

# FUENTES DE FÓSFORO

FEDNA. 2015. FEDNA, España.  
[www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)

Volver a: [Minerales](#)

El fósforo (P) contenido en los piensos puede ser de origen vegetal, animal o mineral. El valor nutricional del P vegetal depende de su porcentaje en P fítico y de la actividad fitásica endógena de la materia prima. Estos valores son muy variables por lo que es difícil prever el contenido en P digestible o disponible de los vegetales. A mayor contenido en fitatos y menor actividad de las fitasas endógenas, menor es la disponibilidad del P. Los fitatos son complejos orgánicos presentes en los vegetales caracterizados por su alto contenido en P. Se cree que es la forma en la que las semillas concentran el P para tener disponibilidad del mismo durante el proceso de germinación y posterior crecimiento de la plántula. Por tanto, el contenido en P fítico es superior en granos de cereales y semillas de leguminosas que en las harinas procedentes del resto de la planta. Así, el contenido en P fítico de los cereales es del 55 al 75% del P total y en las harinas proteicas más comúnmente empleadas del 60 al 85%, siendo despreciable para la harina de alfalfa. Por otra parte, la actividad fitásica endógena es muy elevada en el trigo y alta en los salvados de este cereal, y apreciable pero más reducida en otros cereales blancos tales como la cebada. Por contra, el contenido en fitasas de las oleaginosas es muy limitado. Las enzimas endógenas son muy sensibles al calor por lo que su importancia práctica en piensos granulados es limitada. Un tratamiento térmico elevado puede ser positivo mejorando la disponibilidad del P, o negativo reduciendo la actividad de las fitasas endógenas.

En cualquier caso, es necesario suplementar los piensos para monogástricos con fuentes de P de alta disponibilidad. El P de origen animal es muy disponible, especialmente si los componentes óseos se molturan finos. El fósforo de origen mineral es la fuente de elección de aporte de P en piensos comerciales. Además de P, los fosfatos aportan cantidades importantes de Ca y minerales tales como el Na, K, Mg y Fe, según el producto empleado. Tradicionalmente, el fosfato bicálcico dihidratado ha sido la forma química más utilizada en piensos y se le asignaba arbitrariamente una disponibilidad del 100%. La disponibilidad del P del resto de materias primas se estimaba de forma relativa en relación con el valor del fosfato bicálcico. Por tanto, este método (aún recomendado por el NRC, 1994, 1998) da valores de disponibilidad del P superiores a la digestibilidad real, especialmente en el caso de materias primas de origen animal o mineral. Además, ciertas fuentes minerales cuyo P es más disponible que el del fosfato bicálcico presentan valores de disponibilidad superiores al 100%, lo que tiene difícil explicación biológica y no siempre es tenido en cuenta.

Otras fuentes minerales de P disponibles en el mercado son el fosfato monocálcico, el fosfato monobicálcico y el fosfato bicálcico anhidro. La disponibilidad del P de estas fuentes depende de numerosos factores incluyendo la naturaleza de la roca inicial y el proceso de fabricación. El proceso tradicional de obtención del fosfato bicálcico consiste en tratar la roca fosfórica (fosforita, fluoroapatita, fosfato tricálcico con 4% fluor o fosfato crudo) con un ácido fuerte (HCl ó H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y precipitar el fosfato cálcico resultante con una fuente de Ca (CaCO<sub>3</sub>) a altas temperaturas. El proceso da lugar a una sal cálcica y al fosfato bicálcico dihidratado cuyo contenido en P varía entre el 17 y el 18% en función de las impurezas que contiene. Un punto clave del proceso es la temperatura aplicada ya que de ser excesiva, aumenta en el producto final el porcentaje de meta (PO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y pirofosfato (P<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>-</sup>), de menor disponibilidad que el ortofosfato (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>). En general, los procesos que utilizan HCl precisan temperaturas inferiores a los basados en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Los fosfatos bicálcicos con más del 19% de P se corresponden con fosfatos anhidros y se obtienen por eliminación del agua de hidratación por desecación. Estos productos suelen incorporar cantidades variables de CaCO<sub>3</sub>. Los fosfatos bicálcicos así obtenidos pueden a su vez reaccionar con el ácido fosfórico sobrante del proceso dando lugar, según las condiciones del mismo, a fosfatos monobicálcicos o monocálcicos más puros, que pueden contener más de un 20% de P.

El fosfato de roca defluorinado contiene alrededor de un 18% de P y es una mezcla de fosfatos tricálcico y sódico-cálcico. Su disponibilidad es aceptable pero inferior a la de los fosfatos bicálcicos.

Otro producto de interés disponible en el mercado es el fosfato cálcico-magnésico que, por su elevado aporte de Mg, se utiliza en piensos para vacuno lechero de alta producción. En España se obtiene a partir de la roca fosfática y del ácido sulfúrico. El producto de la reacción, previamente purificado, se trata con roca dolomítica, obteniéndose el producto final por cristalización.

