

MANEJO DEL FOSFORO EN PASTURAS

C. E. Quintero y N. G. Boschetti
Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER

Seguramente, la fertilización fosfatada de pasturas fue una de las primeras prácticas de fertilización masivamente difundidas en nuestro país. La disponibilidad de P en el sistema suelo-planta-animal juega un rol fundamental definiendo la productividad del sistema, dado que, la deficiencia de P provoca una marcada reducción en el crecimiento y en la calidad del forraje.

Genéricamente se habla de pasturas abarcando este término a un sinnúmero de combinaciones de forrajeras anuales o perennes, de gramíneas y leguminosas puras o consociadas. Sin embargo, es bien conocido que si bien las gramíneas responden a la adición de P cuando éste es deficiente, son las leguminosas las que responden en mayor medida por ser mas exigentes en este nutriente. Dentro de las leguminosas, la alfalfa es la especie de mayor difusión en nuestro país (2 Mha en siembras puras y aproximadamente 4 Mha en mezclas) por su gran productividad y calidad. Es por esto que la fertilización de pasturas en nuestro país puede ser, en gran medida, sinónimo de fertilización de alfalfa.

Disponibilidad de P en el suelo y crecimiento

Las plantas que sufren deficiencias de P reducen la expansión foliar, determinando una menor superficie foliar y un menor número de hojas, juntamente con un amarillamiento y senescencia prematura de las hojas maduras. En contraste el contenido de proteínas y de clorofila por unidad de área foliar no es muy afectado. Frecuentemente el contenido de clorofila es aun mayor en plantas deficientes lo que les da a las hojas un color verde oscuro, sin embargo la eficiencia fotosintética por unidad de clorofila es mucho menor. El crecimiento aéreo se deprime mas que el radical destinando las plantas una proporción mayor de carbohidratos hacia las raíces. Todo esto resulta en una subutilización de los recursos del ecosistema como la radiación y el agua, lo que determina inferiores producciones de forraje.

En cuanto a la evaluación de la disponibilidad de P para las plantas en el suelo, el método de Bray y Kurtz 1 ha demostrado gran versatilidad para la mayoría de los suelos que se pueden encontrar en nuestro país. El índice de Bray integra en gran medida los factores de suelo que hacen a la disponibilidad del P, requiriendo solamente de su calibración para la interpretación de sus resultados (Benavidez, et al 2000). Los trabajos realizados en nuestro país indican que por debajo de los 12 ppm de P Bray es muy probable obtener altas respuestas a la fertilización. (Fig. 1).

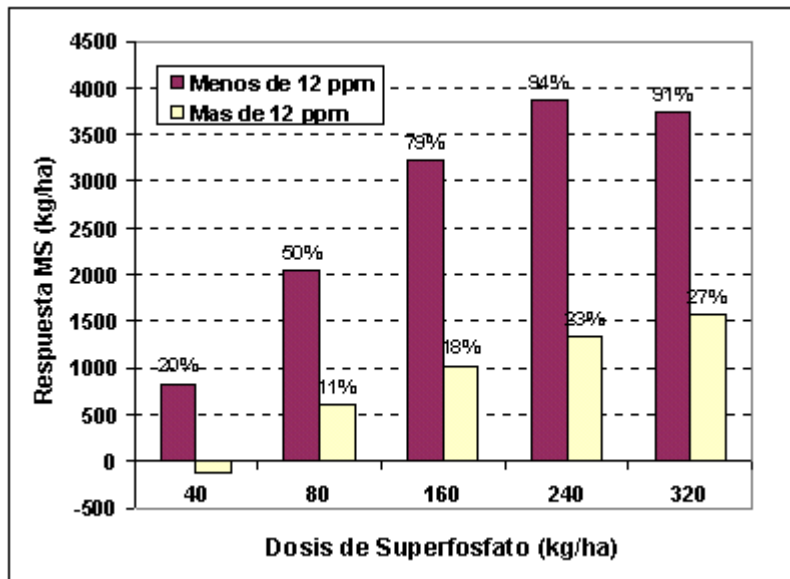


Fig. 1: Respuesta media a la fertilización con superfosfato triple (SPT) en 9 ensayos con menos de 12 ppm y 3 ensayos con más de 12 ppm de P. Producción del primer año en la provincia de Entre Ríos.

