

EFFECTO DE LA SOLUBILIDAD DE LAS FUENTES DE FÓSFORO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE UNA PRADERA PERMANENTE

ROLANDO DEMANET F.¹ Y MARÍA DE LA LUZ MORA G.²

¹ Departamento de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.

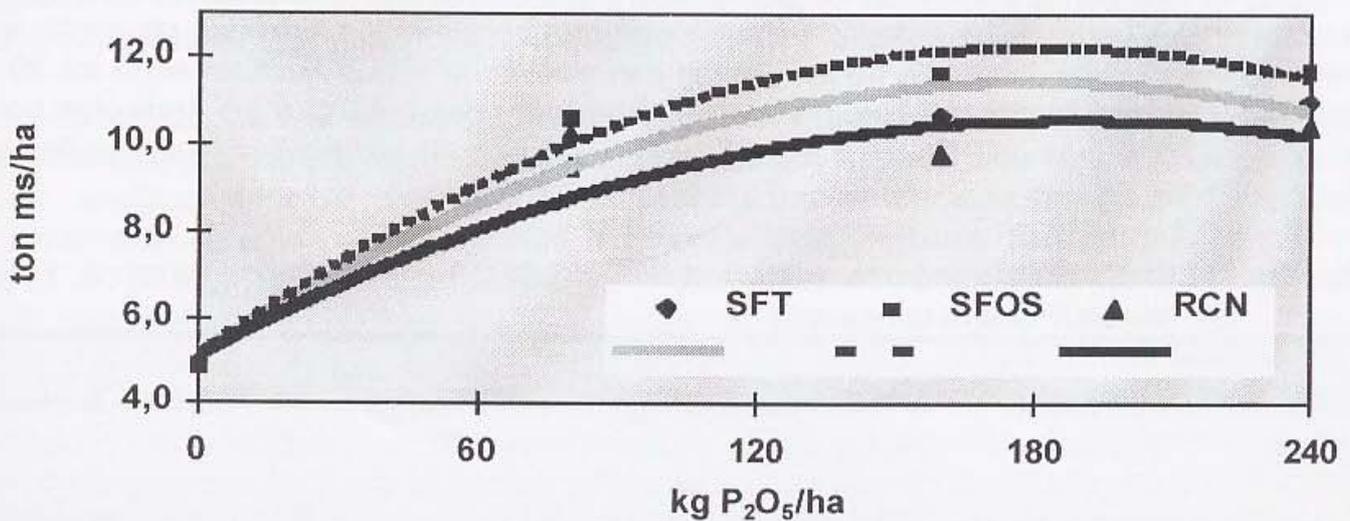
² Departamento de Ciencias Químicas, Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración. Universidad de La Frontera. Casilla 54-D. Temuco. Chile

El desarrollo de la ganadería de la zona sur, en las últimas décadas, ha provocado un requerimiento cada vez mayor de conocimiento sobre el manejo de praderas de alta producción, especialmente, de programas de fertilización, dado la necesidad de lograr el máximo potencial de producción de materia seca y calidad nutricional del forraje. Sin embargo, en la actualidad los ganaderos están enfrentados a una disminución de la relación costo - beneficio, lo que determina la urgente necesidad de conocer el efecto sobre la producción y calidad de la pradera, por parte de las diferentes alternativas de fertilización fosfatada, principal limitante del desarrollo de las pasturas de los suelos volcánicos.

De este modo, resulta de gran interés para el manejo de praderas en suelos ácidos o con riesgo de acidificación, conocer el efecto que ejercen las fuentes de fósforo de diferente grado de solubilidad sobre el contenido de P en el suelo y la producción y calidad del forraje. Con este objetivo se realizaron ensayos en pasturas de ballica perenne + trébol blanco en Andisoles cuyo nivel de P inicial fue cercano a 15 ppm. Se evaluaron las fuentes fosfatadas SFT (Superfosfato triple), SFOS (Super Fos, que corresponde a una roca fosfórica parcialmente acidulada) y RCN (Roca Fosfórica Carolina del Norte), en dosis crecientes de 0 a 240 kg P₂O₅/ha.

