores a los mencionados para los argiúdoles verticos y peludert argicos por Boschetti *et al.* (1996).

La menor solubilidad del PN, después de un año de su aplicación dio lugar a contenidos de Ps levemente inferiores a los alcanzados con la misma dosis de P como SFT; con posterioridad sus valores se mantuvieron en niveles similares y aún superiores a los alcanzados por el SFT (Tabla 1, Figura 1b). Esto coincide con la mayor residualidad del PN comparado con el SFT, mencionada en otros trabajos (Berardo, Marino 1993; Amberger 1999).

La refertilización anual con 25 kg ha<sup>-1</sup> de P mantuvo los niveles de Ps en valores levemente superiores a los testigos, mientras con 50 kg ha<sup>-1</sup> (50 R) el Ps se incrementó progresivamente a través de los años (Tabla 1, Figura 1b).

En el último año, después de una prolongada sequía los contenidos de Ps aumentaron en casi todos los tratamientos con una magnitud variable según las dosis de P aplicada. El menor consumo de P por la pastura bajo condiciones de deficiencia hídrica y las variaciones entre estaciones climáticas y entre años de las distintas fracciones del P inorgánico y orgánico más lábiles, evaluadas en este mismo ensayo por Picone *et al.* (1999), explicarían los cambios registrados en el Ps entre los cuatro periodos de crecimiento considerados.

## **2 – Relación entre el contenido de P extractable y la producción de forraje**

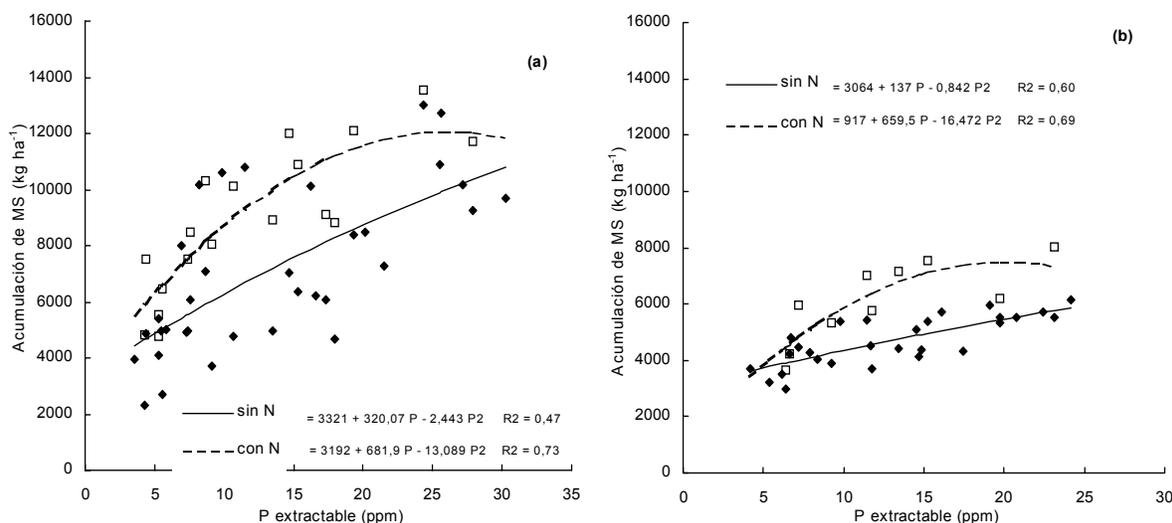
La información local que relacione los contenidos de Ps con la producción de forraje y su respuesta a la fertilización fosfatada es fundamental para un manejo eficiente de la fertilización fosfatada. Además al mejorar las condiciones de crecimiento por una mayor disponibilidad de P, no necesariamente se alcanza la producción máxima si otro nutriente, como suele ocurrir con el N, es limitante.

Por tal razón, se relacionó la producción anual de MS con el contenido previo de Ps, en los tratamientos de fertilización fosfatada inicial incorporando el N como variable (0 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado anualmente) (Tabla 1).

