

Publicado en: Agromercado N°55. Marzo 2001. Cuadernillo Forrajeras 10-13, ISSN N° 1514-223X.

**FERTILIZACION FOSFATADA:
RELACION CON LA PRODUCCION DE FORRAJE DE PASTURAS CONSOCIADAS Y
DE ALFALFA Y CON LA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN LOS SUELOS DEL
SUDESTE BONAERENSE.**

Berardo, A.¹ y Marino, M.A.

Los suelos de la región Pampeana suelen presentar una baja disponibilidad de P, tanto por sus características como, principalmente por el prolongado uso agrícola sin la debida reposición del mismo. Por consiguiente, la deficiencia de fósforo (P) resultante restringe el desarrollo de gramíneas y leguminosas y en las últimas además afecta la fijación simbiótica del nitrógeno y la productividad de las praderas.

En cultivos plurianuales como la alfalfa o las pasturas consociadas, el P agregado, por su efecto residual, incide sobre la producción en un período que se prolonga más allá del año de aplicación. En efecto, gran parte del P aplicado permanece en el suelo transformándose en distintas formas orgánicas e inorgánicas (Picone *et al.* 1999) que son bastante disponibles para las plantas.

Si bien diversos trabajos realizados con anterioridad muestran la respuesta a la fertilización fosfatada sobre la producción de forraje, en el sudeste bonaerense (Berardo y Marino, 1993) es aún escasa la información acerca del efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad en el suelo del P extractable (Ps) y de su residualidad en pasturas consociadas y en alfalfa. Por lo tanto, datos experimentales sobre estos aspectos permitirían mejorar la productividad y el manejo de pasturas y de alfalfa, e incrementar la eficiencia de producción en los sistemas ganaderos.

En el presente trabajo se presentan algunos resultados de cuatro años de experimentación en los que se evaluó el efecto de la fertilización fosfatada de pasturas consociadas y de alfalfa sobre los cambios en los niveles de Ps en los años posteriores a la fertilización, y su relación con la producción de forraje en un suelo del sudeste bonaerense (Argiudol típico con 10.3 ppm de P, 6.2 de pH y 6.4% de materia orgánica) (Berardo y Marino, 2000 a y b).

Para esto, 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), y permite estimar la cantidad de P disponible para el crecimiento de las plantas. La producción anual de forraje entre los muestreos de suelo, fue determinado a través de cortes periódicos de acuerdo al desarrollo de la pastura.

1- PASTURA CONSOCIADA

a) Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de P extractable

En la siembra de la pastura consociada (otoño) se aplicaron 4 dosis de P (0, 25, 50 y 100 kg ha⁻¹ de P) bajo la forma de superfosfato triple (SFT, 20 % de P), y una (100 kg ha⁻¹ de P) como fosfato natural (PN, 11.7 % de P). Posteriormente se realizaron en la misma época del año refertilizaciones anuales con 25 y 50 kg.ha⁻¹ de P (25R y 50R) sobre tratamientos con igual dosis inicial. Se establecieron además dos niveles de fertilización anual de N (0 y 100 kg ha⁻¹), aplicadas al voleo a principio de agosto bajo la forma de urea.

¹ Docente Facultad Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Mar del Plata. Unidad Integrada Balcarce, FCA-UNMdP, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), CC 276 (7620) Balcarce, Argentina. Correo electrónico: aberardofertilab@infovia.com.ar, mmario@copetel.com.ar

La fertilización fosfatada incrementó los contenidos de Ps y, por consiguiente, la producción de materia seca (MS) de la pastura consociada (integrada por pasto ovillo, cebadilla criolla, festuca, trébol rojo y trébol blanco) en una magnitud variable en cada año posterior a su aplicación (Tabla 1).

Los incrementos de Ps sobre los testigos para la aplicación inicial de 100 kg ha⁻¹ de P fueron aproximadamente de 22, 14, 9 y 6 ppm después de uno, dos, tres y cuatro años, respectivamente; en función de esto la dosis de fertilización requerida para incrementar el Ps en 1 ppm fue de 4.5, 7.1, 11.4 y 17.5 kg ha⁻¹ de P luego de uno, dos, tres y cuatro años de su aplicación.

