

## EFECTO RESIDUAL Y REFERTILIZACION FOSFATADA DE PASTURAS IMPLANTADAS EN ENTRE RIOS (ARGENTINA)

C E QUINTERO, N G BOSCHETTI, R A BENAVIDEZ

Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER Paraná, Entre Ríos CC 24 (3100) Argentina. <ediaz@unl.edu.ar>

### RESIDUAL EFFECT AND PHOSPHORUS REFERTILIZATION OF PASTURES IN ENTRE RIOS (ARGENTINA)

Essays with triple superphosphate fertilizer in pastures were carried out in farmer's fields to evaluate the residual effect of this fertilizer when applied at sowing and the response to refertilization. The experiments showed that total annual yield for the second and third year was significantly related to the number of leguminous plants per square meter, to P-Bray availability and to phosphorus rate. Yield increased to 6500 kg ha<sup>-1</sup> in a linear way up to a total amount of 200 legumes plants m<sup>-2</sup>. Pastures showed a positive response to the residual effects of the fertilizer only when the stand of leguminous plants surpassed 80 plants m<sup>-2</sup>. The soil test P-Bray 1 was calibrated according to Nelson's & Anderson's method; fertility classes were classified as low, medium and high and their class limits were 5 and 14 mg P kg<sup>-1</sup>. Fertilizer application (refertilization), in rates of 8 to 16 kg ha<sup>-1</sup>, produced a yield increase that varied from 640 to 1500 kg ha<sup>-1</sup> for low and medium class whereas no response was observed for the highest class. Due to low stand of legumes plants that survived in the third year, the residual effect of sowing fertilizer was extended only until the second year. The best result in three years, was obtained with fertilization at sowing, whereas refertilization in the second and third year did not significantly increase total response. The effectiveness of phosphorus fertilizer incorporated at sowing was higher than dividing the same rate in two or three applications.

**Key words:** Phosphorus fertilizer-Pastures- Residual effects-Vertisol-Soil test calibration

### INTRODUCCION

La fertilización fosfatada de pasturas, en el momento de la siembra, es una práctica que ha mostrado respuestas significativas en la producción de forraje cuando la disponibilidad de este elemento se encuentra en niveles bajos o deficientes y no es limitada por algún otro componente del rendimiento vegetal (Díaz-Zorita 1995). Los ensayos más importantes sobre fertilización y refertilización de pasturas en nuestro país fueron realizados a comienzos de la década del 70 por Berardo (1976) sentando las bases para el diagnóstico de fertilización de pasturas. Para los suelos de Entre Ríos se han presentado resultados que constituyen una primera aproximación a los fines de realizar un diagnóstico y recomendación de fertilización fosfatada de pasturas en implantación basado en análisis de suelo (Quintero *et al.* 1995). Los autores consideran que el método de Bray y Kurtz 1 (AACS 1991) es adecuado para valorar la fertilidad fosfatada de los suelos, en condiciones similares a las ensayadas (Quintero *et al.* 1996).

Boschetti *et al.* (1996), en base a estos mismos ensayos, pudieron constatar que la cantidad de fósforo extraíble en el corto plazo depende del fósforo nativo, más la dosis de fósforo adicionada, afectada por la capacidad amortiguadora de fosfatos del suelo y el rendimiento en materia seca. Resta por conocer si la disponibilidad residual del fertilizante medida por la

extracción química es registrada por las plantas a través de mayor producción de biomasa. Además, existen dudas acerca de la respuesta a la fertilización de pasturas ya implantadas o refertilización, debido a la imposibilidad de incorporar el fertilizante. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de la pastura a la fertilidad residual y a la refertilización fosfatada además de calibrar el análisis de suelo en pasturas implantadas de Entre Ríos.

