

## FERTILIZACION FOSFORICA DE ALFALFA EN DOS SUELOS DEL SUDOESTE BONAERENSE

T. LOEWY<sup>1</sup>, y M. de las MERCEDES RON<sup>2</sup>

Recibido:23-03-92

Aceptado:05-04-92

### RESUMEN

*El objetivo del trabajo fue realizar estudios preliminares sobre el potencial de respuesta de la alfalfa (*Medicago sativa*) al P, la eficiencia del fertilizante y su efecto residual en el suelo.*

*En los años 1984 y 1985 se implantaron ensayos en San Miguel (Haplustol típico) y Guaminí (Argiudol típico), respectivamente. El diseño fue de bloques completos con unidades experimentales de 27 m<sup>2</sup>. Los tratamientos incluían dosis (kg de P/ha) de 0, 20, 40, 60 (SPT) y 20 ó 40 (PDA) aplicadas al voleo y en presiembra. El rendimiento medio (kg de M.S./ha), para los dos primeros cortes, fue de 700 para Guaminí y de 1800 para San Miguel (3 y 6 ppm de P Bray). Las respuestas a 40 kg de P fueron del orden de 150 y 25%, respectivamente. El PDA tuvo un efecto depresivo de la leguminosa sólo en presencia de "cebadilla" (*Avena fatua*).*

*Las constantes de Bray-Mitscherlich reflejaron un rápido desarrollo del sistema radical de la alfalfa, entre la 1<sup>o</sup> y 2<sup>o</sup> evaluación. Las dosis experimentales no fueron suficientes para alcanzar "rendimientos máximos". La mayor eficiencia para el suelo más deficiente se alcanzó con 40-50 kg de P/ha. La residualidad del P aplicado se mantuvo en el suelo, aproximadamente, durante dos años.*

**Palabras claves:** Alfalfa, fertilización, fósforo, efecto residual.

### SUMMARY

*The objective of this paper was to carry out preliminary studies on the potential of alfalfa yield response to P fertilizer, its efficiency and residual effect in soil.*

*In 1984 and 1985 two experiments were established in San Miguel (Typic Haplustol) and Guaminí (Typic Argiudol) respectively. A design of complete blocks with experimental units of 27 m<sup>2</sup> was used. Treatments were rates (kg P/ha) 0, 20, 40, 60 of TSP and 20, 40 of DAP applied broadcast before sowing. Average yield for the two first evaluations in kg D.M./ha was 700 for Guaminí and 1800 for San Miguel (3 and 6 ppm P Bray). Response to 40 kg P/ha was about 150 and 25% respectively. DAP depressed legume yield only when *Avena fatua* was present.*

*Bray-Mitscherlich constants reflected a rapid growth of alfalfa root system between the first and 2nd evaluation. Rates applied were not high enough to reach maximum yields. The highest efficiency for the lower testing soil was for 40-50 kg P/ha. Residual fertilizer P remained available approximately for 2 years after application.*

**Key words:** Alfalfa, fertilization, phosphorus, residual effect.

<sup>1</sup>INTA, E.E.A. Bordenave (8187) Bordenave. -Argentina-

<sup>2</sup>U.N.S. Depto. de Agronomía. (8000) Bahía Blanca. -Argentina-

## INTRODUCCION

La superficie con praderas mixtas en el sudoeste bonaerense se aproxima a un 10% de las tierras productivas (INTA Bve., 1985). Esta proporción podría quintuplicarse, dentro de un planteo que contemple la aptitud de los suelos del área y las necesidades de revertir los procesos de degradación existentes.

La pastura perenne, con adecuado manejo, tiene un alto valor recuperador y estabilizador de la actividad agropecuaria de la región. Para cumplir estos objetivos es importante que la pradera cuente con un adecuado balance de gramíneas y leguminosas. La alfalfa (*Medicago sativa*) es una componente esencial de las mismas.