La relación entre la disponibilidad de P en el suelo y el rendimiento de la alfalfa se puede apreciar en la figura 2, para ensayos realizados en Entre Ríos, Santa Fe y Buenos Aires.

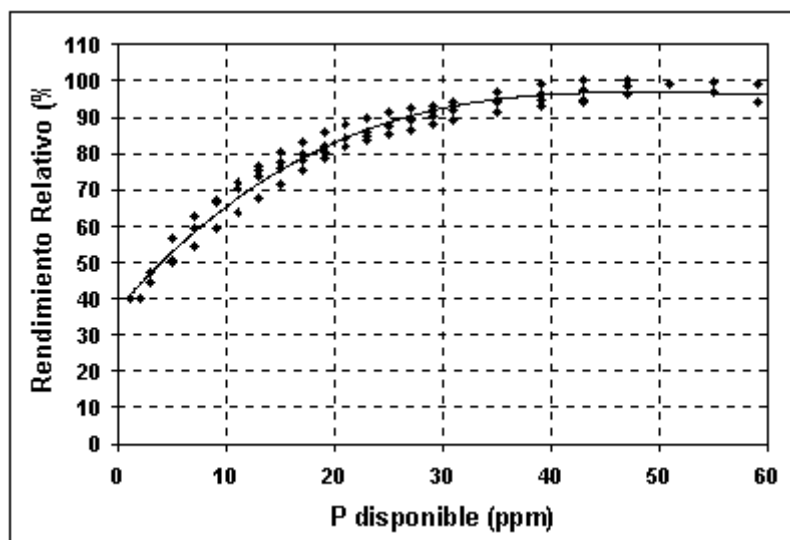


Fig. 2: Relación entre el P disponible por el método de Bray y el rendimiento de alfalfa. Figura construida en base a datos de Berardo y Marino (2000); Vivas y Quaino (2000); Quintero et al. (1996).

La alfalfa alcanza los máximos rendimientos con más de 25 ppm; valores inferiores deprimen el crecimiento de manera significativa. Esto se debe fundamentalmente a la alta exigencia en P que posee la alfalfa. Una buena pastura en base a alfalfa puede extraer unos 60 kg de P /ha/año, lo que implica que el suelo debería disponer de unos 160 g/ha/día; sin embargo, debido al crecimiento estacional, los requerimientos de P pueden incrementarse a más de 500 g/ha/día cuando las plantas crecen activamente. Evidentemente, estos niveles de extracción sólo pueden ser sostenidos por suelos muy bien provistos de fósforo. Otras leguminosas como trébol blanco, lotus, trébol rojo tienen menores requerimientos.

Efecto de la fertilización fosfatada

La adición de P en pasturas de leguminosas ha mostrado incrementos en la producción de forraje de hasta 8000 kg/ha/año. La eficiencia de utilización de P aplicado disminuye con el incremento de la dosis y el aumento de la disponibilidad de P en el suelo. También es inferior en dosis divididas respecto a una aplicación única a la siembra. En términos generales se puede esperar una respuesta de 150 a 200 kg de materia seca por kg de P aplicado, aunque se han observado valores muy superiores (Berardo y Marino, 2000; Bono et al, 1997; Bordoli, 1998; Loewy y Ron, 1998; Morón, 2000; Quintero et al.; 1995 Quintero et al. 1997; Vivas 1996).

La respuesta de las leguminosas a la adición de P es de mayor magnitud a la observada en otras familias botánicas debido posiblemente al efecto que tiene el agregado de este nutriente sobre la nodulación y la fijación de N, lo que repercute en una mayor calidad del forraje producido (Boschetti et al. 1998).

