

REACCIÓN DE LOS FERTILIZANTES FOSFATADOS EN EL SUELO

ERIKA M. VISTOSO GACITÚA
Ing. Agr., Dr. Cs., INIA Remehue
evistoso@inia.cl

PATRICIO SANDAÑA GÓMEZ
Ing. Agr., Dr. Cs., INIA Remehue
patricio.sandana@inia.cl

Introducción

El fósforo (P) es un macronutriente que cumple importantes funciones bioquímicas y fisiológicas formando parte de biomoléculas (enzimas, ácidos nucleicos y proteínas) que están involucrados en prácticamente todos los procesos de transferencia y almacenamiento de energía (ATP) y en el transporte y absorción de nutrientes. Por lo tanto, es un macronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las praderas. La concentración de P en las especies gramíneas puede fluctuar entre 0,22 a 0,36 %, en cambio, en las leguminosas fluctúa entre 0,18 a 0,47 %. Desde el punto de vista agronómico, las deficiencias de P se traducen en un menor desarrollo de área foliar afectando negativamente la captura de energía solar y el rendimiento.

Los suelos volcánicos, como Trumaos y Rojo Arcillosos, presentan altas concentraciones de P total, sin embargo, su nivel de disponibilidad está por debajo de los requerimientos de las especies prateras; debido a la alta capacidad de adsorción de P de estos suelos. Esta limitación nutricional (deficiencia de P) sumada

a la acidez natural reducen la expresión del potencial productivo de las praderas y, por ende, la producción de carne, leche y lana. Bajo estas condiciones de deficiencia de P es imprescindible su aplicación a través de fertilización fosfatada, ya sea con fuentes orgánicas o inorgánicas.

Fertilizantes fosfatados

Las fuentes de P disponibles para su aplicación agrícola se pueden agrupar en fuentes inorgánicas y fuentes orgánicas. Las fuentes inorgánicas incluyen a todos los fertilizantes fosfatados derivados de roca fosfórica y, las fuentes orgánicas incluyen a los purines, estiércol animal y residuos orgánicos que contienen P.

Los fertilizantes fosfatados inorgánicos son fabricados a partir de roca fosfórica (RF) originada de minerales de apatita. Los principales yacimientos de RF se encuentran en China, EE.UU., Marruecos, Rusia, Túnez, Brasil y Jordania. Algunos de los yacimientos de RF presentan mayor reactividad y pueden ser usados como fertilizante fosfatado de uso directo,



principalmente en suelos ácidos y en cultivos de largo ciclo vegetativo (como las praderas).

A su vez, los fertilizantes fosfatados se puede agrupar en **solubles en agua** (liberación rápida de P) e **insolubles** (liberación lenta de P). El P de los fertilizantes fosfatados solubles está inmediatamente disponible para la absorción de la planta desde la solución del suelo, mientras que el P de los fertilizantes fosfatados insolubles estará disponible a través del de tiempo.

A nivel mundial, los fertilizantes fosfatados solubles son los más usados aunque tienen un alto costo industrial; debido al uso de combustibles fósiles en su producción, sin considerar la Huella de Carbono generada por su transporte. Además, la adsorción de P en el suelo se incrementa con la aplicación de fertilizantes fosfatados solubles. Una alternativa de aplicación directa de P al suelo es el uso de fertilizantes fosfatados insolubles, que son de liberación lenta de P, como la RF, de menor costo y que pueden contribuir a la intensificación agrícola sostenible en especies de ciclo vegetativo largo, con alta actividad biológica, como las praderas, manteniendo la fertilidad del suelo, e incluso mejorando la concentración de P a largo plazo.

Reacción de los fertilizantes fosfatados en el suelo

La aplicación de los fertilizantes fosfatados genera varias reacciones químicas en el suelo, las cuales dependerán en primer lugar de las características físicas y químicas del suelo y, en segundo lugar de las

características químicas de los fertilizantes fosfatados.

Cuando se aplican fertilizantes fosfatados solubles, éste rápidamente se disuelve al estar en contacto con suelo húmedo y pasa desde la solución del suelo a formar parte de la fracción de P lábil (Ecuación 1). Posteriormente, continúan reacciones de precipitación y adsorción con los óxidos de hierro y aluminio formando, con el tiempo, compuestos menos solubles (fracción de P no lábil) y de menor disponibilidad para las plantas. Sin embargo, a través de procesos de químicos y biológicos tanto del suelo como de la planta se transforma en P disponible para ser absorbido por las plantas.