Entre los múltiples factores que condicionan el establecimiento y la longevidad de las pasturas, la baja fertilidad inicial de los lotes es mencionada como relevante. El panorama nutricional de los suelos del área, en relación a los tres macronutrientes esenciales (N-P-K) es el siguiente: deficiencias generales de N (Loewy y Seewald, 1980), un 50% de los suelos (aproximadamente dos millones de ha) con deficiencia fosfórica (Loewy y Puricelli, 1982) y una buena provisión general de K disponible (Loewy y Puricelli, 1984).

La pradera mixta puede aumentar los niveles de C y N en el suelo, mejorando su condición física en relación a los cultivos anuales (Puricelli, 1985; Miglierina et al., 1990; Loewy y López, inédito). Resulta natural, entonces, que la implantación de una pradera no se realice sobre suelos fértiles o descansados, en una secuencia rotacional.

En el área existen antecedentes experimentales sobre fertilización fosfórica en trigo (Ron y Loewy, 1987, 1990), pero son muy escasos los que se refieren a leguminosas o pasturas mixtas (Puricelli, 1982).

El objetivo del presente trabajo es realizar estudios preliminares sobre el potencial de respuesta de alfalfa al P, eficiencia del fertilizante y su efecto residual en el suelo.

## MATERIALES Y METODOS

En los años 84 y 85 se implantaron sendos ensayos de fertilización en alfalfa (*Medicago sativa*). Las características de sitio y conducción se detallan en el Cuadro N° 1. Las lluvias no limitaron seriamente la producción en el período evaluado. Se fertilizó en presiembra, al voleo (prof. 10 cm). Los cortes se efectuaron, aproximadamente, con la alfalfa en un 10% de floración.

Se determinó materia seca (M.S.) y se analizaron los resultados estadísticamente, para estudiar el efecto de los tratamientos y fechas de corte. Para el análisis de la respuesta al P (SPT) se utilizaron las siguientes ecuaciones:

1) Cuadrática:  $Y = a + bx + cx^2$

2) Cuadrática - raíz cuadrada:

$$Y = a + b\sqrt{x} + cx + dx^2$$

3) Mitscherlich-Bray: (Melsted y Peck, 1977)

$$\text{Log} \left( \frac{A-Y}{A} \right) = -C1 Pe^{-C'x}$$

donde Y = rend. M.S. (kg/ha); A = rend. máximo; C1 y C' constantes relacionadas con la eficiencia de utilización del P nativo (EPN) y del fertilizado (EPF), respectivamente; x = dosis de P (kg/ha) y Pe = P extractable, Bray y Kurtz, en kg/ha.

En Guaminí se calculó la ec. 2 con los 4 pares de datos. Para el cálculo de la ec. 1 y del rendimiento máximo (A) de la ec. 3 se descartó el testigo, debido a que la respuesta presentó una tendencia sigmoidea.

Posteriormente para una mejor estimación de los parámetros de Mitscherlich se ajustó la ec. 3 para todos los casos, asumiendo como "A" el valor obtenido sin el testigo. Para San Miguel se utilizaron sólo las ecuaciones 1 y

## Fertilización fosfórica de alfalfa en dos suelos...

Cuadro N°1: Características de los ensayos.

SITIO	GUAMINI	SAN MIGUEL	OBSERVACIONES
Suelo	Argiudol típico	Haplustol típico	
Textura	Franco	Franco arenoso	Capa arable
Pe (0-12 cm)	3 ppm	6 ppm	Bray y Kurtz
M.O. (0-12 cm)	3.20 %	2.55 %	W. Black
Diseño exper.	3 bloques comp.	4 bloques comp	U. exp. 27 m <sup>2</sup>
Dosis (kg P/ha)	0- 20- 40- 60	0- 22- 44	SPT
Dosis (kg P/ha)	40	22	PDA
Fecha implant.	4-4-85	23-3-84	
Nº de evaluac.	4	2	
Fecha de evaluación	1) 17/12/85 2) 07/02/86 3) 25/04/86 4) 05/11/86	1) 22/11/84 2) 08/02/85	

3. Para cada sitio se descartó un corte en que la respuesta a la dosis de mayor eficiencia promedio, no resultó significativa.