Tabla 1: Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de P extractable (Ps, ppm) y la producción de forraje de la pastura consociada (MS, kg ha⁻¹) en cada año.

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

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

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).

Con el fosfato natural, por su menor solubilidad después de un año de su aplicación se obtuvieron contenidos de Ps levemente inferiores a los alcanzados con la misma dosis de P como superfosfato triple; con posterioridad sin embargo sus valores se mantuvieron en niveles similares y aún superiores a los alcanzados por el superfosfato triple (Tabla 1, Figura 1b). Esto coincide con la mayor residualidad del fosfato natural, mencionada en otros trabajos (Berardo, Marino 1993).

La refertilización anual con 25 kg ha⁻¹ de P mantuvo los niveles de deficiencia de fósforo en valores levemente superiores a los testigos, mientras con la aplicación anual de 50 kg ha⁻¹ (50 R) el P Bray se incrementó progresivamente a través de los años (Tabla 1, Figura 1b).

En el último año, después de una prolongada sequía las disponibilidades de fósforo aumentaron en casi todos los tratamientos con una magnitud variable según las dosis de P aplicada (Figura 1b). 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 los contenidos de fósforo extractable entre los cuatro períodos de crecimiento considerados.

b) Relación entre el contenido de P extractable y la producción de forraje

Al mejorar la 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 fósforo extractable, incorporando el N como variable (0 y 100 kg ha⁻¹ de N aplicado anualmente) (Tabla 1). Con el agregado de N, al favorecer el crecimiento de las gramíneas, se mejoró considerablemente 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 ppm, con niveles de producción máximos entre 8000 y 12000 kg ha⁻¹ de MS de acuerdo a las lluvias de cada año (Figura 1 a y b). Sin el agregado de N, la producción de forraje se vio disminuida de acuerdo a la disponibilidad hídrica siendo esta reducción de hasta 3000

a 3500 kg ha^{-1} con relación a los años más húmedos, tendiendo a estabilizarse con valores de Ps cercanos a 20 ppm. 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. Por tal razón, fue mayor el grado de dispersión de los valores obtenidos bajo condiciones de deficiencias de N, con un menor grado de asociación (R^2) de las variables estudiadas. El ajuste obtenido en años más húmedos y más secos con y sin el agregado de nitrógeno se indica en las Figuras 1 a y 1b.

Estos niveles críticos de Ps son superiores a los encontrados en trabajos previos realizados en el área (Berardo *et al.*, 1993) y a los mencionados por Quinteros *et al.* (1997); debiéndose considerar sin embargo los mayores niveles de producción alcanzados con el agregado de N 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.

