

1.1. FERTILIZANTES FOSFATADOS

Omar Casanova⁽¹⁾

INTRODUCCIÓN

La incidencia de los fertilizantes fosfatados en el costo de los mejoramientos de campo con leguminosas puede alcanzar valores del 80% de los costos totales de dicho mejoramiento. Partiendo de la base de la necesidad de un conocimiento objetivo de la realidad actual en referencia a este tipo de fertilizante, intentaremos abordar las principales características que diferencian o asemejan a los fertilizantes fosfatados, teniendo como referencia el sistema de producción sobre el cual estamos trabajando.

El comportamiento final de un fertilizante dependerá de las condiciones de suelo – cultivo y ambiente sobre el cual se aplique. Sin embargo hay ciertas características del propio fertilizante que son determinadas desde la elección de la materia prima pasando por los procesos de la fabricación e incluso de acuerdo al transporte y almacenamiento previo a su aplicación.

La reconstrucción de las etapas, desde el origen del material hasta su aplicación final en el suelo, nos permitirá interpretar resultados posteriores a nivel de campo. Incluso cierta caracterización de acuerdo a sus contenidos de fósforo total, soluble y asimilable, así como la presencia o ausencia de elementos como N, S, Cd, permitirían tomar decisiones técnicas a priori con una mínima información de respuesta vegetal y de suelo.

ESTADO ACTUAL DE LA IMPORTACIÓN Y USO DE FOSFATADOS

La crisis económica de los últimos años no nos permitiría utilizar los valores absolutos de importación y uso de fosfatados como padrones de análisis a largo plazo. El registro de las importaciones promedio de los últimos 2 años nos permite analizar las tendencias actuales respecto a la comercialización potencial de los fertilizantes fosfatados (Cuadro 1).

De acuerdo a los datos suministrados por la Oficina de Registro de fertilizantes del MGAyP surgen tendencias claras respecto al uso de fuentes mixtas como predominante en el suministro de fósforo. La elevada incidencia del costo de los fletes, una relación de costo similar por unidad de P_2O_5 , la eliminación de la protección a la Industria Nacional (eliminación del I.V.A a los importados) explicarían la predominancia de fuentes como fosfato de amonio y sobretodo mono amónico sobre los fertilizantes simples como superfosfato y supertriple. La inexistencia de una política de comercialización, como existió en el pasado, explicaría la baja incidencia de las fosforita de uso directo. Resulta llamativo la baja demanda de la producción de carne orgánica que hoy ocuparía más de 500.000 ha sobre el consumo de fosforita, siendo la única fuente de

1

Cuadro 1. Promedio del 2002-03 de la importación de materias primas y fertilizantes fosfatados en miles de toneladas.

Años	Miles de toneladas importadas			
	Fosforita	Fosforita 36%	Supertriple	Fosfato de amonio
2002-2003	12.450	15.000	6.200	138.544

FUENTE: Ing. Agr. Jorge Casal y Krikor Kouyoumdjian MGAyP – Dir. Suelos y Aguas.

⁽¹⁾Ing. Agr., Facultad de Agronomía.

fósforo aceptada, estaríamos aplicando aproximadamente 25 kg/ha/año lo que auguraría niveles de productividad muy bajos (sin considerar lo usado para producir Hyperfos)

La baja incidencia de fuentes solubles con cantidades importantes de azufre frente a la aparición de situaciones con niveles limitantes en planta, darían a este tipo de fuente un potencial elevado a futuro, sin olvidar la posibilidad de aplicar CaSO_4 (subproducto de industria fosfórica) con la salvedad de su lenta disolución en el suelo (recordar residuo blanco que aparece luego de aplicar al suelo o disolver en agua el superfosfato)

PROCESOS DE FABRICACIÓN DE FERTILIZANTES FOSFATADOS

Reconocemos como el proceso de fabricación más simple la obtención de fertilizantes fosfatados de uso directo. A partir de fosforita de origen sedimentario mediante extracción, molienda y tamizado se obtiene un producto que puede ser embolsado para ser transportado hasta el campo y aplicado. Bajo esta modalidad identificamos en nuestro país el Hyperfosfato (AA_1) (Cuadro 2).