Se realizaron determinaciones de Pe en el suelo y se analizaron estadísticamente (Fig.2).

En Guaminí se determinó el contenido de P de la alfalfa, empleando una técnica de digestión seca. Las cenizas se recogieron en HCl diluido y se determinó P en el extracto, colorimétricamente.

## RESULTADOS

### Efecto de la fertilización fosfórica sobre el rendimiento de la alfalfa

#### Comparación de la producción de materia seca según dosis, producto y sitio.

El análisis estadístico de los rendimientos parciales arrojó diferencias a través del tiempo para los dos ensayos. La significancia de la respuesta disminuyó mientras que el C.V. tendió a aumentar (Cuadro N°2).

En Guaminí los rendimientos fueron bastante homogéneos para el 1° y 2° corte.

En el 3° disminuyeron a 1/4 de los anteriores. No obstante sólo se diferenció, significativamente, la última evaluación. En el promedio de los cortes hubo respuestas a la fertilización fosfórica en todos los tratamientos, excepto para la dosis menor de SPT. Sobre un testigo de, aproximadamente, 1000 kg de M.S./ha la respuesta media a 20, 40 y 60 kg de P/ha fue de un 30, 90 y 120 % respectivamente. La respuesta a 200 kg de PDA/ha se ubicó entre las de 100 y 200 kg de SPT, no diferenciándose estadísticamente de éstas.

En San Miguel el rendimiento de M.S. fue en promedio similar para las dos evaluaciones. En el 1° corte el PDA dio 1/3 más de producción que la misma dosis de SPT. En la producción acumulada hubo respuesta significativa a P pero no se registraron diferencias entre dosis y productos. Sobre un testigo de 1800 kg de M.S./ha la respuesta media a 22 y 44 kg de P/ha fue de 15 y 25 %.

Comparando los rendimientos acumulados correspondientes a los dos primeros cortes, realizados en la misma época del año (en los dos sitios), el rendimiento de las parcelas

T. LOEWY y M. de las MERCEDES RON

**Cuadro N°2: Análisis de la varianza para los valores de rendimiento por corte, entre cortes y promedios.**

Corte	RENDIMIENTO DE M. S. (kg/ha)				PROMEDIO
	1g	2g	3g	4g	
<b>GUAMINI</b>					
Kg P/ha					
0	684 a	697 a	229 a	2.234 a	961 a
20 (SPT)	765 a	1.413 bc	397 b	2.480 ab	1.264 ab
40 (SPT)	1.514 bc	1.861 cd	371 ab	3.516 ab	1.816 cd
60 (SPT)	2.001 c	2.121 d	410 b	4.039 b	2.143 d
40 (PDA)	1.195 a	1.281 b	428 b	3.371 b	1.589 bc
Promedio	1.232	1.474	367	3.128	
F sig. a	0,01	0,01	0,05	0,05	0,01
C. V. %	19,5	14,1	18,5	20,5	
<b>SAN MIGUEL</b>					
0	1.983 a	1.847 a			1.815 a
22 (SPT)	2.033 a	2.134 ab			2.084 b
44 (SPT)	2.164 a	2.352 b			2.258 b
22 (PDA)	2.731 b	1.906 ab			2.318 b
Promedio	2.228	2.010			
F sig. a	0,01	0,01			0,01
C. V. %	6,9	16,2			

Los valores seguidos por una misma letra dentro de cada columna o los subrayados por la misma línea, no son significativos a  $P = 0,10$ , según el test de Tukey.

SPT: Superfosfato triple PDA: Fosfato diamónico.

testigo fue 2,5 veces mayor en San Miguel, mientras que la respuesta fue (en valor absoluto) la mitad.

