

# Entendiendo al Fósforo líquido

**Ricardo Melgar**

En el presente trabajo destacamos las principales diferencias entre las distintas formulaciones y su relación con los sólidos granulados

En los últimos años, se han introducido en el mercado diversas formulaciones de fertilizantes fluidos con fósforo, agregándose al más conocido menú de soluciones NS o nitro azufradas.

A las ventajas logísticas de los fluidos en relación a su precisión de la dosificación, manipulación y versatilidad en la colocación, esta presencia en el mercado agrega y amplía las formas de uso de los fluidos, al permitir su uso como arrancadores a la siembra, compitiendo con los tradicionales fosfatos mono y diamónico y mezclas que lo contienen.

Los fabricantes ofrecen distintas fórmulas y grados, y este artículo pretende informar sobre las opciones que dispone el productor, en particular las diferencias entre ellas. Todas están

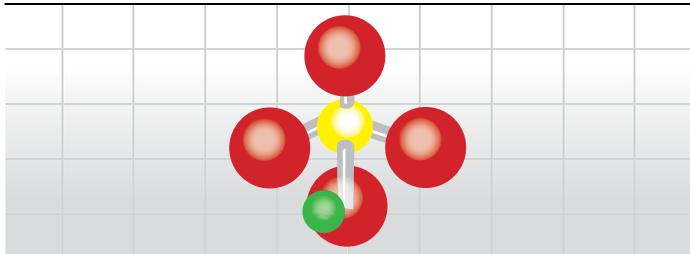
registradas en **SENASA** y con ellas se han conducido ensayos por profesionales independientes con buenos resultados en general.

## ¿Cuánto tiene de fósforo?

Esta es la primera pregunta que hay que hacerse; siempre considerando que este valor en los fertilizantes fosfatados suele comúnmente expresarse como equivalente pentóxido, o anhídrido fosfórico o  $P_2O_5$ . Esta forma no es la más adecuada, ya que el pentóxido no existe libremente ni las plantas absorben esta forma química. Las plantas absorben los iones fosfato como ortofosfato, mono o di, y su proporción en el suelo o la solución del suelo está en función del pH.

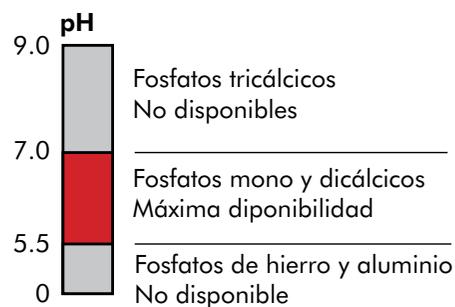
**Absorción de fósforo por las plantas:**

**Anión orto fosfato (mono):  $H_2PO_4^-$  (pH < 7.0)**



**Anión orto fosfato (di):  $HPO_4^{2-}$  (pH > 8.0)**

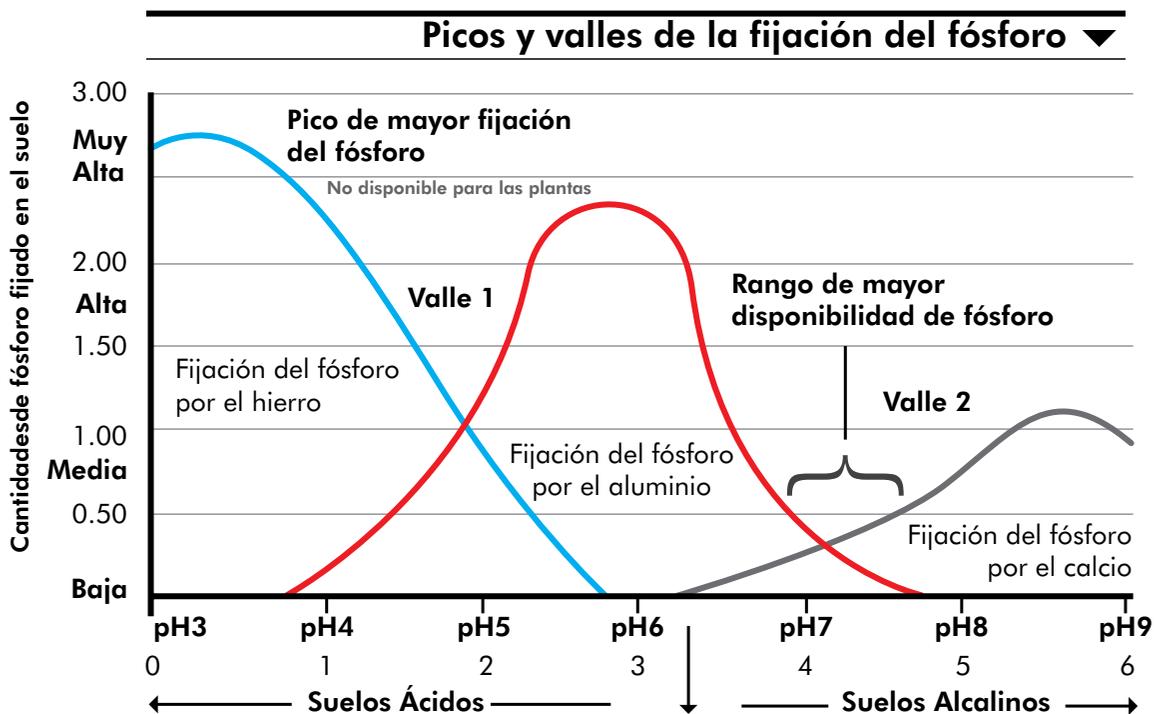
En Función del pH:



Según el pH, los ortofosfatos forman precipitados insolubles con **Ca, Mg, Al, Fe**

Por esa razón y para evitar confusiones, los organismos públicos que regulan el comercio de fertilizantes exigen la declaración del contenido como elemento P, que es equivalente a la molécula de pentóxido de fósforo:  $P_2O_5$ , por el factor 2.29 o su inversa 0.436.

Es decir, para transformar una unidad de P en una de  $P_2O_5$  debe multiplicarse por 2.29. A la inversa, si se quiere transformar un contenido de fósforo expresado como  $P_2O_5$  en el contenido como P elemento se debería dividir por 2.29, o lo que es igual, multiplicar por 0.436.



El otro punto fundamental de la expresión de la cantidad de fósforo tiene que ver con su relación al peso o al volumen. Dado que estamos hablando de fertilizantes líquidos, la expresión en volumen es más cómoda y fácil de medir, pero hay que considerar la densidad o gravedad específica, es decir: cuál es el peso de un determinado volumen.

Así, un fertilizante de grado 0-10-0 (como P), puede tener un contenido de 10 %, es decir tal cual esa cifra, si se expresa en peso sobre peso (p/p), o igual a 0-12-0 si se expresa en peso sobre volumen (p/v), si es que este fertilizante hipotético tuviera una densidad de 1.2 kg/litro ( $kg/dm^3$ ). A la inversa, si el denominado 0-10-0 se expresara como peso sobre volumen, su contenido o concentración en peso sobre peso en realidad sería 0-8.3-0.

Estas mismas consideraciones juegan para la expresión del grado de N (nitrógeno) y de S (azufre), cuando nos referimos a fertilizantes líquidos.

## ¿Qué clase de fósforo?

Las soluciones de fósforo líquido que se encuentran en plaza son de dos clases: las formuladas a base de ácido fosfórico y las formuladas a base de ácido súper fosfórico o polifosfatos.

La principal diferencia entre ambas, es que los segundos son cadenas del primero. Dado que el ácido fosfórico es un ácido fuerte y difícil de manejar, las formulaciones a partir de éste son sales amoniacaes que conforman las soluciones NP.

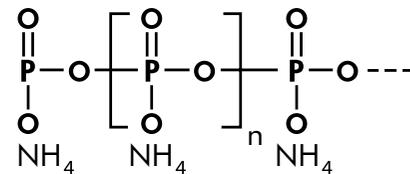
El ácido super fosfórico se fabrica con un proceso similar al del ácido fosfórico, pero clarificado y concentrado desde 68 a 72 % por filtrado y centrifugación en dos procesos; el ácido es de color verde oscuro y de gran viscosidad. Se forman polifosfatos cuando una o dos moléculas de ácido fosfórico son químicamente combinados, quitando el agua. Estos materiales se fabrican a partir del ácido generado por proceso húmedo, pero también algo desde ácido de proceso seco fue utilizado antes de los años 70.

De la misma manera que con las sales amoniacaes del ácido fosfórico, con el ácido súper fosfórico se fabrican las soluciones NP. El fertilizante disponible más común a partir de los polifosfatos es el polifosfato de amonio, un material líquido con

un análisis 10-34-0 u 11-37-0 según el proceso de fabricación (APP en ingles, ammonium polyphosphate). El APP se fabrica haciendo reaccionar el ácido súper fosfórico (poli fosfórico) con amoníaco y agregando agua, usando el calor de reacción para formar el polifosfato. El proceso no convierte el 100% del ortofosfato en polifosfato. Típicamente, el líquido 10-34-0 contiene más de 65-70 % del P total en forma de polifosfato, siendo el 30 - 35 % restante ortofosfato.

