

# MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA Y AZUFRE EN INSTALACIÓN Y REFERTILIZACIÓN DE ALFALFA \*

Omar N. Casanova La Cruz y Aurora E. Cerveñansky Kafka.

Facultad de Agronomía; Av. E. Garzón 780, Montevideo, Uruguay. CP 12900

**omarcasa@fagro.edu.uy**

*\* Presentado al XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Julio 2004. AACs.*

## INTRODUCCIÓN

Durante tres años hemos evaluado la respuesta a la aplicación de fósforo (P), habiendo incluido suelos contrastantes principalmente por características químicas, como P disponible y pH, representativos de la Cuenca Lechera Sur de nuestro país. La Cátedra de Fertilidad de suelos durante muchos años fue creando una importante base de información, la cual permitió definir como pauta aceptable del nivel crítico para suelos medios y pesados del sur, un valor de 20 ppm (Bray I) (Mallarino, A., Casanova, O. y Bordoli, M. com.pers.), confirmando la importancia del P en instalación (Rhykerd et al., 1972; Carámbula, 1977; Lanyton et al., 1988; Rebuffo, 2000; Morón, 2000).

Considerando que si una recomendación de 160 -180 unidades de  $P_2O_5$  equivale a U\$S 80 - 130 en promedio para diferentes fuentes, entonces la determinación de la dosis a agregar es la clave por su significado en términos de costo (Antonaccio et al., 1983; Cambra, 1987; Dubois et al., 1986). Por otra parte, debemos elegir la fuente de P a utilizar (soluble, parcialmente soluble e insoluble, con o sin azufre). Al no existir diferentes eficiencias entre una u otra fuente, una diferencia en costo de U\$S 0,1 podría significar ahorros de U\$S 6 a 18 por hectárea y, lo que no sería menor, usufructuar los efectos complementarios de algunas fuentes a través de su aporte en azufre (S) (Aulakh et al., 1976; Zamalvide, 1995; Morón, 1996).

La inclusión de diferentes fuentes de P en situaciones contrastantes de suelo y durante un período de 3 años, nos permitió separar las diferentes opciones en el uso de fuentes solubles, insolubles e intermedias (parcialmente solubles) en una estrategia de instalación y refertilización constante a largo plazo. La inclusión de alternativas nuevas de aporte de P como Hiperfos e Hiper más S permitió ampliar las posibilidades de recomendación en función de las ventajas económicas que van asociadas a esta propuesta.

El abordaje de la respuesta a S fue a través del comportamiento relativo del superfosfato simple (Superfosfato) y superfosfato triple (Supertriple), encontrándose ventajas comparativas del primero en condiciones de suelos degradados, siendo la asociación con el contenido de materia orgánica un índice indirecto de la respuesta al S (Casanova et al., 2001).

## MATERIALES Y METODOS

A partir de 1997, se evaluó la respuesta de alfalfa a la fertilización fosfatada, a la refertilización, y la diferencia entre fuentes de P y S, durante tres años. Se instalaron a tales efectos 17 ensayos de campo en diferentes sitios experimentales, elegidos principalmente por sus características químicas. Se utilizó el diseño de bloques con parcelas al azar, con tres repeticiones.

A los efectos de estudiar la respuesta a P se establecieron diferentes niveles de fertilización en la instalación (Tabla 1); la dosis mayor es considerada no limitante para cualquiera de las fuentes aplicadas. La refertilización anual de otoño se hizo a razón de 40 unidades de  $P_2O_5$ /ha en todos los tratamientos fertilizados, con su fuente correspondiente, independientemente de la dosis inicial aplicada.

Tabla 1. Tratamientos incluidos y nomenclatura de referencia para el texto.