#### Funciones de la respuesta al P (SPT)

En Guaminí los máximos rendimientos alcanzables y las dosis de P necesarias (calculadas por las ecuaciones 1 y 2) fueron muy similares y no difirieron de las correspondientes al 90% (A), calculadas por la ecuación 3, a excepción del 1° corte. Para San Miguel la dosis y rendimiento estimados por la ecuación

1 correspondieron aproximadamente, al 95% (A) de la ecuación 3 (Cuadro N° 3). La discrepancia entre sitios (90-95%) podría deberse a que las dosis experimentales, en San Miguel, se encontraban más cercanas a las del rendimiento máximo.

El espectro de dosis, en Guaminí, permite un estudio de la eficiencia de conversión del fertilizante a través del tiempo (Fig. 1). De los cortes estudiados sólo el 2° presenta una respuesta sigmoidea. La variación de la eficiencia con la dosis -en este caso- sigue un patrón lineal, siendo su tasa de disminución

### Fertilización fosfórica de alfalfa en dos suelos...

aproximadamente igual a  $-0.3$  kg de M.S./kg P (asumiendo que la 2° evaluación en San Miguel se comporta igual, la tasa de disminución sería  $-0.28$  kg de M.S./kg P). En los demás cortes (1° y 4°) la eficiencia aumenta con la dosis, alcanzando un máximo alrededor de los 50 kg de P/ha., si suponemos que se ajusta a una función cuadrática.

El análisis de las funciones se complementa con los valores C del Cuadro N° 3. La EPF del 2° corte duplica la del 1° y disminuye ligeramente en el 4°. San Miguel registra eficiencias similares. La EPN, en cambio, aumenta a través del tiempo (Guaminí), siendo en San Miguel sensiblemente mayor.

#### Fertilización y P extractable

Para las determinaciones de P, no se realizó un muestreo completo de tratamientos y profundidades en todos los casos. Sin embargo, los valores obtenidos aportan información sobre la residualidad y movilidad del P.

En Guaminí, a un año de la fertilización, se mantuvieron diferencias significativas entre las parcelas fertilizadas y el testigo (Fig. 2). A los 22 meses se mantenía, para la dosis mayor de SPT, una superioridad equivalente a un 9% del P aplicado (al año era del 17%). A los 24 meses el Pe en las parcelas fertilizadas se niveló con las parcelas testigo.

Por debajo de la capa arable prácticamente no se registraron diferencias significativas entre tratamientos.

Para San Miguel después de un año de aplicado el fertilizante, las parcelas fertilizadas con la dosis mayor de P tuvieron valores de Pe significativamente mayores que el testigo: en estas parcelas un 45% del P aplicado se conservaba en formas disponibles. Transcurridos 6 meses más, este porcentaje bajó al 28%. La diferencia en la 2° profundidad de muestreo sugiere que parte del P aplicado se movilizó hacia abajo.

#### Concentración de P en alfalfa (Guaminí)

Este parámetro aumentó con la fertilización fosfórica para todos los tratamientos en las 3 primeras evaluaciones, no registrándose diferencias significativas entre dosis. En el 4° corte la concentración de P disminuyó al nivel del testigo en todos los casos, excepto para el tratamiento con 60 kg/ha. Comparando la 2° y 4° evaluación en cada tratamiento hubo una caída del 50% con el tiempo. (Cuadro N° 4).

### DISCUSION

#### Efecto de la fertilización fosfórica sobre el rendimiento de la pastura

El comportamiento del PDA, fue inferior en Guaminí y ligeramente superior en San Miguel. La presencia de *Avena fatua* en el 1° caso, perjudicó a la alfalfa con fertilizante nitrofosforado, durante el año de implantación: los momentos de corte se priorizaron sobre la base de los tratamientos SPT. Esto indicaría que estas fuentes fosforadas no son esencialmente diferentes para la producción de forraje, pero, con aporte de N, el manejo de la pastura debería ser distinto.