### MATERIALES Y METODOS

En el periodo comprendido entre los años 1987-1994 se llevaron adelante 12 ensayos de fertilización fosfatada sobre pasturas en campos de productores. Las praderas estuvieron compuestas por alfalfa (*Medicago sativa*) o lotus (*Lotus corniculatus*), como leguminosa principal o base, y festuca (*Festuca arundinacea*), como gramínea principal; consociadas, según el caso, con otras especies gramíneas y leguminosas. En el momento de la siembra se aplicaron distintas dosis de superfosfato triple de calcio (0-8-16-32-48-64 kg de P ha<sup>-1</sup>) distribuidas al voleo e incorporadas superficialmente. Sin embargo el número de tratamientos se incrementó a 10 para 7 ensayos y a 11 para los otros 5 debido a que se contempló la posibilidad de evaluar la respuesta a la refertilización. En el otoño, cumplido el primer y segundo año, se ensayaron dosis de 8 y 16 kg de P ha<sup>-1</sup> aplicadas en cobertura sobre parcelas que habían sido fertilizadas anteriormente. El diseño estadístico utilizado fue en bloques completos aleatorizados, con tres repeticiones, en parcelas de 15 m<sup>2</sup> dentro del gran cultivo. En algunos casos, debido a condiciones de extrema sequía y otros inconvenientes, los productores resolvie-

ron roturar las pasturas cuando se tornaron poco productivas, por lo que no todos los ensayos pudieron ser evaluados completamente. Es así que se dispuso de la información de seis ensayos en el segundo año y de tres en el tercero, lo que hace un total de 91 datos promedio de tres observaciones cada uno.

Se evaluó la materia seca producida por corte a una altura de 5 a 7 cm, en una superficie de 4,5 m<sup>2</sup>, contabilizándose el número de plantas leguminosas, gramíneas y malezas en una superficie de 0,1 m<sup>2</sup> en el primer corte con lo que se calculó la eficiencia de implantación (plantas logradas/semillas sembradas x 100) y luego cada año, en otoño. Las parcelas de los ensayos recibieron el manejo habitual, con pastoreo rotativo, cosechándose el forraje previo al ingreso de los animales al lote. Se consideró como año de producción al período comprendido desde el momento de la refertilización, hasta el otoño siguiente (marzo-abril). Se analizó la producción total de materia seca obtenida en 5 a 7 cortes, definiéndose la respuesta a la refertilización como la diferencia de rendimiento entre el tratamiento refertilizado y el que no lo fue. El efecto residual del fertilizante aplicado a la siembra se estableció como la diferencia de producción con el testigo que nunca fue fertilizado. Se determinó además el fósforo extraíble (PE) por el método de Bray y Kurtz I (AACS 1991) cada otoño a una profundidad de 0 a 10 cm. El extractor se calibró siguiendo la metodología propuesta por Cate y Nelson (1965) y Nelson y Anderson (1977). Los sitios experimentales se localizaron sobre suelos con características vérticas (Peludertes árgicos y Argiudoles vérticos) en los departamentos Paraná, La Paz, Nogoyá y Villaguay; mayor información acerca de los mismos puede encontrarse en Quintero *et al.* 1995.

Los resultados de los diferentes ensayos se analizaron estadísticamente en forma conjunta, se testeó la correlación lineal simple entre las variables analizadas (Tabla 1) ajustando modelos explicativos seleccionados por su mayor r<sup>2</sup>. Se realizó un análisis de varianza de los datos de rendimiento y respuesta, haciendo las comparaciones entre medias por el test de Tukey. Se calculó la eficiencia física de la fertilización como el cociente entre la respuesta de materia seca producida en tres años por kg de fósforo adicionado.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Efecto de la fertilización sobre el estand de plantas

Debido a la fertilización anterior se obtuvo una gran variabilidad de valores de PE, materia seca (MS) y estand de plantas en el segundo y tercer año (Tabla 1).

La fertilización a la siembra provocó un aumento significativo en la producción de forraje del primer año (Boschetti *et al.* 1996), aunque no hubo efecto sobre el estand de plantas forrajeras logradas y la eficiencia de

Tabla 1. Estadística descriptiva (n=91).