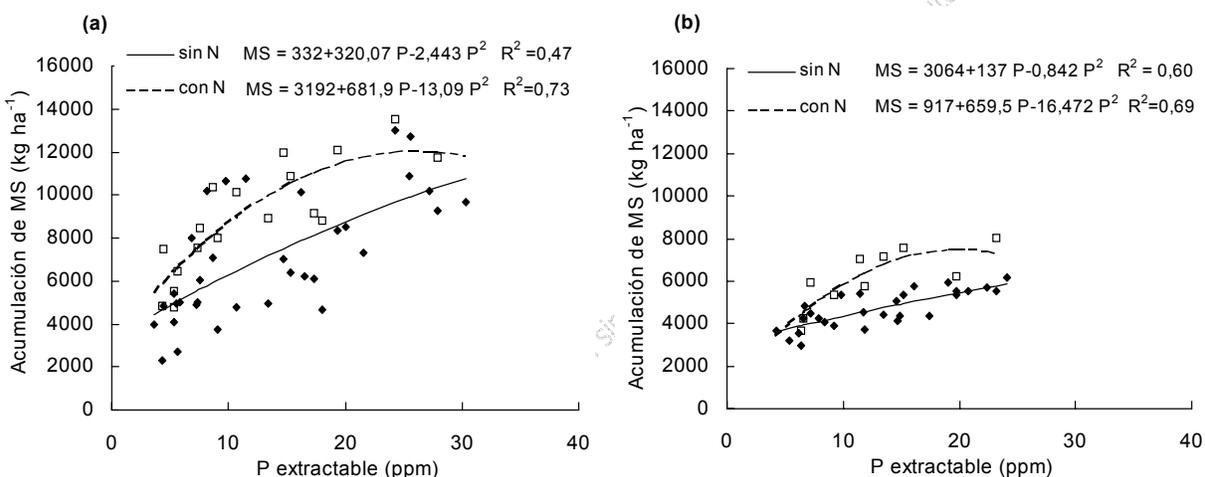


Figura 1: Relación entre el contenido de P extractable y la producción de materia seca de la pastura consociada en los años con disponibilidad hídrica poco limitante (primer y tercer año, 1a) y en el año con stress hídrico prolongado (segundo, 1b).

2 – ALFALFA

a) Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de P extractable en alfalfa bajo cortes

Para alfalfa se definieron cinco tratamientos: cuatro dosis de P aplicado a la siembra: 0, 25, 50 y 100 kg ha^{-1} de P, como superfosfato triple, y uno de refertilización anual con 100 kg ha^{-1} de P aplicado en otoño sobre una dosis inicial de 50 kg ha^{-1} de P (P50+100).

Al igual que en la pastura consociada, la fertilización fosfatada incrementó significativamente el contenido de Ps y la producción de forraje de la alfalfa, con una respuesta variable en cada año (Tabla 2).

Tabla 2: Efecto de la fertilización fosfatada sobre el contenido de P extractable (Ps, ppm) y la producción de forraje de alfalfa (MS, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) para cada período de crecimiento.

P	1° Año		2° Año		3° Año	
	Ps	MS	Ps	MS	Ps	MS
P0	6.73 c	9105c	6.27 c	7599c	4.87 b	8212 b
P25	6.75 c	11792cb	7.60 cb	9144cb	5.15 b	10001 b

P50	17.17 b	12905 ba	10.37 cb	9316cb	6.47 b	9049 b
P100	23.00 a	15620 a	22.60 b	11454 ba	13.10 b	11929 ba
P50+100		14973 ba	47.41 a	14406 a	47.47 a	15324 a

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

Los contenidos de fósforo extractable obtenido en cada uno de los años posteriores a su aplicación, permitieron estimar el incremento de Ps en función del P agregado inicialmente. A título de ejemplo con la aplicación inicial de 100 kg ha^{-1} de P, el aumento en el Ps con respecto al testigo fue de 20, 17, 8.5 y 5.9 ppm en el primer, segundo, tercer y cuarto año respectivamente. Por lo tanto, para incrementar 1 ppm de Ps es necesario aplicar aproximadamente 5, 6, 12 y 17 kg ha^{-1} de P en el primero, segundo, tercer y cuarto año, respectivamente. Estas dosis son bastante similares a las mencionadas con anterioridad para la pastura consociada.

b) Relación entre el contenido de P extractable y la producción de forraje de alfalfa

En el segundo año de evaluación, posterior a la implantación, la máxima producción de forraje de alfalfa (15620 kg ha^{-1} de MS) se obtuvo con el nivel más alto de Ps (23.0 ppm) que correspondió a la dosis de P100. En este mismo ensayo, en el año de implantación la producción máxima con la última dosis fue de 20000 kg ha^{-1} aproximadamente (Berardo y Marino, 2000 b). En los dos años posteriores la producción máxima se alcanzó en los tratamientos de refertilización anual (P50+100) con incrementos de 3000 y 3500 kg ha^{-1} sobre la cantidad de MS producida a partir de la fertilización inicial con P100 (aproximadamente 11500 y 12000 kg ha^{-1} en el tercer y cuarto año, respectivamente) (Tabla 2). Con la refertilización anual los contenidos de Ps fueron cercanos a 50 ppm, valores considerablemente más elevados a los obtenidos con una sola fertilización inicial con 100 kg ha^{-1} de P.