Así, el polifosfato de amonio es una sal inorgánica del ácido poli fosfórico y amoníaco. El largo de las cadenas (**n**) del compuesto polímero es variable y ramificado, y **n** puede ser mayor a 1000. APP de cadenas cortas y lineales (**n** < 100) son mas solubles, fácilmente hidrolizables y menos estables térmicamente que los APP de cadenas largas (**n** > 1000), que muestran una muy baja solubilidad en agua (< 0.1 g/ 100 ml).

Fórmula química y estructura:



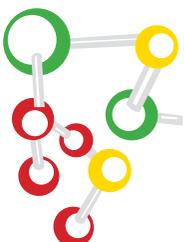
## Formulaciones en plaza

La **tabla 1** muestra un breve resumen de los productos registrados. Puede verse que el pH del producto nos dice claramente que las dos últimas formulaciones son derivadas del ácido poli fosfórico, por el pH más elevado, mientras que las demás son originadas por el ácido fosfórico.

Igual que con los fertilizantes sólidos, el usuario o asesor debe balancear los requerimientos de nitrógeno, fósforo y azufre del cultivo a fertilizar, con los grados disponibles para determinar las dosis de aplicación. Eventualmente, evaluará otras condiciones del producto, como presentación, financiación y otros servicios de su proveedor antes de finalizar su decisión.

**Tabla 1.** Formulaciones líquidas de Fosforo actuales en el mercado argentino

Fabricante/ Producto	Grado N-P-K-S	Grado Equiv. N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O-S	Densidad a 20-25 °C	pH	Reacción en el suelo
<b>Ejemplo 1</b>	0-4.3-0 p/p	0-10-0	1.08	2.2 (al 1%) – 1.8 (al 10%)	Ácida
	6 – 3.4 – 0 p/p	6 - 8 – 0	1,09	2.2 (al 1%) – 1.8 (al 10%)	Ácida
	4-3.3-0-5 p/p	4-7.5-0-5	1.17	2.4 (al 1%) – 1.9 (al 10%)	Ácida
<b>Ejemplo 2</b>	0-4.4-0 p/p 0-4.8-0 p/v	0-10-0 p/p 0-11-0 p/v	1.07-1.09	(a 1 g/l agua) 2.0-2.5	Ácida
	6-3.4-0 p/p 7-3.9-0 p/v	6-8-0 p/p 7-9-0 p/v	1.09-1.10	(a 1 g/l agua) 2.5-3.0	Ácida
	4.5-3.5-0-5S p/p 5-3.9-0-6S p/v	4.5-8-0-5S p/p 5-9-0-6 p/v	1.15-1.17	(a 1 g/l agua) 2.0-2.5	Ácida
<b>Ejemplo 3</b>	4.5-9.6-0-3.4 p/p 5.8-12.2-0-4.1 p/v	4.5-22-0-3.4 p/p 5.8-28-0-4.1 p/v	1.28	1.8	Neutra
<b>Ejemplo 4</b>	6-8.7-0-5 p/p	6-20-0-5	1.28	2.0	Neutra
<b>Ejemplo 5</b>	11-16.1-0 p/p	11-37-0	1.44	7.0	Neutra
	11-13.1-0 p/p	11-30-0-5	1.41	7.0	Neutra



Elegir la formulación más apropiada implica en muchos casos decidir sobre la dosis. Según la forma de colocación podría haber problemas de fitotoxicidad, si es que se dispone el producto muy cerca de la semilla, en particular cuando las dosis son elevadas y cuando el N tiene potencial de emitir amoníaco. Estos factores, además, deben ponderarse con el espaciamiento, tipo de suelo, contenido de humedad, sensibilidad de la semilla y otras variables de sitio.

### Reacción en el suelo de los fertilizantes líquidos

Las principales diferencias en su reacción en el suelo entre estas dos formas de fósforo, orto o polifosfatos, es que éstas son químicamente diferentes.

El ion ortofosfato de los fertilizantes derivados del ácido fosfórico, sean sólidos o líquidos, está presente en la solución del suelo en cuanto los fertilizantes se agregan al suelo. *La mayor o menor presencia relativa del ion ortofosfato o hidrogenofosfato  $HPO_4^{2-}$ , está en equilibrio junto con el ion di-hidrógeno fosfato  $H_2PO_4^-$  según el pH del suelo. El ion fosfato (orto o di) tienen carga negativa, y son inmediatamente asimilables por las plantas.*

En cambio, los polifosfatos deben transformarse a ortofosfatos en el suelo para que sean asimilables por las plantas. En el suelo, los iones polifosfato se convierten fácilmente a iones ortofosfato en presencia del agua. Esta conversión es rápida y, con temperaturas normales del suelo, puede completarse en pocos días. El proceso de conversión es realizado por una enzima llamada pirofosfatasa, abundante en la mayoría de los suelos.

