

LA AVICULTURA Y EL MEDIO AMBIENTE COSECHAN LOS BENEFICIOS DE LA NUEVA GENERACIÓN DE FITASAS

Dra. Janet Remus

3rd Mid-Atlantic Nutrition Conference, Maryland, EE.UU.

Las fitasas de la nueva generación desempeñan un papel cada vez más vital ayudando a los productores avícolas a que se mantengan a salvo de las constantes presiones económicas y las restricciones de las normativas ambientales, reduciendo los costes de alimentación y minimizando la eliminación de fósforo. Sin embargo, para maximizar los beneficios potenciales, los nutrólogos deben apreciar plenamente y tener en cuenta la mayor eficacia de estas fitasas con respecto a las tradicionales al formular las dietas avícolas.

La fitasa es una enzima que es objeto de muchos estudios, apareciendo la primera serie "moderna" de éstos en los años 60. Las primeras investigaciones sobre la aplicación de fitasas a las dietas avícolas fueron prometedoras al mejorar la disponibilidad del fósforo fítico en las aves, especialmente en las más jóvenes. Sin embargo, no fue hasta los años 90 que el uso de fitasas en la alimentación animal y avícola resultó económicamente factible. Aún en aquel entonces, el móvil clave de la adopción fue la preocupación por el medio ambiente.

¿Qué es el fitato? En términos sencillos, el fitato es una estructura anular de mioinositol a la cual están unidos seis grupos fosfóricos -P-; esta estructura cargada negativamente -aniónica- se encuentra normalmente quelada con cationes -minerales cargados positivamente-, proteínas y/o almidón -Fig. 1-. El papel del fitato es unir y almacenar P para su uso por el embrión vegetal en desarrollo, así como para la unión de cationes divalentes para su liberación después de la germinación.

En lo que respecta a los animales domésticos, el P ligado por fitato se encuentra predominantemente no disponible ya que los monogástricos carecen de suficiente actividad fitásica endógena como para hacer disponi-

ble al P no digestible. El paso de este P no digestible hacia el medio ambiente puede crear un dilema para los productores avícolas. Si la aplicación de abono avícola excede la demanda de P del cultivo, con el transcurso del tiempo los niveles de P se acumulan en el suelo. De hecho, en algunas áreas, el suelo necesita muy poco P. Las consideraciones ambientales indujeron el establecimiento de una legislación que limitara la diseminación de este abono.

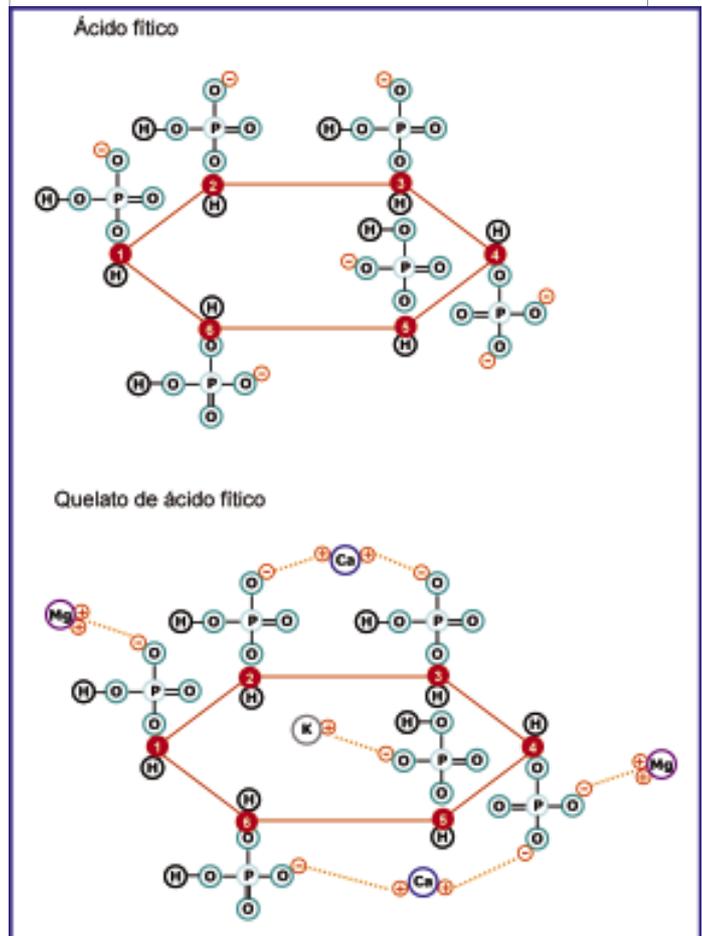


Fig. 1. Estructura del ácido fítico

Problemas con el P fítico

Además de las cuestiones sociales en relación con el P, el P fítico en los forrajes para las aves plantea varios problemas:

1. El P presente en el fitato es prácticamente indisponible
2. El fitato puede, en potencia, ligar a otros nutrientes, como cationes -minerales cargados positivamente-, aminoácidos y almidón;
3. El fitato perturba también la actividad de las enzimas endógenas digestivas.