Las ecuaciones utilizadas permiten extrapolar las curvas para estimar los "rendimientos máximos", cuando el P no es un factor limitante. Se puede asumir que el N (simbiosis) y el K no fueron deficitarios (Culot, 1989; Loewy y Puricelli, 1984; Lanyon y Griffith, 1988). En años con precipitaciones normales a buenas se obtendrían alrededor de 10.000 kg/ha de M.S., con 4 cortes de alfalfa. Esta producción se considera muy buena para la zona (INTA Bordenave, 1985) y requeriría el aporte de unos 78 y 53 kg de P/ha, en suelos similares a los de Guaminí y San Miguel, respectivamente.

Para comprender algunos aspectos de la respuesta de la alfalfa al fertilizante y a la eficiencia del mismo es importante tener en

T. LOEWY y M. de las MERCEDES RON

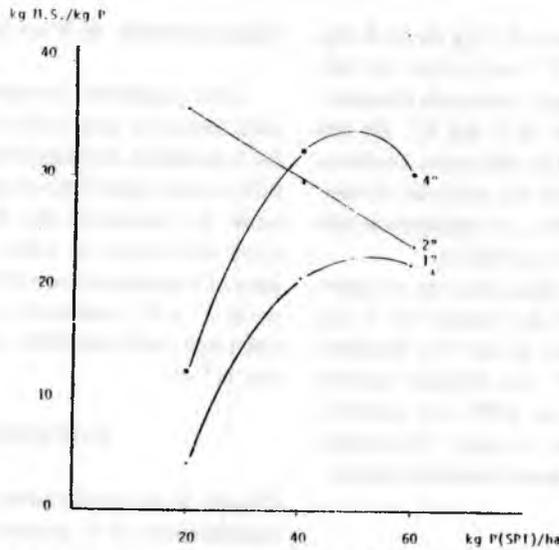


Figura 1: Eficiencia del fertilizante según dosis y desarrollo relativo de la pastura (N° de corte).