<b>Nomenclatura</b>	<b>Tratamiento</b>
0	Testigo (sin fertilizar)
60 S	60 kg $P_2O_5$ /ha Superfosfato
120 S	120 kg $P_2O_5$ /ha Superfosfato
180 S	180 kg $P_2O_5$ /ha Superfosfato
180 ST	180 kg $P_2O_5$ /ha Supertriple
60 HF	60 kg $P_2O_5$ /ha Hiperfos
60 H	60 kg $P_2O_5$ /ha Hiperfosfato (fosforita natural)

Las características de las fuentes de P utilizadas son: (1) Superfosfato simple común, granulado (0-21-23-0-13); (2) Superfosfato triple, granulado (0-46-46-0-1.5); (3) Hiperfos, granulado (0-14-28-0-4); (4) Hiperfosfato, en polvo (0-12-28-0).

La instalación de los ensayos se realizó en otoño de 1997. La siembra de la alfalfa se realizó a razón 25 kg/ha al voleo. La fertilización a la siembra como las refertilizaciones de otoño (en cobertura), se realizó al voleo con la dosis y fuente correspondiente.

Los momentos de corte se determinaron acorde a las características del cultivo: 10 a 50% floración. En cada corte se evaluaron todas las parcelas del ensayo, retirando el forraje de la zona experimental. En cada corte se realizó un muestreo de forraje para todos los tratamientos evaluados, a partir del cual se determinó el porcentaje de materia seca (secado en estufa a 60° C).

Se efectuaron muestreos de suelo a la instalación del ensayo en cada bloque, a una profundidad de 15 cm. A partir del segundo año se seleccionaron para muestrear cuatro sitios contrastantes. Las muestras compuestas fueron posteriormente secadas en estufa (a 40° C), molidas y tamizadas. Se realizaron análisis de P por el método Bray I y pH en agua relación 2,5.

El procesamiento estadístico se realizó con el Programa SAS: análisis de varianza general con planteo de contrastes ortogonales, análisis factorial y Prueba Tukey de comparación de medias (SAS Institute, 1985)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ◆ Aplicación de fósforo en la instalación de alfalfa

La fertilización fosfatada en instalación, partiendo de niveles de P bajos (< 10 ppm), significa hasta un tercio de los costos totales. El considerar un elevado número de ensayos en suelos medios a livianos y pesados nos plantea la necesidad de una redefinición del nivel crítico de P.

Para todos los sitios evaluados e independientemente del tipo de suelo, recomendaríamos no fertilizar con P por encima de 20 ppm (Figura 1). Es destacable que por debajo de este valor hay pérdidas importantes por no fertilizar (entre 15 -20 ppm no superan el 25%). Entre 10 y 15 ppm, las pérdidas de rendimiento podríamos ubicarlas en el rango de 25 a 40%. Por debajo de 10 ppm, nos encontraríamos con incrementos de rendimiento superiores al 40%, pudiendo llegar al 60%.