Variable	Media	Mínimo	Máximo	CV (%)
PE (mg kg <sup>-1</sup> )	12,6	2,0	47,9	74,1
MS (kg ha <sup>-1</sup> )	4059	1110	7040	43,6
LEG (Pl m <sup>2</sup> )	124	10	446	79,6
GRA (Pl m <sup>2</sup> )	69	4	117	37,6
MAL (Pl m <sup>2</sup> )	20	0	142	161,6
TPF (Pl m <sup>2</sup> )	194	67	505	49,1

PE: fósforo extraíble, MS: materia seca, LEG: leguminosas, GRA: gramíneas, MAL: malezas, TPF: total de plantas forrajeras.

implantación. La mayor disponibilidad de fósforo debida al efecto residual del fertilizante, en los años siguientes, se asoció con un mayor estand de plantas leguminosas y menor de las gramíneas, con una asociación inversa entre familias botánicas. Podría pensarse que las leguminosas responden en mayor medida al fósforo y compiten con más fuerza con las gramíneas disminuyendo su población.

Analizando la totalidad de los resultados se observó que la producción anual de materia seca se relacionó significativamente ( $P < 0,001$ ) con el número de plantas leguminosas por metro cuadrado ( $r^2 = 0,32$ ), el fósforo disponible ( $r^2 = 0,07$ ) y la dosis de fertilizante ( $r^2 = 0,14$ ). El rendimiento aumentó linealmente hasta un valor de 200 pl m<sup>2</sup> con el cual se alcanzó una producción de unos 6500 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 1).

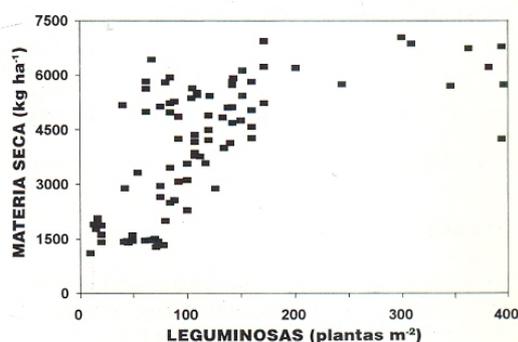


Figura 1. Relación entre el estand de plantas leguminosas y el rendimiento del segundo y tercer año.

### Rendimiento de los tratamientos no refertilizados

En los tratamientos que no fueron fertilizados nuevamente, la producción de materia seca estuvo directamente correlacionada ( $P < 0,001$ ) con el estand de plantas leguminosas y la disponibilidad de fósforo. Utilizando la metodología de Nelson y Anderson (1977) se pudo constatar que cuando el número de plantas de leguminosas fue inferior a 80 pl m<sup>2</sup> el rendimiento no aumentó significativamente a pesar de la mayor disponibilidad de P (Figura 2). Un modelo continuo permitió explicar 61 y 68 % de la variabilidad en la producción de materia seca en los tratamientos sin refertilización, con menos y más de 80 plantas leguminosas por metro cuadrado respectivamente (Ecuaciones 1 y 2).

$$MS = 1848 - 69,2 PE + 3,63 PE^2 \quad r^2 = 0,615 \quad P < 0,001 \quad (1)$$

Menos de 80 pl m<sup>2</sup>

$$MS = 1936 + 2879 \text{ Log PE} \quad r^2 = 0,679 \quad P < 0,001 \quad (2)$$

Más de 80 pl m<sup>2</sup>

PE: fósforo extraíble (mg kg<sup>-1</sup>), MS: materia seca (kg ha<sup>-1</sup>).

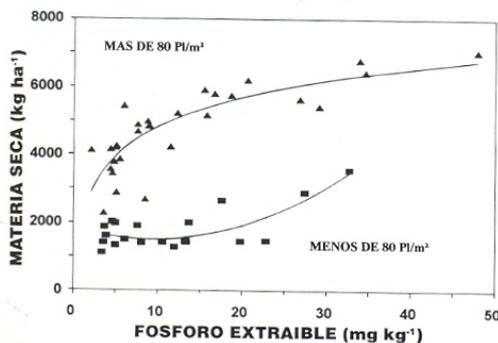


Figura 2. Efecto del estado de plantas leguminosas y de la disponibilidad de fósforo sobre el rendimiento del segundo y tercer año de los tratamientos no refertilizados.