Otro aspecto interesante de destacar es el efecto del P sobre el crecimiento y distribución de las raíces. En suelos deficientes cerca del 80% de la masa radical se encuentra en los primeros 20 cm de suelo, mientras que en suelos fertilizados esa proporción de raíces alcanza los 50 cm de profundidad (Sanderson y Jones, 1993); esto le confiere mayor resistencia a la sequía junto con un mayor volumen de suelo explorado.

Es frecuente encontrar el enunciado que la fertilización favorece la perennidad de las pasturas. Esto puede interpretarse como una mayor supervivencia de plantas en el tiempo debido a la mayor disponibilidad de P. Sin embargo este es un aspecto que no ha sido comprobado de manera generalizada. En la tabla 1 se muestra el efecto de la aplicación de fertilizante incorporado a la siembra versus la aplicación anual en superficie. Como se puede observar, la densidad de plantas y de tallos al tercer año, no fue afectada por la dosis ni por el método de aplicación. Se observó una tendencia hacia un mayor número de tallos por planta y a coronas más pesadas por la adición de fertilizante, independientemente de la forma de aplicación. Sin embargo, fue muy significativo el efecto de la dosis aplicada sobre el peso de los tallos y el rendimiento por planta.

Tabla 1: Efecto de la fertilización con superfosfato triple incorporado en la siembra y la refertilización anual al voleo, sobre el crecimiento de alfalfa en un suelo franco arenoso de Texas, EE.UU. (Sanderson y Jones (1993).

Dosis SFT (kg/ha)	P suelo (ppm)	Plantas (nº/m²)	Tallos (nº/m²)	Tallos por Planta (nº)	Peso de la corona (g)	Peso del Tallo (mg)	Pe
Incorporado ⁽¹⁾							
0	6	118	406	3,8	1,6	259	:
150	13	116	453	4,2	1,8	364	:
300	17	93	406	4,7	2,1	538	:
En superficie ⁽²⁾							
0	7	134	433	3,6	1,4	242	:
150	11	109	431	4,1	1,9	406	:
300	26	98	420	4,6	2,0	494	:

⁽¹⁾ Dosis aplicadas a la siembra e incorporada.

⁽²⁾ Dosis aplicada a la siembra en superficie y repetida cada año.

Estrategias de fertilización fosfatada

El programa de fertilización de pasturas, en lo que respecta a fósforo, debe contemplar la disponibilidad del elemento y la capacidad de retención o fijación del suelo, así como la vida útil de la pastura.

El fertilizante aplicado a la siembra permite su incorporación al suelo y puede ser aprovechado desde el inicio de la pastura, por lo cual es el que mayor respuesta da y el que con mayor eficiencia se utiliza (Quintero et al. 1997). Por el contrario, en las aplicaciones en cobertura se obtienen menores respuestas y menor eficiencia de

aprovechamiento, además están sujetas al riesgo de pérdida por movimiento superficial provocado por las lluvias. Es por ello que la fertilización inicial es clave y fundamental en la productividad y en la respuesta económica a la fertilización.

La dosis a aplicar deberá ser mayor cuando menor sea la disponibilidad y mayor sea el poder de retención de P del suelo. Según los trabajos realizados por las Universidades de Entre Ríos y de la República del Uruguay, se requieren de 10 a 30 kg de superfosfato por hectárea para aumentar 1 ppm de P Bray en el suelo. Estos valores varían en función del tipo de suelo especialmente por su textura. En la Tabla 2 se dan valores orientativos para la fertilización de pasturas de alfalfa en distintos suelos. Estas dosis son para aplicaciones del fertilizante al voleo y mezclado con el suelo. En el caso de fertilizaciones en líneas las dosis pueden reducirse. En pasturas menos exigentes como trébol rojo, trébol blanco o lotus las dosis pueden reducirse en un 20 %. La refertilización esta recomendada para valores de P disponible en el suelo inferiores a 14 ppm (Quintero et al 1997).