(Ecuación 1)



En cambio, cuando se aplican fertilizantes fosfatados insolubles primero deben ser disueltos por el ácido generado en los suelos (Ecuación 2), razón por la cual estos fertilizantes son recomendables para suelos ácidos ($\text{pH}_{\text{agua}} < 5,8$). Una vez que el fertilizante fosfatado insoluble es disuelto en el suelo ácido, continúan las mismas reacciones de precipitación y adsorción mencionadas para los fertilizantes fosfatados solubles.

(Ecuación 2)



Solubilidad de los fertilizantes fosfatados

La calidad y efectividad agronómica de los fertilizantes fosfatados depende de varios factores como: i) Solubilidad, ii) Composición química y iii) Reacción química en la solución del suelo. La solubilidad constituye la primera aproximación para predecir su reactividad química y, en el caso de los fertilizantes fosfatados nos indica la proporción de P_2O_5 que está disponible con rapidez para los cultivos y/o praderas. La composición química nos indica la concentración de nutrientes del fertilizante. En general, los fertilizantes de alta concentración presentan mayores ventajas económicas. La reacción química de los fertilizantes en el suelo dice relación con su efecto en el pH del suelo.

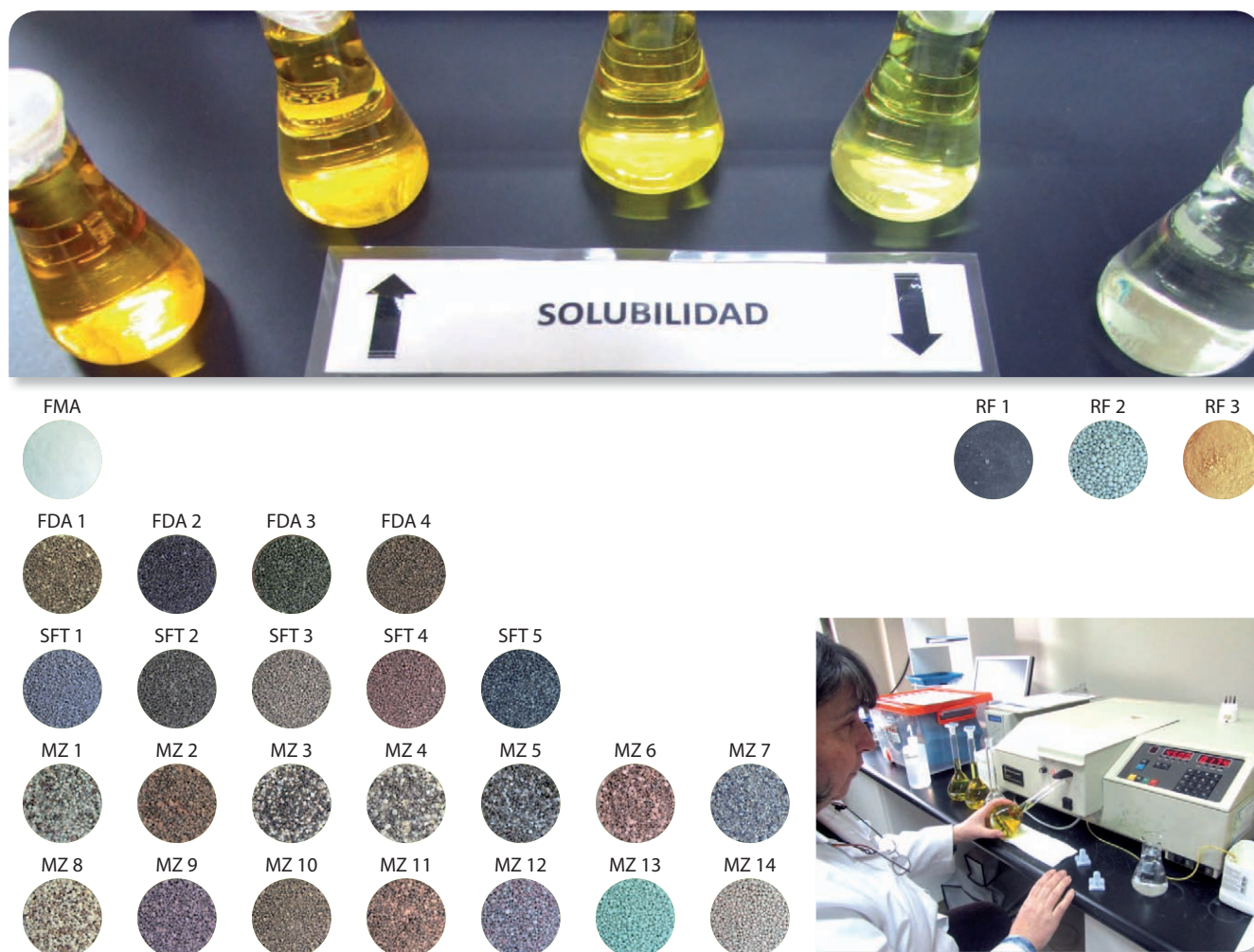


Figura 1. Solubilidad de fertilizantes fosfatados a través de la extracción con ácido cítrico al 2% y determinación de fósforo por colorimetría del vanado molibdato en un espectrofotómetro UV-Visible.

La solubilidad de los fertilizantes fosfatados se puede medir por procedimientos analíticos que implican diferentes soluciones extractantes (Figura 1) y, a continuación, se explican algunas terminologías:

P soluble en agua: cantidad de fosfato que puede ser disuelto en agua.

P soluble en citrato de amonio neutro a pH 7,0: cantidad de fosfato soluble en una solución de citrato de amonio neutro a pH 7,0.

P soluble en ácido cítrico al 2%: cantidad de fosfato soluble en una solución de ácido cítrico al 2%.

En base a técnicas validadas por INIA para evaluar la efectividad potencial de los fertilizantes fosfatados usados actualmente en praderas de la zona sur, se ha podido establecer que estos pueden presentar importantes diferencias en rangos de índice de solubilidad (Cuadro 1) de acuerdo al porcentaje de P total que es soluble en diferentes soluciones extractantes y, que se expresa, por razones prácticas, como porcentaje de la concentración de P_2O_5 total.