Los fosfatos comerciales actuales no constituyen una entidad química definida sino que son mezclas de fosfato monocálcico, fosfato bicálcico, ácido fosfórico, carbonato cálcico e impurezas. En todos los casos, el proceso de fabricación conlleva una fase de calentamiento y purificación que reduce el nivel de contaminantes de la fosforita inicial, especialmente de F y de metales pesados. Los fosfatos también pueden obtenerse mediante reacciones químicas directas utilizando ácido fosfórico y carbonato cálcico, o bien haciendo reaccionar este ácido con diversas fuentes de Na, K, Mg o NH<sub>4</sub>OH, dando lugar a los fosfatos correspondientes o mezclas de ellos. En la actuali-

dad, los fosfatos bicálcicos representan aproximadamente el 60% del consumo de fosfatos alimentarios en la UE aunque su porcentaje se va reduciendo a favor de otros fosfatos de mayor disponibilidad.

La estandarización de la composición del producto comercial, junto con el análisis químico, son la base a utilizar en la selección de proveedores de fosfatos. Los puntos clave a considerar para valorar la disponibilidad de los diversos fosfatos comerciales son los siguientes: 1) los fosfatos monocálcicos son más disponibles que los bicálcicos y éstos que los tricálcicos; 2) los fosfatos sódicos y, en general los fosfatos más solubles, son más disponibles que los cálcicos o magnésicos; 3) los fosfatos hidratados son más disponibles que los anhidros, y 4) los productos mejor procesados (con menor contenido en F, Pb, Va, As, Hg, etc. y mayor uniformidad entre lotes) suelen ser más disponibles. Por tanto, en caso de formular con P disponible tendría que darse a los fosfatos monocálcicos un valor disponible superior al del fosfato bicálcico dihidratado tradicional. La disponibilidad y digestibilidad del P de las distintas fuentes comerciales se resume en las tablas adjuntas, donde se toma como patrón (valor 100) el fosfato monosódico para todas las especies. Por tanto, debe tenerse cuidado al comparar la disponibilidad del P de estas tablas con aquellas que utilizan el fosfato bicálcico como patrón.

Un tema importante a considerar en fosfatos comerciales es su contenido en metales. La legislación europea sobre sustancias indeseables establece niveles máximos de F inferiores al 0,2%. Además, establece criterios muy restrictivos para As (<4 mg/kg), Cd (<10 mg/kg), Pb (<15 mg/kg) y Hg (<0,1 mg/kg), así como para las dioxinas. Debe tenerse en cuenta que estos valores absolutos muy posiblemente cambien con el tiempo y la legislación de los diversos países.

El control de calidad de los fosfatos exige determinar el contenido en P y Ca, la relación Ca:P, la presencia de CaCO<sub>3</sub> y la solubilidad en ácido cítrico 2% o en citrato amónico (>95%). Una solubilidad en agua superior al 80% indica predominancia de P en forma monocálcica y una solubilidad inferior al 50% indica mayor presencia de la forma bicálcica. Asimismo, el pH está en torno a 7 para el fosfato bicálcico dihidratado y es menor de 5 para los fosfatos monocálcicos y monoamónicos.

La utilización de fitasas en piensos con contenidos en P fítico superiores al 0,22-0,25%, permite reducir el empleo de fosfatos en piensos con el consiguiente beneficio para el medio ambiente. De forma general se ha establecido en porcino que la incorporación de 500 U de fitasas microbianas al pienso equivale a 0,6 a 0,9 g de P disponible y de 0,42 a 0,75 g de P digestible por kg (Jondreville y Dourmad, 2005). En aves, Creswell (2009) recomienda valores de P disponible en la matriz que van desde 425 a 845% por cada 1.000 U de fitasa en el pienso. Estos valores dependen, entre otros factores, del tipo de fitasa utilizada, el nivel de fósforo fítico y la composición del pienso, y la acidez del contenido estomacal.

## VALORES NUTRICIONALES COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DEL P: ESTUDIO COMPARATIVO

### A.- Digestibilidad del P en monogástricos y absorción real del P en rumiantes

Fosfato	P, %	Digestibilidad <sup>a</sup> , (%)		
		Porcino	Aves	Rumiantes
Monosódico	22.5	88 ± 3	91 ± 2	67
Bicálcico dihidratado	18.0	72 ± 2	79 ± 3	68
Bicálcico anhidro	20.0	64 ± 3	68 ± 4	68
Monocálcico monohidratado	22.9	84 ± 2	83 ± 2	68
Monobicálcico monohidratado	21.9	80 ± 5	81 ± 4	66

<sup>a</sup>Valores basados en INRA (2003, 2007), Bleukx (2005), CVB (2005) y otros.