#### Calibración del análisis de suelo

El método de análisis de varianza de Nelson y Anderson (1977) permitió diferenciar claramente dos poblaciones con distinto comportamiento frente al agregado de fertilizante. Por debajo de los 14 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo extraíble, suelos con respuesta y con más de 14 mg kg<sup>-1</sup> suelos sin respuesta a la refertilización (Figura 3). El análisis permitió diferenciar un subgrupo de suelos con menos de 5 mg kg<sup>-1</sup> de PE con alta probabilidad de respuesta que fue corroborado por el método gráfico de Cate y Nelson (1965), dividiendo a los suelos en tres clases (Tabla 2).

El límite de 14 mg kg<sup>-1</sup> de PE estaría indicando un nivel de suficiencia por sobre el cual no se esperan respuestas a la refertilización dado que se alcanza una producción superior al 90% del máximo. Este valor es

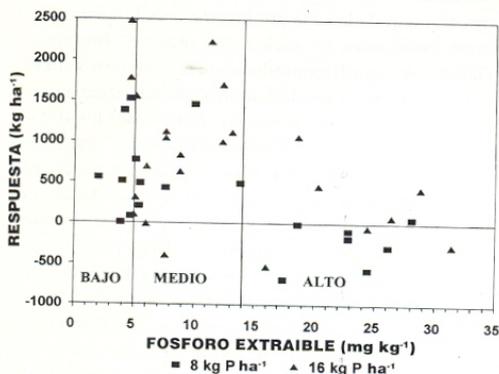


Figura 3. Respuesta a la refertilización con 8 y 16 kg P ha<sup>-1</sup> en función de la disponibilidad de fósforo en el suelo.

inferior al presentado para pasturas en implantación por Quintero *et al.* (1995), que es de 23 mg kg<sup>-1</sup>, debido probablemente a que las plantas en este momento tienen un extenso sistema radical con el cual pueden alcanzar un óptimo crecimiento con menos fósforo disponible. De manera similar, Baethgen y Bozzano (1981), atribuyeron la falta de respuesta a la refertilización de pasturas en base a alfalfa, en parte a su profundo sistema radical con menor densidad de raíces en los primeros centímetros de suelo. Por las razones expresadas anteriormente y por que la aplicación del fertilizante se realiza en

Tabla 2. Respuesta a la refertilización

Dosis (kg P ha <sup>-1</sup> )	Clase de Fertilidad			Medias
	Baja	Medía	Alta	
	(kg MS ha <sup>-1</sup> )			
8	677(6)abc	642(6)abc	-253(7)c	323(23)b
16	1457(3)a	911(13)ab	170(7)bc	757(19)a
Medias	937(9)a	826(19)a	-41(14)b	561(42)

Valores entre paréntesis indican el número de datos. Letras iguales no presentan diferencias significativas (Tukey P>0,05)

cobertura sin incorporación, las respuestas observadas son inferiores a las registradas con la fertilización a la siembra mostrando una menor eficiencia de uso del fertilizante (Tabla 2).

#### Respuesta a la refertilización y efecto residual

La respuesta a la refertilización estuvo en relación inversa con el nivel de fertilidad fosfatada ( $r^2=0,21$ ) y directa con la dosis de fertilizante ( $r^2=0,08$ ) pero no fue afectada por el estado de plantas forrajeras o malezas. No se encontró una diferencia significativa en la respuesta para las poblaciones de menos de 80 plantas de leguminosas por m<sup>2</sup>.

En el segundo año, comparando los tratamientos en los que se realizó la fertilización a la siembra con el testigo, se observó un efecto residual significativo con la dosis de 32 y 64 kg P ha<sup>-1</sup>. Sólo se observó una diferencia significativa en la producción de materia seca entre el tratamiento refertilizado con 16 kg P ha<sup>-1</sup> aplicado sobre los 16 kg P ha<sup>-1</sup> (16-16), mientras que no hubo diferencias significativas en el rendimiento con la dosis de 8 kg P ha<sup>-1</sup> sobre 16 kg P ha<sup>-1</sup> (16-8) y 16 kg P ha<sup>-1</sup> sobre 32 kg P ha<sup>-1</sup> (32-16) (Figura 4).