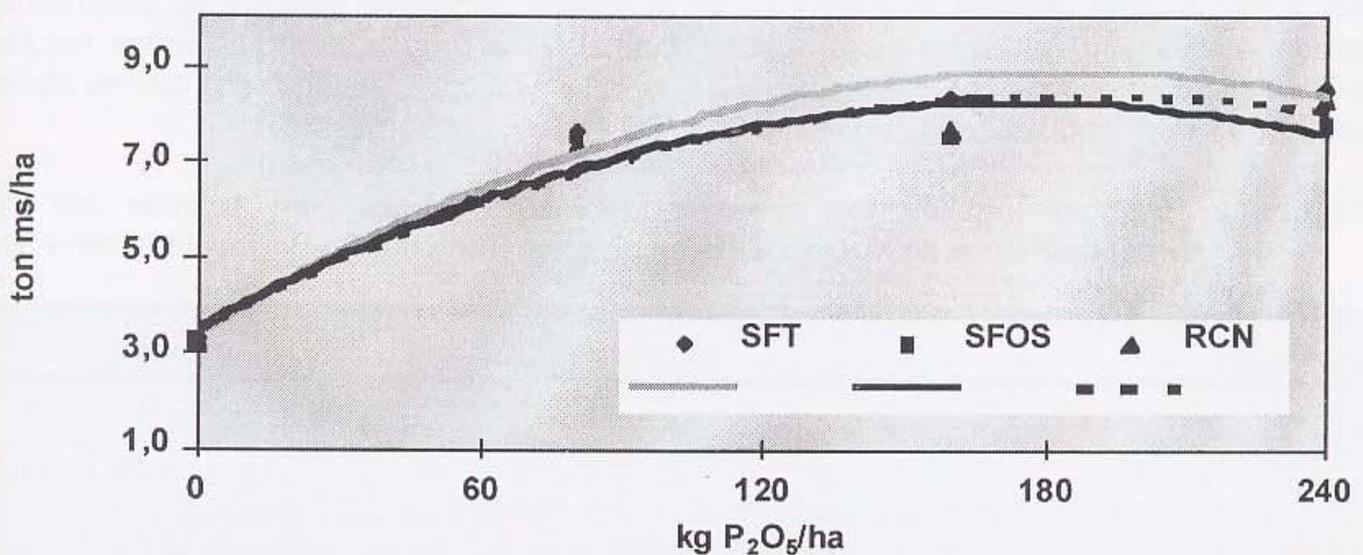
Durante la primera temporada, la producción de materia seca presentó el comportamiento esperado de acuerdo al nivel de disponibilidad de fósforo según el grado de solubilidad de la fuente. Las diferencias registradas en la producción total de la primera temporada, sólo son consecuencia de las variaciones generadas por la solubilidad de las fuentes al establecimiento de la pastura. Así, la mayor producción de materia seca se logró con la fuente soluble de fósforo, alcanzando un diferencial máximo de 24%, respecto al testigo, sin aplicación de fósforo.

A continuación se presenta un análisis de los resultados en función de la eficiencia agronómica relativa al SFT (EAR). La EAR del SFOS y RCN aumenta cuando se calcula para la producción total del año 1, con respecto a la evaluación del primer corte. Este resultado que era de esperar, debido al aumento de la solubilización de P, que se produce a través de las reacciones químicas de equilibrio según el producto de solubilidad de los fosfatos tricálcicos (Kps), y que son función del tiempo, así como también, al mejor uso que las plantas pueden hacer de este elemento en la medida que su sistema radical se desarrolla.



Tratamientos	Ecuaciones ajustadas	R ²
SFT	$y = -0.0002x^2 + 0.0701x + 5.1315$	0.957
SFOS	$y = -0.0002x^2 + 0.0792x + 5.09$	0.9771
RCN	$y = -0.0002x^2 + 0.0578x + 5.1315$	0.9441

Figura 1. Efecto de la fuente y dosis de fósforo sobre la producción de *Lolium perenne* + *Trifolium repens*. Primera temporada.



Tratamientos	Ecuaciones ajustadas	R ²
SFT	$y = -0,0002x^2 + 0,0602x + 3,399$	0,9763
SFOS	$y = -0,0002x^2 + 0,0547x + 3,4735$	0,9307
RCN	$y = -0,0001x^2 + 0,0525x + 3,469$	0,9396

Figura 2. Efecto promedio de 3 temporadas de la fuente y dosis de fósforo sobre la producción (ton ms/ha) de *Lolium perenne* + *Trifolium repens*.