La mayoría de las investigaciones de campo que fueron realizadas en los 70-80, fueron para comparar si las formas ortofosfatos son mejores que las polifosfato. Un trabajo de Raun Lohry (2001) resume las principales conclusiones sobre casi 40 años de investigación, adonde presenta fuertes evidencias de la rapidez de la hidrólisis de fosfatos. Si la hidrólisis es completa en pocos días o semanas, el proceso es lo suficientemente rápido para suministrar suficientes formas asimilables a las plantas en el área radicular cuando éstas lo necesitan.

Los estudios que examinaron la conversión de fosfatos condensados a ortofosfatos informan de vida-media de menos de uno a más de 100 días. (Vida-media es el tiempo necesario para convertir la mitad del poli a ortofosfato). Algunas condiciones que influyen en la velocidad de conversión son: temperatura, pH, aireación, actividad biológica y mineralogía. Los polifosfatos líquidos se convierten más rápido que los secos. Los polifosfatos solubles en agua se convierten más rápido que los solubles en ácido.

### Ventajas agronómicas de una u otra formulación

El efecto de los fertilizantes a base de orto y polifosfato en el rendimiento de los cultivos se ha evaluado con numerosos experimentos de campo. Los resultados obtenidos de varios ensayos en general no demuestran ninguna ventaja de uno sobre el otro, en particular sobre suelos neutros o ácidos. El investigador George Rehm y otros colaboradores de la Universidad de Minesotta, en un estudio conducido en cinco sitios sobre suelos de más de pH 7.3, no encontró diferencias entre una y otra fuente de fósforo. Rehm, G., M. Schmitt, J. Lamb, G. Randall, and L. Busman. 1998. Understanding Phosphorus fertilizers.

[www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC6288.html](http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC6288.html)

*Para tener resultados comparables “líquido vs sólido” es fundamental saber cuánto hay de P elemento y que la dosis se calcule en función al % en peso.*

La forma de fosfato no tiene ningún efecto en el rendimiento si hay una rápida conversión de polifosfatos a ortofosfatos, y resultados similares al estudio de Rehm se informan en todo el Corn Belt. Sin embargo, a veces se informan resultados que indican la superioridad de una u otra fuente.

En suelos calcáreos, no obstante se han encontrado ventajas de los polifosfatos. *En Australia, Lombi y colaboradores llevaron a cabo experiencias controladas para demostrar las diferencias de reacción entre dos fuentes de P, MAP líquido y granular, aplicando iguales dosis de P en un suelo fuertemente calcáreo, (> 60%) típico del SW de Australia, de su región productora de trigo.*

Se observó una mejor difusión, solubilidad y disponibilidad de P de la forma líquida en comparación con la forma sólida granular de MAP. Estas diferencias son el resultado de diferentes zonas de gradiente de humedad, movilidad y productos de reacción del área inmediata alrededor del punto de aplicación del fertilizante. Asimismo, los gránulos del MAP no se disolvieron completamente aun después de 5 semanas, por la presencia de minerales insolubles de Calcio, en contraste con la formas líquidas con mucho menor fijación y por lo tanto más concentración de P soluble. La precipitación de P en forma de fosfato octocálcico y compuestos similares a la apatita, es el mecanismo dominante responsable por la disminución en disponibilidad de P en suelos calcáreos. Este proceso fue de menor importancia cuando el fertilizante fue aplicado en forma fluida al suelo.

Esta es la razón que explica las diferencias en respuestas observadas en experiencias de campo, conducidas por los autores en otros experimentos. En éstos, con una dosis de 8 kg/ha de P, la fuente de P líquido produjo entre 22 y 27 % más de rendimiento de grano que los productos sólidos.

### Conclusiones

*En definitiva, es un gran salto cualitativo contar con productos líquidos, un avance tecnológico que permite al productor una mayor precisión en la dosificación, en particular en situaciones donde se pretende una alta eficiencia de uso por una colocación precisa en la cama de siembra.*

*Es muy importante considerar la cantidad de fósforo aplicado al cultivo, el cual estará en función de la concentración del producto y de la dosis aplicada, y de que el cálculo de la dosis sea realizado en función del porcentaje en peso para tener resultados comparables con las formulaciones sólidas.*

*Los productos a base de polifosfatos tienen mayor concentración por unidad de peso, y deben transformarse en el suelo en unos pocos días para estar disponibles para el cultivo. También tienen una reacción menos agresiva para las semillas. Los productos a base de ácido fosfórico, pueden ser más baratos por unidad de peso, pero en todo caso, es importante considerar siempre el valor por unidad de fósforo, y en especial puesto en el lote, descontado los costos de flete.*