<sup>b</sup>CAR, coeficiente de absorción real (INRA).

### B.- Disponibilidad del P<sup>a</sup>, %

Fosfato	P, %	Digestibilidad, (%)		
		Porcino	Aves	Rumiantes
Monosódico	22.5	100	100	100
Bicálcico dihidratado	18.0	77 ± 5	85 ± 1	100
Bicálcico anhidro	20.0	73 ± 10	73 ± 10	-
Monocálcico monohidratado	22.9	92 ± 7	91 ± 5	96 ± 7
Monobicálcico monohidratado	21.9	83 ± 5	80 ± 4	97 ± 3

<sup>a</sup>Basados fundamentalmente en valores INRA (2003).

## FUENTES DE FOSFORO

	Hna. de huesos desgelatinizados	Fósforo de roca defluorinado	Fósforo bicalcico anhidro	Fósforo bicalcico dihidratado <sup>a</sup>	Fósforo monobicalcico hidratado	Fósforo monocálcico hidratado
<i>Fórmula química</i>	-	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	CaHPO <sub>4</sub>	CaHPO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	CaHPO <sub>4</sub> ·Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O
Nº CAS	-	-	7757-93-9	7757-93-9	10103-46-5	7758-23-6
Humedad, %	3.0	0.6	0.3	1.2	0.6	1.0
Cenizas, %	71.0	99.0	88	80	83.0	78
Calcio, %	30	32.0	27	24 <sup>d</sup>	20.8 <sup>e</sup>	17.8 <sup>f</sup>
Fósforo, %	14.0	18.0	20.1	17.7 <sup>d</sup>	21.1 <sup>e</sup>	22.6 <sup>f</sup>
Sodio, %	0.45	3.80	0.03	0.08	0.28	0.08
Potasio, %	0.20	0.09	ND <sup>c</sup>	0.12	0.15	0.13
Cloro, %	0.08	ND	<0.6	0.05	0.10	0.11
Magnesio, %	0.75	0.29	ND	0.60	0.6	0.10
Flúor, %	ND	0.20	ND	0.15	0.17	0.14
Azufre, %	0.35	0.13	ND	1.10	0.90	0.70
Hierro, mg/kg	840	8200	ND	4000 <sup>g</sup>	4000 <sup>h</sup>	4000
Cobre, mg/kg	15	45 <sup>i</sup>	15	14	9	8

<sup>a</sup>El contenido en azufre es muy variables en función del ácido utilizado en el proceso.

<sup>b</sup>Contenido en agua (no pérdida por desecación en estufa).

<sup>c</sup>Datos no disponibles.

<sup>d</sup>Variable (23 a 26% para el Ca y 17 a 18% para el P).

<sup>e</sup>Variable (19 a 22% para el Ca y 20 a 22% para el P).

<sup>f</sup>Variable (15 a 19% para el Ca y 22 a 24% para el P).

<sup>g</sup>Variable (300 a 7800 mg/kg).

<sup>h</sup>Variable (1500 a 6800 mg/kg).

<sup>i</sup>Variable (22 a 70 mg/kg según el tipo de roca).

	Fósforo monosódico monohidrato	Fósforo de magnesio hidratado	Fósforo triple de Na, Ca y Mg hidratado	Fósforo cálcico-magnésico hidratado	Fósforo monoamónico <sup>b</sup>
<i>Fórmula química</i>	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	Mg(HPO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O	(Na,Ca,Mg)PO <sub>4</sub> ·nH <sub>2</sub> O	(Ca,Mg)PO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O Mg(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·nH <sub>2</sub> O	NH <sub>4</sub> (H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )
Nº CAS	7558-80-7	7757-86-0	-	25618-23-9	7722-76-1
Humedad, %	0.5	2.5	-	0.5	0.5
Cenizas, %	81	-	-	ND	24
Calcio, %	-	1	9	10.5	0.40
Fósforo, %	22.5	14 <sup>c</sup>	17	20	26.4
Sodio, %	16.6	-	12	ND	0.09
Potasio, %	ND	-	-	ND	0.15
Cloro, %	ND	-	-	ND	ND
Magnesio, %	ND	26 <sup>c</sup>	5	10.0	0.50
Flúor, %	0.001	-	-	0.15	0.10
Azufre, %	ND	-	-	ND	0.75
Hierro, mg/kg	ND	-	-	ND	7500 <sup>d</sup>
Cobre, mg/kg	ND	-	-	ND	10

<sup>a</sup>Rumiantes, fundamentalmente.

<sup>b</sup>Contiene además un 11-12% de N.

<sup>c</sup>Contenido variable (13 a 15% de P y 24 a 28% de Mg)

<sup>d</sup>Contenido muy variable (4700 a 12000 mg/kg)

Volver a: [Minerales](#)