Por otra parte, la EAR del SFOS es muy superior a la que presenta la RCN, como se muestra en el Cuadro 1. Lo anterior, no hace mas que confirmar la necesidad de contar en los primeros estadios de desarrollo de las plantas con niveles de P que fluctúan entre los 20 y 30 ppm de P Olsen. Además, en este análisis se debe tener presente que los Andisoles poseen un índice de retención de P cercano al 95 % y que su nivel de P inicial aunque se clasifica como medio, no es suficiente para mantener 0.2 a 0.4 ppm en la solución del suelo.

Cuadro 1. Eficiencia agronómica relativa al SFT de SFOS y RCN Ballica perenne + Trébol blanco. Primera temporada

Fuente de P	Producción	80 kg P ₂ O ₅	160 kg P ₂ O ₅	240 kg P ₂ O ₅
SFOS	Primer corte	36	68	65
	Total Año 1	69	61	71
RCN	Primer Corte	14	12	34
	Total Año 1	16	23	48

Para completar el análisis es necesario incorporar un nuevo parámetro que mide la razón de equivalencia (RE) entre el uso de SFT y las fuentes evaluadas (SFOS y RCN) y que permite conocer con qué cantidad de fertilizante se puede obtener la misma producción de materia seca que con el SFT.

La RE entre el primer corte y la producción del año, es prácticamente igual, siendo 1.6 para el SFOS y cercana a 3 para la RCN. Sin embargo, esta respuesta no es sorprendente, porque la influencia del primer corte es fundamental en la producción total. Estos resultados señalan claramente que para alcanzar los mismos rendimientos de materia seca que se obtienen con SFT, es necesario aplicar 1.6 veces mas SFOS y casi 3 veces mas RCN.

Cuadro 2. Razón de equivalencia entre las fuentes fosforadas para alcanzar una misma producción total de materia seca/ha. Primera Temporada. Ballica perenne + Trébol blanco

ton ms/ha	SFOS/SFT	RCN/SFT
10.0	1.6	3.3
10.5	1.6	2.8
11.0	1.6	2.7
11.5	1.6	2.6
12.0	1.6	2.5

Sin embargo, las diferencias en producción que se presentan en el primer año son prácticamente nulas cuando se analiza la producción promedio de las 3 temporadas Figura 3. Estos resultados señalan claramente que el aporte de las fuentes de liberación lenta en suelos con un nivel medio de P se comportan eficientemente en el largo plazo. Una de las razones

principales es la mayor actividad fosfatásica y efectividad de las micorrizas VA que se presenta como resultado del mayor desarrollo radical que presentan las plantas.

La fertilización fosfatada incrementa el nivel de P en el suelo, pero este aumento es importante sólo cuando se usan fuentes solubles. No obstante, el valor medido depende del método analítico que se usa para determinar la concentración de P, pero que no necesariamente se refleja en la disponibilidad real de este elemento para las plantas. Es así, como el uso de fuentes fosfatadas de liberación controlada, como son el SFOS y RCN en este estudio muestran que el P Olsen aumenta desde 15 a 27 ppm y desde 15 a 18 ppm, con la aplicación desde 80 a 240 kg P_2O_5 /ha, respectivamente, cuando el SFT con las mismas dosis provocó un incremento de 15 a 33 ppm. Estos resultados se correlacionan perfectamente con el grado de solubilidad de las fuentes empleadas y con la formación de productos de baja solubilidad, como son los fosfatos de Fe y Al que se forman cuando se agrega una gran cantidad de P soluble.