En el tercer año las producciones fueron muy bajas no superando en promedio los 3000 kg ha<sup>-1</sup>; sólo se diferenciaron significativamente del testigo el tratamiento de 64 kg P ha<sup>-1</sup> aplicado a la siembra y el de 32 kg P ha<sup>-1</sup> a la siembra más 16 kg P ha<sup>-1</sup> al año. Aparentemente las bajas producciones del tercer año, también manifestadas por

Santiñaque (1981) en suelos similares, se deben al reducido número de plantas leguminosas que sobreviven en estos suelos; con menos de 80 pl m<sup>-2</sup> la producción no superó los 2000 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que con 100 a 150 pl m<sup>-2</sup> se alcanzaron valores de 4000 a 5000 kg ha<sup>-1</sup>. Morón (1981) asume que la producción de las pasturas en Uruguay decae substancialmente en el tercer y cuarto año,

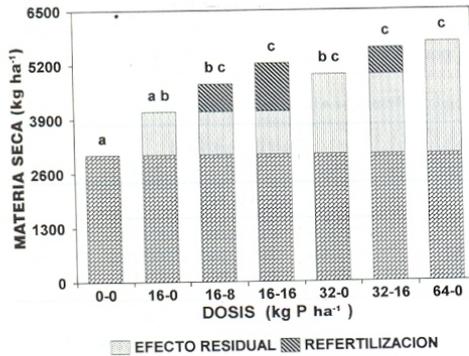


Figura 4. Producción de materia seca en el segundo año, media de 6 ensayos. Letras iguales no presentan diferencias significativas (Tukey  $P > 0,05$ )

independientemente del fósforo, por lo cual sugiere adaptar las políticas de fertilización aceptando esta situación como un hecho inevitable. Si bien se trata de suelos diferentes, Bono *et al.* (1996) para un ensayo de tres años con pastura de alfalfa y festuca en La Pampa,

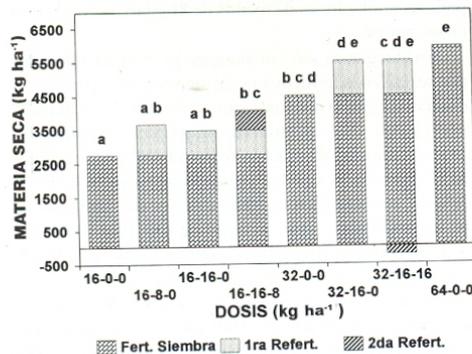


Figura 5. Respuesta promedio observada en tres años. Letras iguales no presentan diferencias significativas (Tukey  $P > 0,05$ )

Tabla 3. Eficiencia física y económica de la fertilización

Dosis de P (kg ha <sup>-1</sup> )		Producción en tres años Ref. (kg MS ha <sup>-1</sup> )		Eficiencia física (kg MS kg <sup>-1</sup> P <sup>-1</sup> )
Siembra	1ra Ref.-2da	Ref.	Ref.	
0	0	0	9708	a
16	0	0	12460	b
16	8	0	13371	bcd
16	16	0	13186	bc
16	16	8	13762	bcde
32	0	0	14209	cdef
32	16	0	15221	ef
32	16	16	14978	def
64	0	0	15635	f

Letras iguales no presentan diferencias significativas (Tukey  $P > 0,05$ )

comunicaron que la fertilización a la siembra produjo similares rendimientos que los tratamientos con refertilización y más altos que la fertilización postergada, siendo la dosis de 20 kg P ha<sup>-1</sup> aplicada a la siembra la más eficiente.

La Figura 5 muestra la respuesta promedio total en tres años, evidenciando que los mayores aumentos de producción se obtienen con la fertilización en el momento de la siembra mientras que las refertilizaciones al segundo y tercer año no producen un incremento significativo. Evidentemente el aprovechamiento del fertilizante incorporado en la siembra es muy superior al aplicado en cobertura en los años siguientes, debido a que en el primer año se observan las mayores respuestas con una producción adicional en los años siguientes por efecto residual.