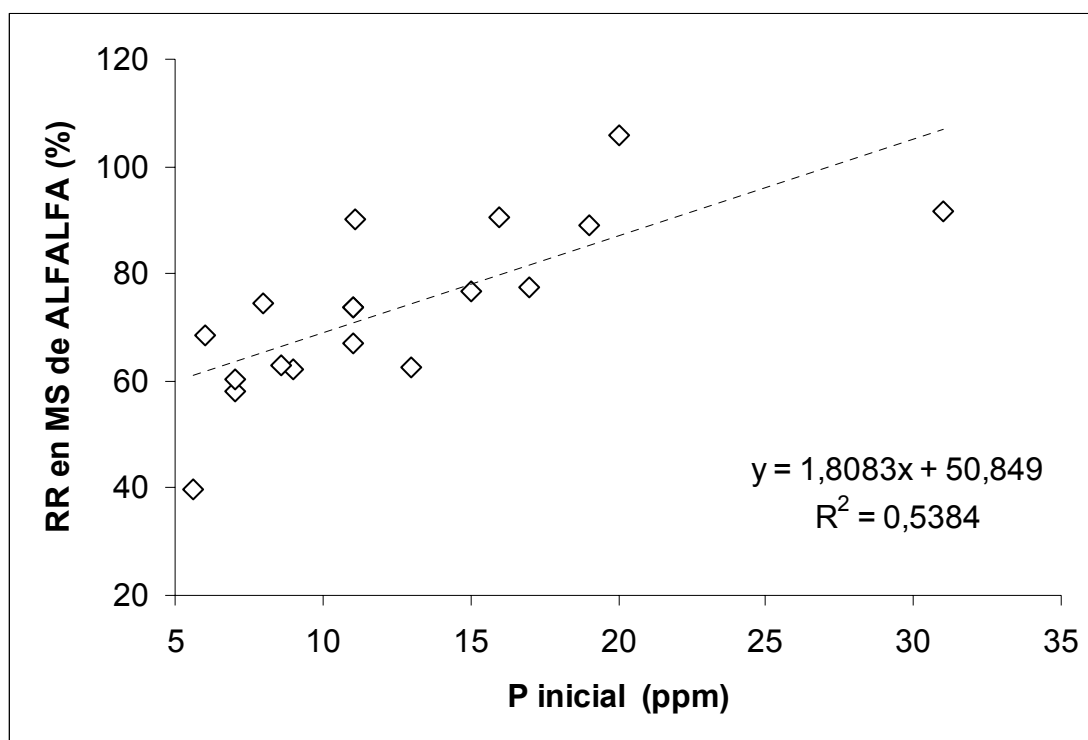


Figura 1. Relación entre el fósforo inicial (P inicial) y el rendimiento relativo (RR) (180 S = 100) en materia seca para todos los suelos.

Separando los suelos medios a livianos por un lado y los pesados con carácter vértico por otro, podemos realizar la siguiente puntualización:

- ◆ Los suelos de textura media a liviana asociados a características de drenaje imperfecto y pH bajo, no son suelos ideales para este tipo de cultivo, mostrando una ineficiencia marcada de la aplicación inicial, así como del P presente en el suelo ( $y = 0.56x + 63.38$  ;  $R^2 = 0.46$ ). Resulta destacable que con aplicaciones de 180 kg  $P_2O_5$ /ha no podemos llegar al 100% tomado como referencia. Evidentemente, la existencia de otros factores limitantes podría condicionar la

respuesta en estos suelos, siendo necesario levantar estas restricciones para lograr los rendimientos esperados (encalado, drenaje).

- ◆ Los suelos de textura pesada y con carácter vértico (incluye Vertisoles y Brunosoles con arcilla tipo montmorillonita) presentan un comportamiento más cercano al promedio general ya analizado, presentando un ajuste lineal (Figura 2)