Si bien durante el segundo año se registró una prolongada sequía estival, su efecto sobre el crecimiento de alfalfa fue menos pronunciado que el observado en la pastura consociada (Tabla 1). La producción de MS en los tres períodos analizados fue cercana o superior a 15000 kg ha^{-1} (Tabla 2), aún bajo distintas condiciones hídricas. Esto puede atribuirse en parte a las diferencias en la estructura radical (volumen de raíces y distribución en el perfil de suelo) de ambos recursos forrajeros y, por lo tanto a la mayor capacidad de utilización del agua del suelo por alfalfa comparada con las especies que integraron la pastura consociada (Christian 1977). El distinto período de crecimiento de la alfalfa con relación a la pastura consociada también contribuye a las diferencias señaladas.

La relación entre el contenido de Ps y la producción de MS de alfalfa en cada uno de los tres años de evaluación se indica en la Figura 2.

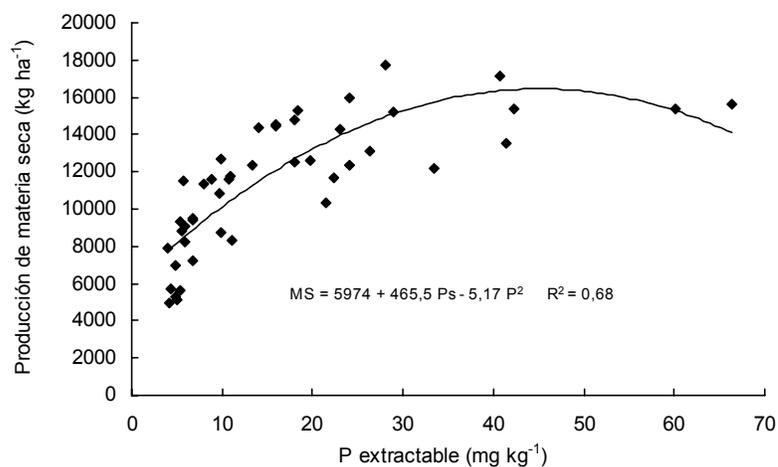


Figura 2: Relación entre el contenido de P extractable y la producción de materia seca de alfalfa en los cuatro años evaluados.

Con la función obtenida el 90 % de la máxima producción de MS de alfalfa se alcanzó con contenidos de Ps cercanos a 25 ppm, que son levemente superiores a los mencionados para pasturas en trabajos previos (Berardo 1975; Quinteros 1997). Esta diferencia puede atribuirse a la mayor producción de forraje de alfalfa con respecto a las pasturas consideradas.

CONCLUSIONES

La fertilización fosfatada incrementó significativamente los contenidos de Ps y la producción de forraje de la pastura consociada y de alfalfa en los tres años posteriores a su aplicación.

En la pastura consociada, el agregado de N mejoró sustancialmente la relación entre Ps y la producción de MS. La producción máxima de forraje varió según los años entre 8000 y 12000 kg ha⁻¹ de MS con contenidos de PS variables entre 20 y 25 ppm.

En alfalfa, la máxima producción de MS se alcanzó con la dosis de 100 kg ha⁻¹ de P en los primeros dos años posteriores a la fertilización inicial; siendo necesaria la refertilización en los dos años posteriores.

En función de la relación existente entre los contenidos de Ps y la producción de MS de alfalfa, se logran niveles de producción óptimos con valores cercanos a 25 ppm de P.

Los incrementos en Ps y en producción de MS a través de los años, causados por la fertilización fosfatada, reflejan la alta residualidad del P en los suelos de la región.

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 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.
- 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.
- 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 Marino, M.A. 2000a. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del sudeste bonaerense. I – Pasturas consociadas. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. En CD.
- Berardo, A. y Marino, M.A. 2000b. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del sudeste bonaerense. II – Alfalfa. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata. En CD.
- Christian, K.R. 1977. Effects of the environment on the growth of alfalfa. *Advances in Agronomy* 29:183-227.
- 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.