Tabla 2: Dosis orientativas de fertilización con superfosfato triple (kg/ha) para obtener una máxima producción de alfalfa. Refertilización en suelos con P < 14 ppm.

P disponible (ppm)	Tipo de suelo		
	Franco arenoso a Arenoso (arcilla < 10 %)	Franco a Franco limoso (arcilla 10 a 30 %)	Franco arcilloso (arcilla > 30 %)
< 5	> 250	> 300	> 360
5 - 12	250 - 160	300 - 200	360 - 230
12 - 18	160 - 90	200 - 100	230 - 130
18 - 25	< 90	< 100	< 130
Refertilización	80	100	120

La respuesta a la refertilización está condicionada por el estand de plantas leguminosas. Los trabajos realizados por Quintero et al (1997) dejan clara evidencia de que el rendimiento de pasturas con menos de 80 plantas leguminosas por metro cuadrado no supera los 3000 a 4000 kg/ha por año aunque el nivel de P disponible en el suelo sea alto (Figura 3).

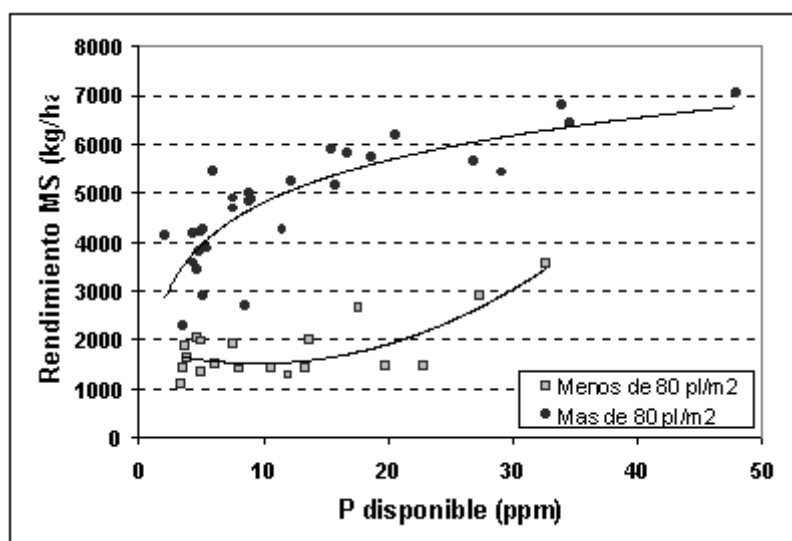


Figura 3: Relación entre el estand de plantas de leguminosas, el P disponible y la productividad de las pasturas en Entre Ríos (Quintero et al, 1997).

Utilización de fosfatos naturales

Para el caso de las pasturas existe la posibilidad de utilizar fertilizantes de baja solubilidad como las rocas fosfóricas. Estos fertilizantes tienen la ventaja de su menor costo y son considerados fertilizantes naturales aceptados para las producciones orgánicas. La efectividad de las rocas depende de su composición físico-química ligada a su origen. Existen dos materiales destacados por su reactividad, ellos son la roca proveniente de Carolina del Norte (EE.UU.) y la de Gafsa (Túnez). Estos materiales reaccionan más rápido con el suelo solubilizándose mayor proporción de P. Químicamente los fosfatos naturales son "apatitas" o fosfatos de Ca cuya solubilidad en agua es muy baja, sin embargo, gracias a la acidez natural del suelo una proporción puede disolverse y ser absorbida por las plantas. Ensayos realizados en Entre Ríos mostraron que la roca fosfórica permaneció en más de un 80 % en su estado natural insoluble luego de 3 meses de reacción con el suelo, sin embargo el rendimiento del lotus fue de 80 a 90 % del obtenido con supertriple. Las experiencias realizadas por Berardo y Marino (1993) en el sudeste bonaerense mostraron que la respuesta al Superfosfato fue superior a la roca fosfórica en el primer año; sin embargo la respuesta al fosfato natural fue igual o superior al supertriple en el segundo y tercer año. Por otro lado, los trabajos realizados en Uruguay y en otros países indican que los mejores resultados en la utilización de fosforitas se obtienen en suelos de pH inferior a 5,5. En suelos de baja acidez 5,5 a 6,5 deberían incrementarse las dosis de un 30 a 50 % para obtener respuestas similares al SPT.