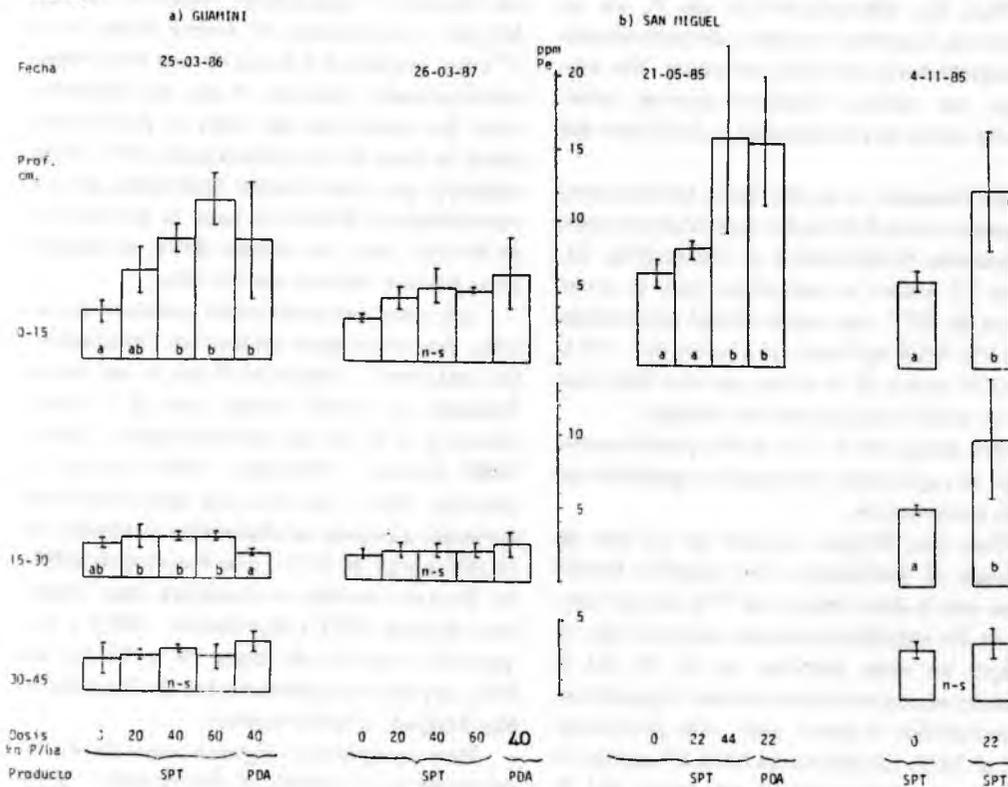


Figura 2: Variación del P<sub>p</sub> en el suelo según época, dosis y profundidades.

### Fertilización fosfórica de alfalfa en dos suelos...

cuenta los principales efectos del P sobre las leguminosas:

1) Mejor implantación. El P, junto al K, es el elemento que más contribuye a una buena implantación, esencial para lograr un buen stand productivo y de larga vida (Tesar y Marble, 1988). Las parcelas fertilizadas darán rendimientos superiores al testigo aún después de que no quede ningún residuo disponible del fertilizante.

2) Mayor desarrollo del sistema radical. Este factor, en interacción con otras variables, posibilita que la leguminosa absorba agua y nutrimentos de un mayor volumen de suelo (Lanyon y Griffith, 1988).

3) Mayor crecimiento de la parte aérea. Existe una relación directa entre la disponibilidad de P en el suelo y producción de M.S. Este efecto se potencia con los puntos 1 y 2 y, en ambos sitios, fue más pronunciado para el 2° corte.

El efecto del fertilizante -por otra parte- varía con el tiempo, debido a varios factores: retención del P en el suelo, escasa movilidad del elemento y consumo por parte de la planta.

La tendencia sigmoidea de las curvas (respuesta escasa o nula para la dosis menor), la excesiva dosis para obtener el 90% (A) (Cuadro N° 2) y el patrón de la eficiencia del fertilizante (Fig.1) son consistentes con la escasa exploración del suelo -por parte de las raíces- en las evaluaciones más tempranas de la pastura. Esta situación se revierte en el 2° corte, lográndose una respuesta significativa a 20-22 kg de P/ha y un patrón de eficiencia clásico. En el promedio de los cuatro cortes (Guaminí), sin embargo, la dosis menor acusa un retraso en relación a las mayores. Estas últimas, por la mejor implantación lograda, darán "rendimientos superiores" al testigo, aún después de que no quede ningún residuo disponible del fertilizante.

### Disponibilidad del P en el suelo y su utilización.

Una de las diferencias más importantes entre los dos sitios de ensayo, a los efectos de recomendar fertilizantes, es la disponibilidad del P nativo en el suelo: en San Miguel el Pe duplica al de Guaminí. Ambos valores se hallan por debajo de un nivel seleccionado como crítico en el sudeste bonaerense (Berardo, 1976).

Las constantes C1 (Cuadro N°3), de los dos sitios, señalan que en San Miguel no sólo hay más P disponible nativo, sino que se lo utilizó mucho más eficientemente. La EPF, en este sitio, también fue superior, pero en menor medida, lo que es esperable para métodos similares de aplicación.

Debido a la influencia del fertilizante sobre implantación y desarrollo radical, cabe suponer que la EPF está sobrestimada a expensas de la EPN y que en las parcelas fertilizadas la EPN es mayor que en las testigo. La variación de estas constantes a través del tiempo (Guaminí) reflejan el ritmo creciente de desarrollo de la alfalfa (expansión radical) y la caída de la disponibilidad del P del fertilizante -por inmovilización o consumo- a partir del 2° corte.