Con el agregado de N, al favorecer el crecimiento de las gramíneas, se mejoró sustancialmente la relación entre MS y Ps. Bajo tal situación, la máxima producción de MS se alcanzó con contenidos de Ps variables entre 20 y 25 mg kg<sup>-1</sup>, con niveles de producción máximos entre 8000 y 12000 kg ha<sup>-1</sup> de MS, de acuerdo a la disponibilidad hídrica en cada año (Figura 2 a y 2b). Sin el agregado de N, la producción de MS fue menor, tendiendo a estabilizarse con valores de Ps cercanos a 20 mg kg<sup>-1</sup>. Además, en condiciones de adecuada disponibilidad de P y principalmente favorecido por un régimen de defoliación con cortes periódicos, tiende a incrementarse la proporción de leguminosas utilizadas en la mezcla (básicamente trébol blanco), cuya producción de MS suele ser inferior a la de las gramíneas que integraron la pastura (Evans *et al.* 1992). Por las razones indicadas, fue mayor el grado de dispersión de los valores obtenidos bajo condiciones de deficiencias de N, con un menor grado de asociación (R<sup>2</sup>) de las variables estudiadas, siendo de 0.84 y 0.72 con el agregado de N y de 0.54 y 0.36 sin su aplicación para cada una de las condiciones hídricas analizadas.

Estos niveles críticos de Ps son superiores a los encontrados en trabajos previos realizados en el área (Berardo 1975) y a los mencionados por Quinteros *et al.* (1997); debiéndose considerar sin embargo los mayores niveles de producción alcanzados en este ensayo donde, bajo las mismas condiciones de suelo y manejo, el único factor variable fue el Ps.

Cabe señalar además que, entre otros aspectos, los contenidos de Ps requeridos para una producción óptima de forraje y la dosis de fertilización a utilizar deben estar asociados al sistema de producción considerado y a la eficiencia de aprovechamiento del forraje producido.



**Figura 2:** Relación entre el contenido de P extractable y la producción de materia seca de la pastura consociada en los años con disponibilidad hídrica poco limitante (primero y tercero, 2 a) y en el año con stress hídrico prolongado (segundo, 2b).

## CONCLUSIONES

La fertilización fosfatada incrementó los contenidos de Ps y la producción de MS con una magnitud variable en cada año posterior a la fertilización fosfatada.

Las funciones ajustadas reflejaron la elevada residualidad del P a través de los años, que estaría asociada también a las condiciones hídricas de cada año, principalmente por los distintos niveles de extracción de P por la pastura.

Con el agregado de N se mejora sustancialmente la relación entre Ps y la producción de MS. Esta última varió según los años entre 8000 y 12000 kg ha<sup>-1</sup> de MS con contenidos de PS entre 20 y 25 mg kg<sup>-1</sup>.

Sin el agregado de N disminuye el grado de asociación entre las mismas variables dada la menor producción de MS y los contenidos de Ps requeridos.

## BIBLIOGRAFIA

- Amberger, A. 1999. Utilización eficiente de fosfatos de calcio débilmente solubles. In: Las rocas fosfóricas y sus posibilidades de uso agrícola en Chile. Ed. Besoain, E., Rojas, C. y Montenegro, A. INIA. Pp 95-100.
- Barrow, N.J. 1980. Evaluation and utilization of residuals phosphorus in soils. In: The role of phosphorus in agriculture. Ed. Khasawneh FE, Sample, EC, Kamprat, 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. 1975. Evolución de la disponibilidad de fósforo en suelos bajo pasturas fertilizadas y su relación con la magnitud de la respuesta. Actas VII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca.
- 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. y Grattone, F. 1998. Efecto de la aplicación de P y de su residualidad sobre la producción de trigo (8 años). 4° Congreso Nacional de trigo. 2° Simposio Nacional de Cereales otoño-invernales. Nov. 1998, Mar del Plata, Argentina.
- Besoain, E., León, L.A., Chien Sen, H., van Kauenbergh, S.J. y Amberger, A. 1999. Capítulo 3: Las rocas fosfóricas. In: Las rocas fosfóricas y sus posibilidades de uso agrícola en Chile. Ed. Besoain, E., Rojas, C. y Montenegro, A. INIA. Pp 41-100.
- Black, C.A. 1993. Residual effects. Chapter 6: 519-572. In: Soil fertility evaluation and control. Lewis Publ. Boca Raton. USA.
- 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.
- 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.
- Evans, D.R., Williams, T.A. and Evans, S.A. 1992. Evaluation of white clover varieties under grazing and the role in farm systems. Grass and Forage Science. Vol. 47: 342-352.
- Picone, L., Zamuner, E. y Berardo, A. 1999. Efecto de la fertilización y estación del año en las transformaciones de algunas fracciones de P del suelo. 14° Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Pucón-Temuco, Chile. 8/11/1999.
- Quinteros, 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.