Por ejemplo: Si un agricultor aplicará una dosis de 150 kilos de P_2O_5 usando como fuente fosfatada el SFT. Como el P de este fertilizante presenta una solubilidad promedio en agua del 86% (Cuadro 1), 129 kg de P_2O_5 son solubles en agua y 21 kilos de P_2O_5 son insolubles. El P_2O_5 soluble en agua está



Cuadro 1. Valores promedio y rangos de índice de solubilidad del P_2O_5 de los fertilizantes fosfatados evaluados con diferentes metodologías de solubilidad (\pm error estándar, $n=3$).

	ÍNDICES DE SOLUBILIDAD (% P_2O_5 total)								
	Agua			Citrato de amonio neutro a pH 7,0			Ácido cítrico al 2%		
	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo
Fertilizante Fosfatado Soluble									
FMA (1*)	100 \pm 0,08	100	100	37 \pm 3,80	31	44	99 \pm 0,52	98	100
FDA (4*)	98 \pm 0,59	95	100	35 \pm 1,75	28	46	98 \pm 1,00	92	100
SFT (5*)	86 \pm 2,56	66	100	23 \pm 1,54	16	34	92 \pm 1,76	75	100
Fertilizante Fosfatado Insoluble									
RF (3*)	0	0	0	9 \pm 2,73	1	30	45 \pm 3,80	18	53

* (Número de fertilizantes evaluados por cada tipo).
Fosfato monoamónico (FMA), Fosfato Diamónico (FDA), Superfosfato Triple (SFT).

disponible para el crecimiento del cultivo y/o pradera en el corto plazo, mientras que la fracción insoluble en agua permanecerá en el suelo hasta los procesos de químicos y biológicos tanto del suelo como de la planta lo transformen en P soluble y disponible para ser absorbido por las raíces de las plantas.

De acuerdo a lo anterior, debemos estar informados tanto de la solubilidad como de la concentración de

P que pueden presentar las diferentes alternativas de fertilizante fosfatado disponible en el mercado y, que en definitiva se traduzca en el menor costo por unidad de P posible con el objetivo de suministrar este macronutriente de acuerdo a los requerimientos de las diferentes cultivos y especies pratenses, que necesitan de un continuo aporte de P a través de su ciclo vegetativo.



Agradecimientos:
Gobierno Regional de la Región de Los Lagos, Secretaría Regional Ministerial de Agricultura de la Región de Los Lagos e Instituto de Investigaciones Agropecuarias.