### Contenido de P en planta (Guaminí)

La concentración de P en planta (Cuadro N°4) se encuentra muy por debajo de los valores señalados como "nivel crítico" o "nivel de suficiencia" en la bibliografía (Bingham, 1966; Mays et al., 1980). El nivel máximo se alcanzó para la dosis mayor de P en el 2° corte, donde coincide un buen desarrollo de la alfalfa con buena disponibilidad de P en el suelo. Estos datos se compadecen con el bajo Pe y las dosis de P utilizadas, que resultaron -según los modelos usados- por debajo de las requeridas para alcanzar un "rendimiento máximo".

**Cuadro N°3: Estimación de los rendimientos máximos, kg M.S./ha, o cercanos a los máximos (Mitscherlich) y la dosis de P (STP) requeridos para obtenerlos y constantes de Mitscherlich - Bray (C1 y C').**

	Ecuación Cuadrática		Cuadrática R. Cuadrada		Mitscherlich (x)		C'	C1	Pe
	Rend. Dosis		Rend. Dosis		Rend. Dosis		Ha / kg		Kg/ha
Guaminí									
1º corte	2.239	87	2.140	77	2.615	137	.0068	.0109	6
2º corte	2.194	78	2.202	79	2.233	71	.0121	.0231	6
4º corte	4.110	79	4.075	67	4.115	72	.0108	.0361	6
S. Miguel									
					(xx)				
2º corte	2.365	51	-	-	2.402	55	.0159	.0381	12

(x): 90 % de A ; (xx): 95 % de A.

**Cuadro N°4: Concentración de P en el forraje (% s/M.S.) - Guaminí.**

Cortes \ P Kg/ha	1º	2º	3º	4º
0	0,095 a	0,118 a	0,094 a	0,058 a
20 (SPT)	0,129 b	0,137 ab	0,113 b	0,069 a
40 (SPT)	0,118 b	0,160 bc	0,121 b	0,097 b
60 (SPT)	0,128 b	0,144 b	0,112 b	0,073 a
40 (PDA)	0,115 b	0,145 b	0,111 b	0,067 a
C.V.	7,2	5,8	5,8	18,4
Signific.	0,01	0,01	0,01	0,10

### Fertilización fosfórica de alfalfa en dos suelos...

El uso de la concentración de P en la planta, por otra parte, tiene escaso valor diagnóstico si no se estandarizan las condiciones de muestreo y no se calibran los valores límites para las condiciones del área. La literatura ofrece un espectro de valores que endosarían esta afirmación. Otros autores proponen métodos alternativos, como DRIS (Kelling et al., 1986) o el contenido de P en las formas metabólicas activas (Chisholm et al., 1981).

suelo más deficiente, fue de 45-50 kg de P/ha. Dosis menores, en el promedio de los cortes, fueron sensiblemente menos eficientes (siempre en aplicaciones al voleo).

De acuerdo a lo estimado en las ecuaciones de respuesta, las mayores dosis experimentales no fueron suficientes para alcanzar "rendimientos máximos". Este hecho es consistente con los niveles de P hallados en el forraje.

El PDA tuvo una performance similar al SPT pero deprimió la producción de alfalfa en presencia de "cebadilla" (*Avena fatua*).

La residualidad del P aplicado se mantuvo en el suelo, aproximadamente, durante dos años.

### CONCLUSIONES

En los dos sitios seleccionados como deficientes en P, se registraron respuestas significativas de alfalfa a la aplicación de fertilizante (SPT y PDA): para 40 kg de P fueron del orden de 150 y 25%, en suelos con 3 y 6 ppm de P Bray, respectivamente.