Otra alternativa es la obtención de una fosforita parcialmente acidulada a partir de una fosforita "blanda" de origen sedimentario. Utilizando una concentración controlada de H_2SO_4 que provoca la obtención de una mezcla de fracciones de fósforo final en parte solubles en agua, en parte en citrato de amonio, Ácido Cítrico al 2% y en

parte no soluble a estos reactivos – El producto en el Uruguay se obtiene por tratamiento de la fosforita con un exceso de H_2SO_4 y posteriormente neutralizado con la propia fosforita utilizada inicialmente (AA_2). El producto comercial se conoce como Hyperfos, siendo una fuente que aporta además 4% de azufre.

A partir de fosforita de elevado porcentaje de P_2O_5 , generalmente superiores al 36% de origen metamórfico o ígneo se obtienen diferentes productos de acuerdo al tipo de ácido utilizado (H_2SO_4 o H_3PO_4). Un ataque total de la fosforita con H_2SO_4 producirá como producto final H_3PO_4 (BB_1), el cual puede considerarse el fertilizante de mayor concentración de fósforo total y soluble. Su utilización como fertilizante en nuestro país se restringe a sistemas intensivos y/o como reactivo en fertirriego.

La utilización de una dosis menor de ácido sulfúrico, pero suficiente para llevar todo el fosfato tricálcico a monocalcico, genera superfosfato de calcio (BB_2). El superfosfato al ser una mezcla de fosfato y yeso en CaSO_4 contiene 24% de Ca, 12% de S y 10% de P (23% P_2O_5), más del 90% del fósforo en el superfosfato se encuentra en forma soluble en agua comercializándose en forma granulada.

El tratamiento de fosforita con H_3PO_4 genera fosfato monocalcico y un residuo de CaSO_4 .

La utilización del H_3PO_4 como reactivo en la reacción con la fosforita, genera la solubilización de esta y una ganancia en la riqueza en fósforo del producto final respecto a la fosforita de partida (C).

Cuadro 2. Procesos de Fabricación de los principales fertilizantes fosfatados.

A	Fosforita sedimentaria	A1) Molienda, Tamizado (granulado) Uso directo $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaHPO}_4$ A2) H_2SO_4 (exceso) + fosforita = $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4) + \text{CaHPO}_4 + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{HF}$
B	Fosforita	B1) $\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{CaSO}_4 + \text{HF}$ B2) $\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 + \text{HF}$
C	Fosforita	+ $\text{H}_3\text{PO}_4 \longrightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{HF}$
D	Fosforita	+ $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NH}_3 \longrightarrow (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{HF}$

El agregado de amonio al proceso anterior generará diferentes fosfatos de amonio de acuerdo a la sustitución de este último en la molécula de fosfato monocálcico. En consecuencia podremos disponer de fosfato monomómico (11-52-0) o diamónico (21-42-0), aunque la fórmula comercial más común de este último es el 18-46-0 (D).

CARACTERIZACIÓN DE LOS FERTILIZANTES COMERCIALES

El conocimiento de las principales características de los productos comerciales portadores de fósforo nos permitiría tomar decisiones en el corto, mediano y largo plazo en cuanto a la mejor alternativa de fertilizantes fosfatado a ser aplicado. Existe una información obligatoria requerida por los organismos del Estado MGAP, que permite una primera aproximación en cuanto a contenidos totales y asimilables de fósforo en el producto. El conocimiento más detallado del P asimilable en cuanto a sus componentes de P soluble en agua, o en citrato de amonio o Ácido Cítrico, así como las características de la diferencia entre fósforo total y asimilable complementarían la información básica que figura en la bolsa.

Conocer las características enunciadas sería sólo una guía útil en las condiciones de suelo – cultivos muy extremos, en la mayoría de las situaciones solamente una eva-

luación de las diferentes fuentes en condiciones productivas daría la información objetiva para una decisión final.

De acuerdo a la información presentada en el cuadro 3 vemos, una coincidencia absoluta entre el fósforo asimilable y el total para fuentes obtenidas mediante tratamiento con ácidos. En el caso de la fosforita aproximadamente 1/3 del fósforo total estaría como asimilable, determinándose esta fracción mediante Ácido Cítrico al 2% diferencia del resto de las fuentes.