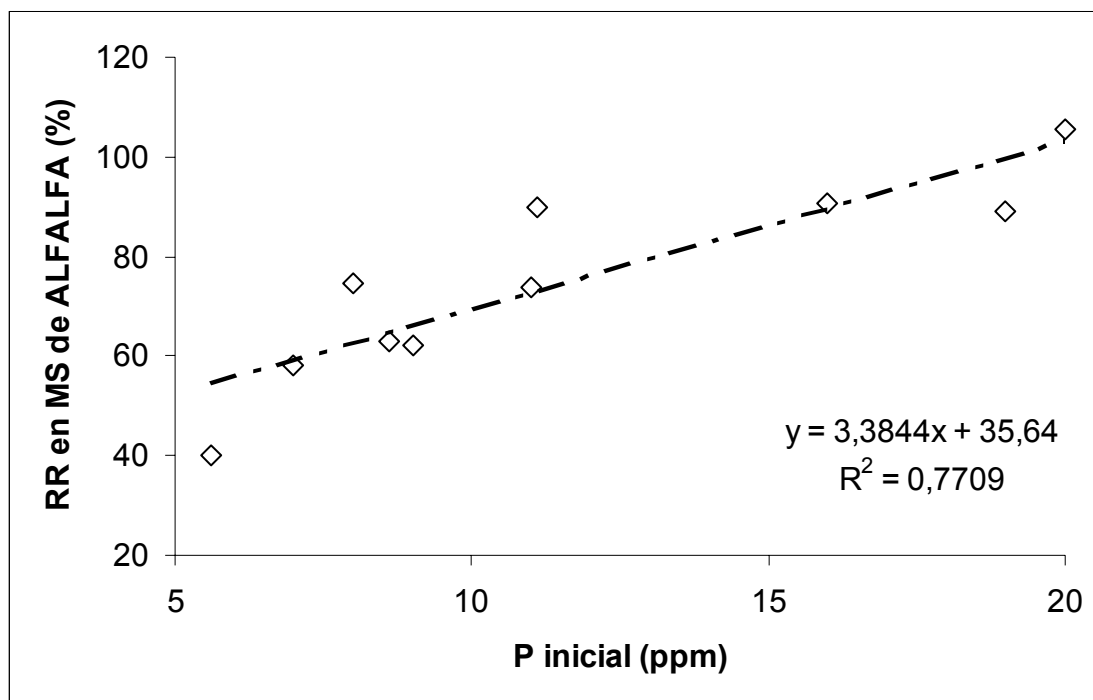


Figura 2. Relación entre el fósforo inicial (P inicial) y el rendimiento relativo (RR) (180 S = 100) en materia seca para los suelos de textura pesada y con carácter vértico.

Por encima de 15 ppm, los incrementos por fertilización resultan del 10%, lo cual lo haría poco atractivo en términos económicos. La existencia en este tipo de suelo de mejores condiciones de mineralización trae aparejado valores iniciales de nitrógeno y P en el suelo más favorables para la instalación de la alfalfa. Igualmente, en suelos con valores iniciales mayores a 20 ppm, al ser un cultivo de elevado costo inicial en semilla y laboreo, sería recomendable agregar una dosis, como arrancador, en forma localizada que asegure una oferta inicial de P más fácilmente disponible.

Para Vertisoles y Brunosoles con carácter vértico y en condiciones económicas limitantes de inversión, podríamos optar por no fertilizar con niveles por encima de 15 ppm de P, o nos inclinaríamos por una solución intermedia de agregar solamente 30-40 unidades de  $P_2O_5$ /ha en forma localizada.

- ◆ Criterios para decidir la fuente de fósforo a utilizar en alfalfa.

Entre los criterios a tener en cuenta en la selección de fuentes de P, según su solubilidad, tenemos: 1)\_ parámetros del suelo como el pH, la actividad del Ca, contenido de óxidos de Fe, Al intercambiable, el nivel de P; y 2)\_ características del fertilizante fosfatado, como forma física (granulado o polvo), forma de aplicación (banda o voleo), químicas finales (porcentaje de solubilidad del P total), tipo de materia prima y su origen (fosforita blanda o dura). No debemos olvidar en la decisión la alfalfa y sus características: sistema radicular, ciclo, curva de absorción del P, posibilidades de reposición de nutrientes (estado actual y durabilidad esperada de la pastura), importancia económica (materia seca producida y calidad) e incluso su ubicación estratégica dentro de la oferta de forraje en una estación o año determinado (año seco para lechería, por ejemplo).

En la decisión técnica surge la necesidad de marcar diferencias entre aquellas fuentes de P con y sin S. Sin duda, en alfalfa en buen estado de productividad, implantada sobre chacras viejas, la inclusión de fuentes con S tendría ventajas considerables en el balance nutricional del cultivo. De la observación de los datos, no surgen comportamientos generalizables que permitan aseverar con certeza una recomendación cuantitativa. Para el factor pH inicial al primer año (Figura 3), resulta claro un comportamiento favorable de las fuentes solubles y parcialmente solubles respecto al hiperfosfato, para los valores de pH más elevados. Para el resto de las situaciones, en ningún caso la superioridad de la fuente soluble supera en 10% su efectividad respecto a la insoluble, siendo esta una diferencia superable a favor de la relación de precios de esta última fuente. Como alternativa intermedia de solubilidad, precio y presencia de S, se destacó el hiperfos con pérdida de eficiencia menores e incluso igualando al superfosfato en algunas situaciones.