La dosis de máxima eficiencia, en el

### AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Amalia B. de Daniel por los análisis de P en forraje.

### BIBLIOGRAFIA

- 1) BERARDO, A. 1976. Método de diagnóstico para la fertilización fosfatada de pasturas en los suelos del sudoeste bonaerense. *IDIA. Suplemento N° 33: 337-350.*
- 2) BINGHAM, F.T. 1966. Phosphorus in diagnostic criteria for plants and soils. Ed. H.D. Chapman. Univ. of Calif. Div. Agric. Sci.
- 3) CULOT, J. Ph. 1989. Disponibilidad de nutrientes. En *Degradación de suelos por intensificación de la agricultura. Pub. Misc. N° 47* INTA E.E.A. Rafaela pp 63-76.
- 4) CHISHOLM, R. H. 1981. Improved estimates of critical P concentration from considerations of plant P chemistry. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 12: 1059-65.
- 5) INTA Bordenave, 1985. *Diagnóstico Regional. Tirada interna. Pag. 31.*
- 6) KELLING, K.A.; E.E. SCHULTE y T. ERICKSON, 1986. Adapting DRIS for alfalfa: what are the diagnostic norms. *Better Crops Plant foof 70 (Winter): 18-20.*
- 7) LANYON, L.E. y W.K. GRIFFITH, 1988. Nutrition and fertilizer use. En *Alfalfa and alfalfa improve. Eds. A.A. Hanson, D.K. Barnes y R.R. Hill. Am. Soc. of Agronomy N° 29, 10:334-372.*
- 8) LOEWY, T y C.A. PURICELLI, 1982. Disponibilidad de fósforo en suelos del área de la E.E.A. Bordenave. INTA. E.E.A. Bordenave. *Informe Técnico N° 28. 16 p.*
- 9) LOEWY, T y C.A. PURICELLI, 1984. Disponibilidad de potasio en suelos del sudoeste bonaerense. INTA. E.E.A. Bordenave. *Informe Técnico N° 35. 9 p.*

- 10) LOEWY, T y H. A. SEEWALD, 1980. Fertilidad nitrogenada para trigo en suelos de sudoeste bonaerense. *Actas IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo. Paraná. II:533-36.*
- 11) MAYS, D.A.; S.R. WILKINSON y C.V. COLE, 1980. Phosphorus Nutrition of forrages. En "The role of Phosphorus in Agriculture". Capítulo 28: 805 - 846.
- 12) MELSTED, S. W. y T. R. PECK, 1977. The Mitscherlich - Bray growth function. In *Soil Testing: correlating and interpreting the analytical results. ASA Special Publication N° 29:1-18.*
- 13) MIGLIERINA, A.M.; J.A. GALANTINI; J.O. IGLESIAS; R.A. ROSELL y A.E. GLAVE, 1990. Efecto de rotaciones de cultivos y labranzas sobre el carbono y el nitrógeno del suelo. *Actas II Congreso Nacional del Trigo (Pergamino). I: 70-75.*
- 14) PURICELLI, C.A, 1982. Diagnóstico de las deficiencias de P en suelos con pasturas cultivadas del S.O. de la Prov. de Bs. As. y su posible corrección. *Plan de trabajo S/N. Informe anual detallado. INTA Bordenave. (Doc. int.).*
- 15) PURICELLI, C.A, 1985. La agricultura rutinaria y la degradación del suelo en la región pampeana. *Rev. Arg. Prod. Anim., 4(2): 33-48.*
- 16) RON, M.M. y T. LOEWY, 1987. Efecto residual de la fertilización fosfórica en trigo sobre un Haplustol típico. *Ciencia del Suelo, 5: 65-70.*
- 17) RON, M.M. y T. LOEWY, 1990. Fertilización fosfórica del trigo en el sudoeste bonaerense. I Modelos de la respuesta. *Ciencia del Suelo, 8: 187-194.*
- 18) TESAR, M.B. y V.L. MARBLE, 1988. Alfalfa establishment. En *Alfalfa and alfalfa improvement (AA Hanson, D.K.; Barnes y R.R. Hill eds) ASA N° 29. Madison Wisconsin U.S.A.*