Existen características complementarias de las diferentes fuentes del fósforo que pueden jugar a favor o en contra de una elección para condiciones similares de eficiencia e incluso afectar el resultado final de ésta (Cuadro 4).

En condiciones de producción con deficiencia de azufre el incluir total o parcialmente fuentes que aporten este nutriente, puede ser determinante. El contacto prolongado de un gránulo de fertilizante de pH bajo o muy alto con la semilla en condiciones de elevada humedad pueden afectar la viabilidad de ésta. Para aplicaciones elevadas, pequeñas diferencias en cuanto al índice de salinidad pueden ser negativas en las etapas de germinación y desarrollo inicial de una plántula.

Las actuales relaciones de precio de los combustibles, respecto al de los fertilizantes hacen cada vez más determinante la consideración del grado como la riqueza efectiva en aporte de nutrientes del fertilizante.

Cuadro 3. Solubilidad en diferentes reactivos del fósforo asimilable de los principales fertilizantes comerciales.

Fuente	%P ₂ O ₅ total	% P ₂ O ₅ soluble en H ₂ O	% P ₂ O ₅ soluble en citrato de amonio	% P ₂ O ₅ soluble en Ac. cítrico 2%
Fosforita “blanda”	28	-	-	10
Superfosfato	23	21	21	-
Supertriple	46	46	46	-
Fosfato Mono Amónico	52	52	52	-
Fosfato “Diamónico”	46	46	46	-
Ácido fosfórico	76-85	76-85	76-85	-

Cuadro 4. Porcentaje de azufre, pH alrededor del gránulo, índice salino y grado de los principales fertilizantes fosfatados.

Fuente	% S	pH en el gránulo	Índice salino	Grado en P ₂ O ₅	Grado en P ₂ O ₅ + S o N
Fosforita "blanda"	-	6.5	-	28	28.0
Superfosfato	12	1.5	0.39	23	35.0
Supertriple	1.5	-	0.21	46	47.5
Fosfato MonoAmónico	-	3.5	0.48	52	63.0
Fosfato Diamónico	-	8.0	0.63	46	64.0

La decadencia de los fertilizantes simples de fósforo en el mundo se debe sobre todo a la incidencia de los costos de transporte y aplicación de las fuentes de bajo grado en P₂O₅. La tendencia observada y agudizada últimamente ha llevado a la utilización de fuentes sin aporte de azufre, apareciendo en consecuencia en los últimos años situaciones con limitante, de este nutriente.

La consideración del grado del superfosfato como aporte de fósforo solamente, determina, costos de movimiento de este, de casi el doble respecto al supertriple, por ejemplo.

La consideración del grado de los nutrientes accesorios como azufre, acercaría la relación entre las dos fuentes al 75%. Si consideramos al P y S en su forma elemental la diferencia de grado podría ser favorable al superfosfato (22 superfosfato y 20 para supertriple) .

La información manejada nos permitiría tomar decisiones más amplias frente a la nueva realidad, quedando sin abordar las fuentes intermedias existentes en el mercado, por no disponer de la información específica.

Fertilizantes mixtos como los fosfato de amonio a su elevado grado, debemos agregar, la pertinencia o no de la aplicación de nitrógeno. Generalmente en la implantación de pasturas o en períodos críticos para la fijación biológica el agregado adicional de nitrógeno puede dar un beneficio adicional que favorece la decisión por este tipo de fuente.

EVALUACIÓN DE FUENTES DE FÓSFORO

La fuente de fósforo adecuada para determinada situación de suelo-cultivo-manejo resultará de la evaluación del comportamiento productivo y/o contenido en fósforo (calidad de la pastura) en la planta, mediante estudios de respuesta a largo plazo. A la caracterización realizada previamente debemos agregar el comportamiento en términos de respuesta vegetal que nos permita llegar a parámetros de eficiencia relativa de las diferentes fuentes. Decimos además que debe ser a largo plazo en función de la importancia de la residualidad de este tipo de fertilizante y el diferente comportamiento inicial de acuerdo a su solubilidad.