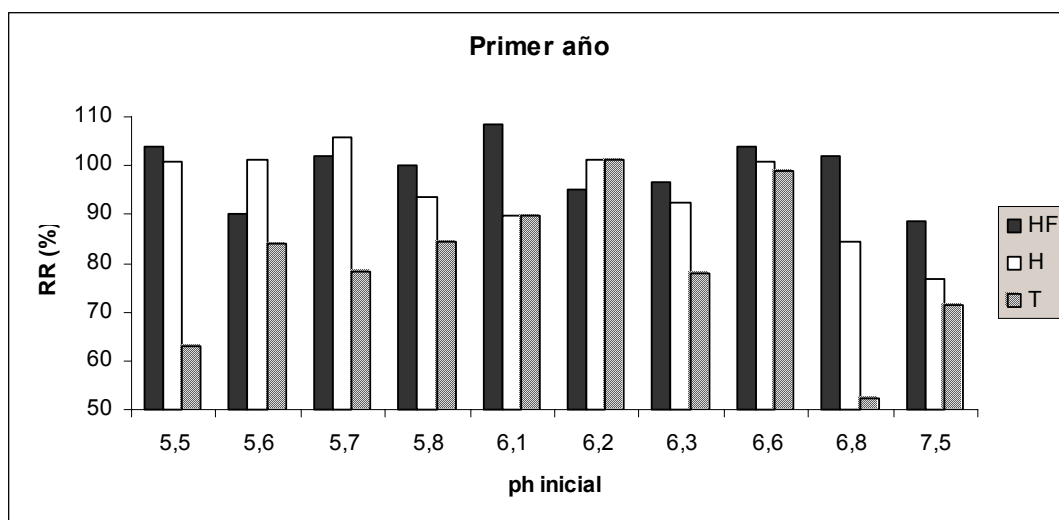


Figura 3. Rendimiento relativo de materia seca [dosis 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha. + 40 cada año] en función del pH inicial para el primer año [HF = Hiperfos; H = Hiperfosfato; T = Testigo. S (Superfosfato) tomado como 100% del Rendimiento Relativo en la comparación].