Encalado y otros nutrientes

En algunas circunstancias la respuesta a P puede estar limitada por condiciones adversas del ambiente o deficiencias de otros nutrientes. El encalado previo a la siembra en pasturas de alfalfa, es particularmente recomendado en suelos con un pH inferior a 6 y baja disponibilidad de P (Boschetti et al. 2000). La adición de Sulfato de amonio o Sulfonitrato de amonio en primavera ha mostrado respuestas interesantes en pasturas de alfalfa y festuca, así como la adición de boro y molibdeno en algunas ocasiones. Sin duda la fertilización balanceada es la clave para la alta productividad.

Referencias

- Benavidez, R.A.; Boschetti, N.G.; Quintero, C.E.; Barrera, R.; González, A. 2000. Evaluación de la fertilidad fosfatada de los suelos para los principales cultivos extensivos de Entre Ríos. *Ciencia Docencia y Tecnología* 21:221-266.
- Berardo, A.; Marino, M. 1993. Eficiencia relativa de un fosfato natural en pasturas cultivadas en molisoles del sudeste bonaerense. Congreso Argentino de la Ciencia del suelo, Mendoza-
- Berardo, A.; Marino, M. 2000. 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.
- Bono, A.; Montoya, J.; Babinec, F. Lescano, P.; Buschiazio, D. 1997. Fertilización combinada en las zonas semiárida y subhúmeda. Cuadernillo de pasturas y verdes. *Revista Agromercado*.
- Bordoli, M. 1998. Fertilización fosfatada de pasturas. Jornada de actualización técnica en pasturas. INTA Concepción del Uruguay.
- Boschetti N.G., C.E. Quintero, J.E. Mayer, M.R. Barrera, R.A. Benavidez. 1998. Evaluación del estado nutricional de pasturas de alfalfa utilizando el análisis de tejido vegetal. *Revista Científica Agropecuaria, FCA, UNER*. 2:13-20.
- Boschetti, N.; Quintero, C.; Luca, C.; Quinodoz, E. 2000. Respuesta de una pastura de alfalfa al encalado y fertilización con fósforo y molibdeno. *Revista Facultad de Agronomía. UBA*. 20 (1):105-110.
- Loewy, T.; Ron, M. 1998. Respuesta al fósforo en una pastura mixta en el sudoeste bonaerense. Congreso Argentino de la Ciencia del suelo, Carlos Paz.

- Marschner, H. 1998. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. Norlforlk, Londres. Academyc press Ltd.
- Morón, A. 2000. Alfalfa: Fertilidad de suelos y estado nutricional en sistemas agropecuarios de Uruguay. Informaciones Agronómicas del cono sur N° 8. INPOFOS.
- Quintero C.E.; Boschetti, N.G.; Benavidez, R.A. 1995. Fertilización fosfatada de pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo. AACS. 13(2):60-65.
- Quintero C.E.; Boschetti, N.G.; Benavidez, R.A. 1997. Efecto residual y refertilización fosfatada de pasturas implantadas en Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo 15:1-5.
- Sanderson, M.; Jones, J. 1993. Stand dynamics and yield components of alfalfa as affectes by phosphorus fertility. Agron. J. 85:241-246.
- Vivas, H.; Guaita, S.; Hein, W.; Empinotti, V. 1996. Fertilización de alfalfa en un suelo representativo del centro este de Santa Fe: Producción de primavera, 1995. Información Técnica N°200, INTA Rafaela.