La producción total de materia seca pudo ser aumentada en promedio de un 30 a un 60 % por la fertilización fosfatada; sin embargo los 10 a 15 Mg ha<sup>-1</sup> obtenidos en tres años equivalen a la producción anual registrada en otras localidades en suelos con menores límites. Debido a la baja disponibilidad de fósforo de los suelos de Entre Ríos la eficiencia de utilización del fertilizante fue elevada, superando en la mayoría de los casos los 100 kg de materia seca por kg de fósforo adicionado (Tabla 3). Es de notar que una única aplicación fue igual o más eficiente que la misma dosis dividida en dos o tres años. Es así que los 32 kg P ha<sup>-1</sup> aplicados a la siembra fueron más efectivos que los 16 kg P ha<sup>-1</sup> a la siembra más 16 kg P ha<sup>-1</sup> al año, mientras que 64 kg P ha<sup>-1</sup> tuvieron una eficiencia similar a la misma dosis repartida en tres años (32+16+16 kg P ha<sup>-1</sup>). De las alternativas evaluadas, la más promisoría por su alta producción de forraje y eficiencia, sería la fertilización con 32 kg P ha<sup>-1</sup> sin posteriores refertilizaciones.

A la luz de estos resultados, teniendo en cuenta el decaimiento de la producción que se da a partir del tercer año por el bajo estand de plantas leguminosas, parecería más apropiado realizar una fertilización a la siembra que permita alcanzar el máximo de producción en el primer año, contemplando la refertilización en el segundo año sólo cuando el nivel de PE haya descendido a valores inferiores a 14 mg kg<sup>-1</sup>.

#### AGRADECIMIENTOS

A los productores y técnicos que colaboraron en la red de ensayos. Trabajo financiado por SICTFRH UNER, CONICET y CAPFTA.

#### REFERENCIAS

- A.A.C.S. 1991. Programa de métodos analíticos de referencia. PROMAR. p:20-27
- Baethgen WE, Bozzano AS. 1981. Efecto comparativo de la fertilización inicial y las refertilizaciones en alfalfa y trébol blanco. Publicación miscelánea N°37. Est.Exp.Agr. La Estanzuela, INIA. Uruguay. 16pp
- Berardo A. 1976. Método de diagnóstico para la fertilización fosfatada de pasturas en los suelos del Sudeste Bonaerense. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Suplemento N° 33. p:337-350
- Bono A, Buschiazzo DE, Lezcano P, Montoya J, Babinec FJ. 1996. Fertilización fosfatada de pasturas en la Región Semiárida Pampeana Central. Rendimientos del cultivo y efecto residual del fertilizante. XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 176
- Boschetti NG, Quintero CE, Benavidez RA. 1996. Residualidad del fertilizante fosfatado en pasturas consociadas de Entre Ríos. Ciencia del Suelo. 14:20-23
- Cate R, Nelson L. 1965. A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data. International soil testing. North Carolina State University Agricultural Experiment Station, Raleigh. Technical bulletin N° 1
- Díaz-Zorita M. 1995. Fertilización de especies forrajeras (Revisión bibliográfica). Publicación técnica N° 20. Est.Exp.Agr. General Villegas, INTA
- Morón AE. 1981. Algunas consideraciones sobre políticas de fertilización de pasturas. Publicación miscelánea N°37. Est.Exp.Agr. La Estanzuela, INIA. Uruguay, 15pp
- Nelson LA, Anderson RL. 1977. Partitioning of soil test-crop response probability. Soil Testing: Correlating and interpreting the analytical results. ASA. special publication N° 29. Madison, Wiscconsin. p 19-38
- Quintero CE, Boschetti NG, Benavidez RA. 1995. Fertilización fosfatada de pasturas en implantación en suelos de Entre Ríos. Ciencia del Suelo. 13:60-65
- Quintero CE, Boschetti NG, Benavidez RA. 1996. Calibración de fósforo extraíble (Bray-Kurtz 1) para praderas mixtas en suelos de Entre Ríos, Argentina. Agricultura Técnica, Chile. 56:18-22
- Santiñaque FH. 1981. El fósforo en relación con la persistencia y productividad en pasturas convencionales. Publicación miscelánea N°37. Est.Exp.Agr. La Estanzuela, INIA. Uruguay, 9pp