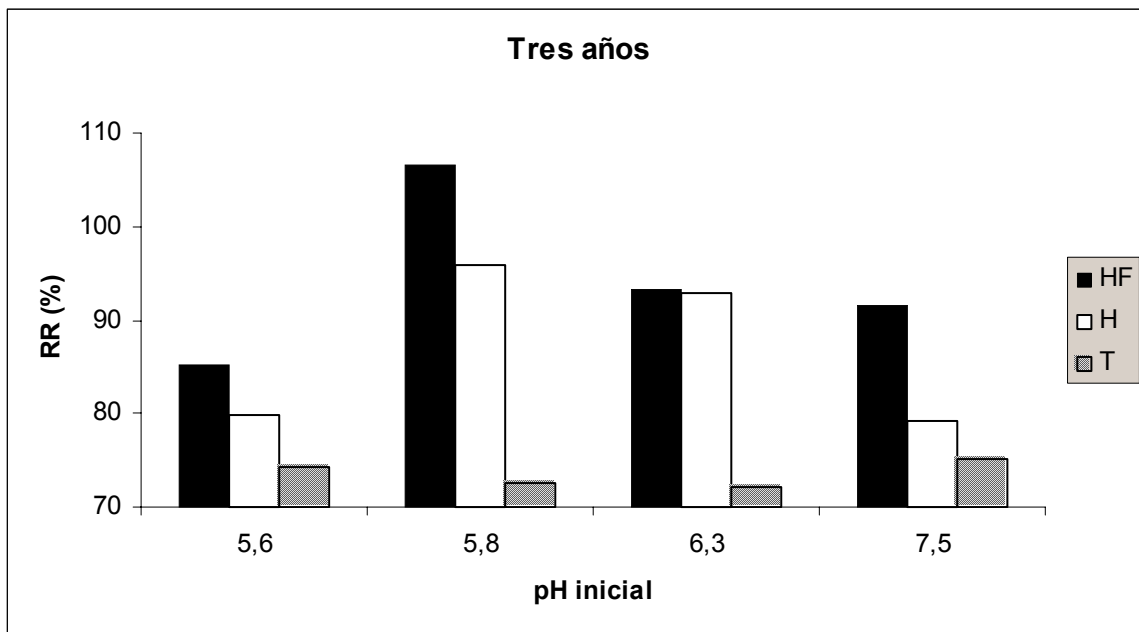


Figura 4. Rendimiento relativo de materia seca [dosis 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha. + 40 cada año] en función del pH inicial para los tres años acumulados [HF = Hiperfos; H = Hiperfosfato; T = Testigo. S (Superfosfato) tomado como 100% del Rendimiento Relativo en la comparación].

Para la suma de los 3 años respecto al pH inicial para 4 situaciones contrastantes, se confirma el comportamiento del primer año, marcando mayores diferencias respecto al superfosfato por los efectos acumulativos de la fertilización y/o una mayor incidencia de la respuesta a S (Figura 4).

El criterio de P inicial mostró un comportamiento claro en niveles medios a altos, donde prácticamente no habría diferencias entre fuentes para el primer año de evaluación (Figura 5). A niveles bajos de P la recomendación de hiperfosfato no sería lo adecuado, existiendo la alternativa del hiperfos como semejante al superfosfato para la mayoría de las situaciones planteadas.

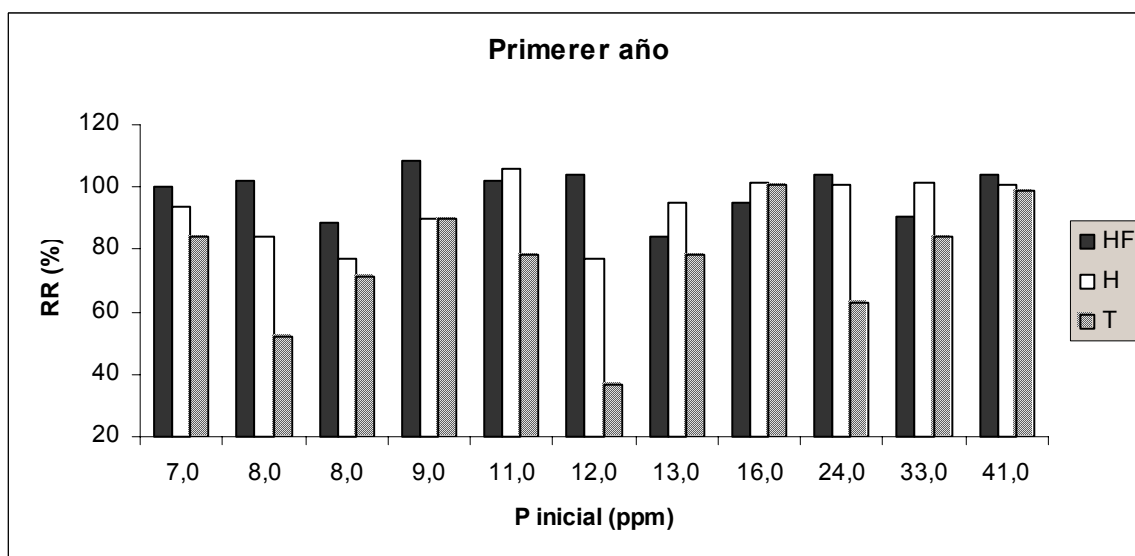


Figura 5. Rendimiento relativo de materia seca [dosis 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha + 40 cada año] en función del fósforo (P) inicial en el suelo para el primer año [HF = Hiperfos; H = Hiperfosfato; T = Testigo. S (Superfosfato) tomado como 100% del Rendimiento Relativo en la comparación]

Los resultados para los 3 años acumulados (Figura 6), muestran una mayor respuesta relativa de todas las fuentes respecto del testigo (dosis: 60 kg, más 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha al segundo y tercer año), incrementándose la diferencia del hiperfosfato con el superfosfato, posiblemente como consecuencia del aporte de S de este último.