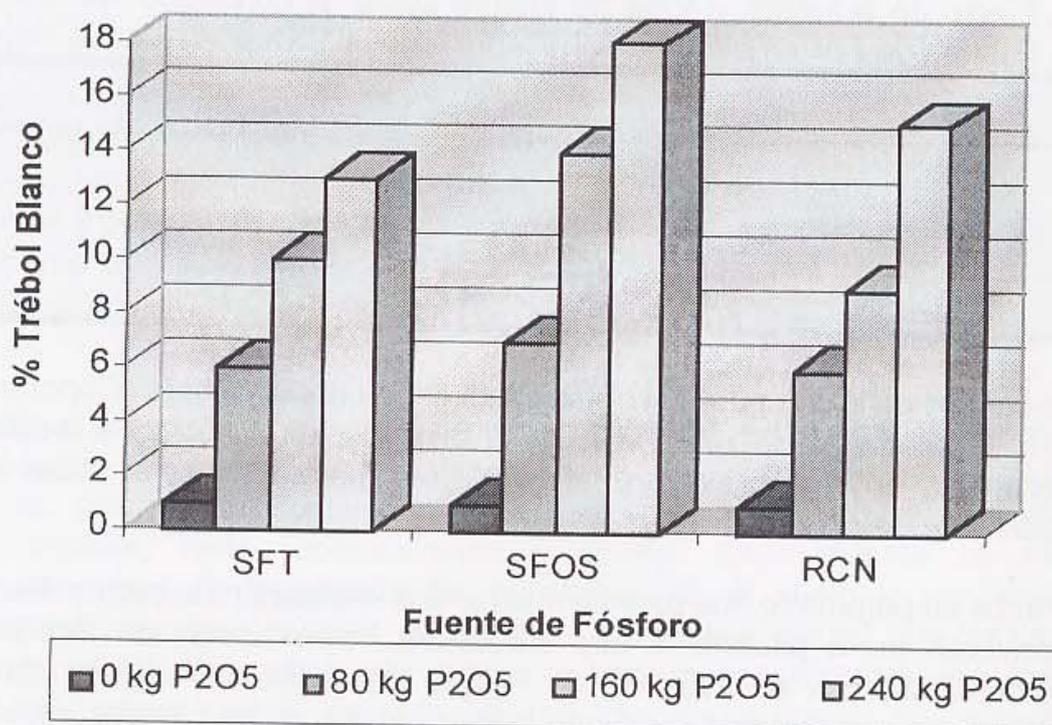


Figura 3. Efecto promedio de 3 temporadas de la fuente y dosis de fósforo sobre la composición botánica (%) de la pastura de *Lolium perenne* + *Trifolium repens*.

Cuadro 3. Efecto de la fuente y dosis de fósforo sobre el contenido de fósforo en el suelo (ppm). *Lolium perenne* + *Trifolium repens*

	0 kg P ₂ O ₅	80 kg P ₂ O ₅	160 kg P ₂ O ₅	240 kg P ₂ O ₅
SFT	15	17	26	33
SFOS	15	17	24	27
RCN	15	15	16	18

Sin embargo, al comparar los valores de P, con los índices de producción de materia seca, se puede concluir que el aporte de P necesario para cumplir con los requerimientos biológicos de las plantas se cumplió con la dosis de 80 kg P₂O₅/ha, con un nivel de absorción foliar de 0.3 %, con la fuente soluble (SFT). Esto indica que el resto fue un consumo de lujo, desde el punto de vista de la producción, aunque desde el punto de vista del aumento del nivel de fertilidad del suelo es positivo.

La mayor diferencia existente entre las fuentes de fósforo utilizadas se verifica en la composición botánica de la pastura. Las fuentes de solubilidad controlada lograron un importante incremento en el aporte de trébol blanco, en especial con la aplicación de dosis altas de fósforo, situación que permitió alcanzar una aporte superior a 15%. La presencia de trébol modificó la calidad del forraje aumentando el contenido de proteína el cual alcanzó valores superiores a 20% (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de la fuente y dosis de fósforo sobre el contenido de proteína (%) de la Pastura de *Lolium perenne* + *Trifolium repens*. Ballica en estado vegetativo.

	0 kg P ₂ O ₅	80 kg P ₂ O ₅	160 kg P ₂ O ₅	240 kg P ₂ O ₅
SFT	14,1	16,8	18,1	19,0
SFOS	14,1	17,5	20,5	21,5
RCN	14,1	17,0	17,9	20,2

Este cambio en la composición botánica se debe principalmente al aporte de elementos trazas como Mo presentes en la roca y a la liberación sostenida de fósforo a la solución del suelo como consecuencia de la acidificación de la rizósfera generada por el trébol a través de los exudados radicales.

La RE es un parámetro que permite realizar una evaluación de costos. Para el primer año de establecimiento de la pradera el uso del SFOS como fuente de fertilización fosfatada implicaría un costo superior en \$185 /kg de P₂O₅ y para la RCN \$469/ kg. Sin embargo, es necesario considerar que el mayor costo que significa el uso de las fuentes de entrega lenta en el primer año, representa una inversión a largo plazo, debido a que estos fertilizantes mantendrán un nivel de P disponible en el tiempo que permite asegurar una adecuada producción.

La mayor eficiencia que presenta el SFOS al compararlo con la RCN, es el resultado de una combinación de factores, tales como, la liberación inmediata del fósforo soluble, el efecto sobre el desarrollo de las raíces que permite una mayor exploración de volumen y el componente de liberación controlada de fósforo. Todas estas características permiten además sobrepasar en el largo plazo, la eficiencia del superfosfato triple en el manejo de una pradera permanente.