Mal podríamos considerar una fuente mejor que otra, sin considerar su comportamiento en las siguientes condiciones:

- Respuesta a la aplicación de fósforo
- Caracterización del suelo, cultivo y manejo del sistema
- Consideración de otros elementos aportados
- Forma física y de aplicación de cada fuente de acuerdo a su solubilidad inicial
- Parámetros de rendimiento y calidad en fósforo del producto vegetal y/o animal
- Características no deseables de la fuente determinadas por el mercado (producción orgánica, contaminación)

La determinación de parámetros de eficiencia relativa en términos de producción física deben ser ponderados de acuerdo a los costos finales del producto en el campo.

Considerar el costo por unidad de fósforo y el movimiento del fertilizante desde la fábrica hasta su aplicación pueden revertir pequeñas diferencias de eficiencia o determinar la decisión final para eficiencias similares.

A los costos por unidad, debemos agregar los fletes hasta el campo y los movimientos de un volumen de fertilizante para aplicar cierta dosis diferente de acuerdo al grado del fertilizante.

La tendencia actual muestra un incremento mayor de todos los costos relacionados a los movimientos, respecto a los fertilizantes en términos de precio.

La aplicación de fertilizantes fosfatados indirectamente puede aportar elementos no deseables que sean absorbidos posteriormente por las plantas y en consecuencia por los animales.

Como país tomador de los precios internacionales, también lo somos de las reglamentaciones internacionales que hacen cada vez más estricta la no presencia de elementos como cadmio. La actual expansión de la producción orgánica de carne debería sopesar este aspecto como forma de anteponerse a posibles limitaciones comerciales a futuro.

Los fertilizantes pueden contener cadmio cuando se utiliza como materia prima, fosfato de roca sedimentaria.

La cantidad de cadmio y de otros oligoelementos, pueden variar considerablemente dentro de un mismo depósito o yacimiento. La introducción de cadmio en el medio ambiente está cada vez más controlada, mediante normas reguladoras. Una directiva de la CEE (CE, 1986) fija un límite superior de 1 a 3 mg de Cd/kg para los terrenos cultivables. También se están proponiendo o promulgando normativas para fijar los niveles máximos de cadmio en los fertilizantes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Valores típicos del contenido de cadmio en algunos fosfatos de roca importante.

Tipo de roca	Fósforo %	mg Cd/kg de roca	mg Cd/kg de P
Origen Volcánico:			
Kola, URSS	17.2	0.15	0.9
Palfos, Sudáfrica	17.2	0.15	0.9
Origen sedimentario:			
Bou Craa, Marruecos	15.9	35	220
Togo	15.7	55	350
Youssofia, Marruecos	14.6	40	274
Jordania	14.6	5	34
Texas Gulf, EEUU	14.4	40	278
Florida, EEUU	14.4	8	56
Negev, Israel	14.2	20	140
Khouribga, Marruecos	14.2	16	113
Khneifiss, Siria	13.9	6	43
Gafsa, Túnez	13.2	50	380

Fuente: Norsk Hydro.

Con la utilización actual de fertilizantes, se precisarán varios cientos de años para que los suelos cultivables se aproximen a los límites propuestos para el contenido de cadmio. Sin embargo, el aumento lento del contenido de cadmio en el suelo, no es deseable. Actualmente, la única forma de fabricar fertilizantes con un bajo contenido de cadmio es la de utilizar rocas con un bajo contenido del mismo, lo cual excluiría los importantes recursos de fosfato y llevaría consigo que la disponibilidad de materias primas fuese más restringida.

BIBLIOGRAFÍA

- CASANOVA, O.; BARBAZAN, M.** 2002. *Fertilizantes* – Depto. de Publicaciones Fac. de Agronomía. Montevideo. Uruguay.
- ENGELSTAD, O.P.** 1985. *Fertilizer. Technology and use Third Edition* – Soil Science Society of America Madison, Wisconsin. USA.
- TISDALE, S.; NELSON, W.; BEATON, J.; HAVLIN, J.** 1993. *Soil Fertility and Fertilizers* – Fifth edition. Macmillan Publishing Company. New York. USA.
- BOCKMAN, O.; KOARSTAD, O.; LIE, O.; RICARDS, I.** 1993. *Agricultura y Fertilizantes- Hydro Aeri, Nork Hy Dro a.s., Oslo Noruega.*