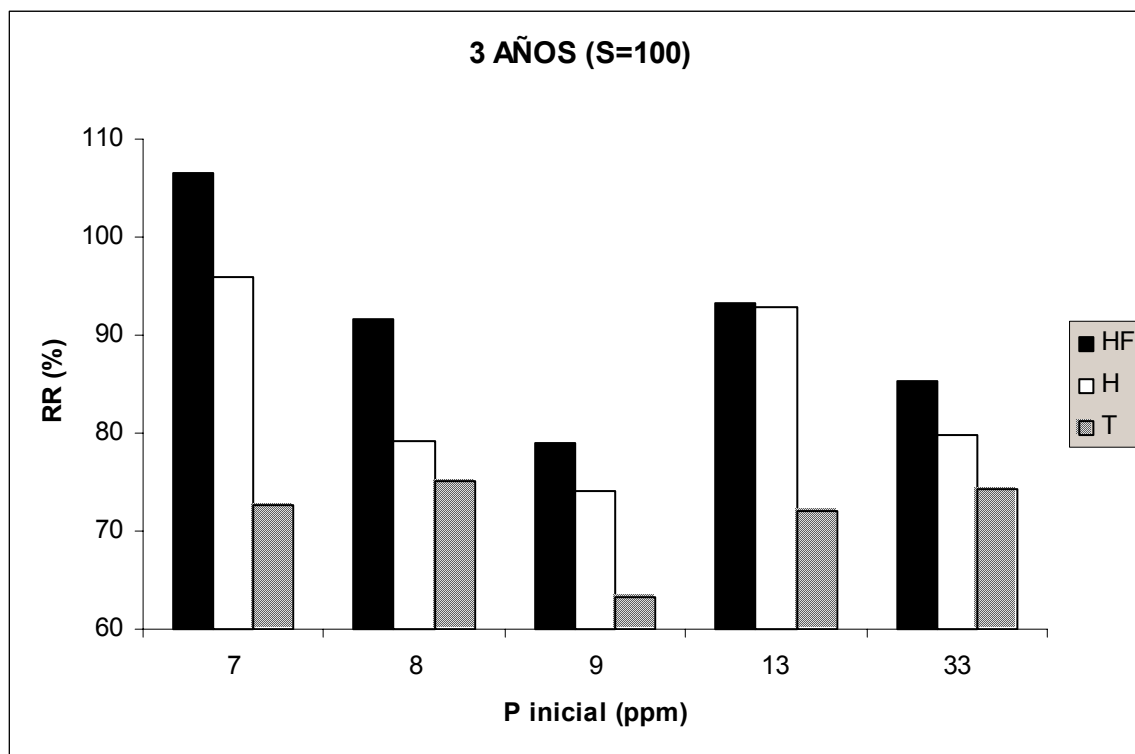


Figura 6. Rendimiento relativo de materia seca [dosis 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha + 40 cada año] en función del fósforo (P) inicial en el suelo para los tres años acumulados [HF = Hiperfos; H = Hiperfosfato; T = Testigo (sin fertilizar). S (Superfosfato) tomado como 100% del Rendimiento Relativo en la comparación]

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a la información relevada, podríamos realizar la siguiente recomendación, para la fertilización fosfatada en instalación, separando las situaciones contrastantes de suelo mencionadas (Tabla 2).

Tabla 2. Recomendación según contenido de P en el suelo y tipo de suelo.

P en el suelo (ppm)	Dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	
	Suelos medios a pesados	Suelos medios a livianos
< 5	160 – 180	160 - 180
6 - 10	100 – 120	120 - 140
11 - 15	60 – 70	80 - 100
15 - 20	30 – 40	60 - 70
> 20	20	30 - 40

Al criterio tradicional de la fertilización fosfatada para alcanzar el valor crítico, debemos sumar las limitantes asociadas a los suelos medios a livianos. Se deben generar condiciones de elevado suministro de nutrientes como consecuencia a un menor espesor de suelo efectivo (compensación). En la recomendación de dosis sugeridas se incluye la necesidad de reposición anual de fertilizante fosfatado (refertilización).

De acuerdo a los resultados analizados, recomendamos la utilización de los siguientes criterios para definir fuentes de P y S:

- El uso del pH, solamente para valores elevados ( $> 6,5$ ).
- El uso del nivel de P en la instalación, debiendo incluir otros parámetros como materia orgánica a partir del segundo y tercer año.
- Para situaciones de eficiencia de fuentes semejantes, el costo de la unidad de  $P_2O_5$  sería definitorio.

En función de los criterios anteriores resultarían claras las siguientes situaciones:

- Suelos de pH bajo y P inicial medio a alto: la decisión en la instalación sería básicamente económica.
- Suelos de pH elevado, independientemente del nivel de P inicial, descartarían el uso de fuentes insolubles.
- La inclusión de fuentes con S en situaciones de suelos con menor contenido de materia orgánica respecto al original, debería ser considerada a partir del segundo año.

## **AGRADECIMIENTOS**

*Los autores desean agradecer el apoyo económico prestado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), a la Universidad de la república (UDELAR) y a ISUSA Fertilizantes.*

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Antonaccio, G.M. y Cremona, S.V. 1983. Efecto residual del encalado, la fertilización fosfatada inicial y efecto de la refertilización en alfalfa para dos suelos del sur. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía.
- Aulakh, M. S.; Dev, G. y Arora, B.R. 1976. Effect of sulphur fertilization on the nitrogen-sulphur relationships in alfalfa (*Medicago sativa* L. pers.). Plant and soil, 45:75-80.
- Carambula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Montevideo, ed. Hemisferio Sur. 464p.
- Cambra, A.J. 1987. Encalado, fertilización y refertilización fosfatada en alfalfa (para 3 suelos del Dpto. de Canelones). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay - Facultad de Agronomía. 208p.



- Casanova, O.N. y Cerveñansky, A.E. 2001. Deficiencia de azufre en pastura. Montevideo, Uruguay. *Agrotemario*, 4(22): 8.
- Dubois, C.; Seijo, G. y Cazarian, A.M. 1986. Efectos de la fertilización fosfatada de alunas variedades y del encalado en la producción de alfalfa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay Facultad de Agronomía.
- Lanyton, L.E. y Griffith, W.K. 1988. Nutrition and Fertilizer Use. In A.A. Hanson, D.K. Barnes, R.R. Hill, co-editor. Alfalfa and alfalfa improvement. Madison, Wisconsin. USA, pp. 333-372.
- Moron, A. 1996. Azufre: consideraciones sobre su situación en el Uruguay. I.N.I.A. Serie técnica N° 76. Uruguay, 167 p.
- Moron, A. 2000. Fertilidad de suelos y estado nutricional. En: Tecnología en alfalfa. I.N.I.A., La Estanzuela. Uruguay. Bol. Div. N° 69. pp. 37-52.
- Rebuffo, M. 2000. Implantación. En: Tecnología en alfalfa. . I.N.I.A., La Estanzuela. Uruguay. Bol. Div. N° 69. pp. 29-36.
- Rhykerd, C.L. y Overdalhl, C.J. 1972. Nutrition and Fertilizer Use. In Hanson, Alfalfa-science and technology. Madison, Wisconsin. American Soc, of Agronomy.
- SAS INSTITUTE. 1985. SAS/STST Guide for Personal Computer. Versión 6 Edition. SAS Inst., Cary, NC.
- Zamalvide, J.P. 1995. Deficiencias de azufre en suelos del Uruguay. Revista del Plan Agropecuario, N° 67:31-35.