Los comportamientos que se acaban de describir han hecho que se categorice al fitato como un factor antinutritivo.

En general, en las dietas avícolas el contenido del P fítico oscila entre el 0,25-0,40%. Examinando la utilización del P fítico en ausencia de fitasa añadida, se pueden encontrar ejemplos de estimaciones bajas,

moderadas o relativamente altas en la bibliografía. La capacidad para usar el P fítico parece depender de muchos factores relacionados con las aves y su nutrición. En general, puede decirse que las aves no utilizan el P fítico lo suficientemente bien como para optimizar un crecimiento y producción en ausencia de una adición de P inorgánico.

Los ingredientes de origen vegetal contienen típicamente fitato —tabla 1—, los niveles del cual pueden variar de año en año debido a variaciones en las condiciones de crecimiento. Desafortunadamente, no hay un método rápido y fácil de medir el fitato. Para complicar las cosas aún más, el fitato no se retiene en las mismas áreas de la semilla entre las diferentes materias primas. Donde se retiene el fitato en las semillas vegetales tiene implicaciones no sólo en la actividad fitásica suplementaria sino también en el grado hasta el cuál esa fitasa puede interactuar con otras enzimas exógenas, en especial las enzimas selectivas de polisacáridos no amiláceos —PNA— que se encuentran en las paredes celulares de las plantas.

Tabla 1 PORCENTAJE DE FÓSFORO FÍTICO/PORCENTAJE DE FÓSFORO TOTAL EN INGREDIENTES FORRAJEROS,

Ingrediente	NRC, 1994	Eckhout & De Paepe, 1994	Kornegay, 2001	Liao y col., 2002
Maíz	0,20/0,28	0,19/0,28	0,24/0,33	0,24/0,34
Trigo	0,24/0,37	0,22/0,33	0,27/0,39	0,26/0,38
Salvado de trigo	0,95/1,15	0,97/1,16	0,92/1,30	0,81/1,13
Salvado de arroz	1,28/1,50	1,10/1,71	NA	1,07/1,44
Sorgo	NA/0,30	0,19/0,27	0,24	0,22/0,31
Cebada	0,19/0,36	0,22/0,37	0,27	0,23/0,38
Avena	0,22/0,27	0,21/0,36	0,29	0,26/0,41
Mijo	0,20/0,32	NA	NA	0,17/0,26
Triticale	0,20/0,30	0,25/0,37	NA	0,27/0,39
Centeno	0,22/0,32	0,22/0,36	NA	0,22/0,36
Salvado de centeno	NA	0,79/1,89	NA	0,60/1,00
Harina de soja	0,40/0,62	0,32/0,61	0,39/0,65	0,37/0,65
Soja (calentada)	NA/0,58	0,26/0,57	NA	NA
Harina de canola	0,87/1,17	0,40/1,12	0,70/1,19	0,63/1,08
Harina de girasol	0,84/1,00	0,44/1,00	0,89	0,69/1,09
Harina de cacahuete	0,50/0,63	0,32/0,68	0,48/0,60	0,46/0,72
Harina de semilla de algodón	0,88/1,25	NA	0,84/1,20	0,82/1,12
Chicharos	NA/0,42	0,17/0,38	NA	0,23/0,39
Harina de lino	NA	0,42/0,75	NA	0,69/1,23
Harina de gluten de maíz	0,36/0,50	NA	NA	0,36/0,61
Harina de gluten de maíz	NA/0,80	0,47/0,87	NA	NA
Alimento de gluten de trigo	NA	0,56/0,78	NA	NA
Harina de ajonjolí	1,03/0,34	NA	NA	1,03/1,27
Harina de alfalfa	0/0,22	NA	NA	0,01/0,25
Harina de coco	NA/0,65	0,18/0,53	NA	0,27/0,58
Destilados de maíz	0,10/1,27	0,19/0,90	NA	NA

NA = no se dispone de datos



Terminología del P

La comunidad científica describe al fósforo como total, disponible, digerible, retenido y no fítico. Aunque relacionadas, estas descripciones no son todas las mismas. Lo que puede ser confuso es que la terminología no siempre se aplica debidamente en lo que respecta al estado del P, especialmente debido a que el P biodisponible puede medirse usando técnicas para P digerible, retenido o metabólico y luego corregirse en función de un estándar. Así que en orden de exactitud ascendente, la medición del P se puede indicar de la manera siguiente: total < no fítico < digerible < retenido < biodisponible. El indicador directo más sensible es el P retenido, pero existen pocos valores de P retenido para los ingredientes.

Con frecuencia, los nutrólogos prácticos usarán o bien el P biodisponible o el digerible para la formulación de dietas.

Geográficamente hablando, el uso del P biodisponible parece ser más común en Norteamérica, mientras que en Europa es más corriente el del P digerible.

¿Son iguales todas las fitasas?

Se ha hablado mucho sobre las diferentes fitasas y su origen. Las primeras fitasas en comercializarse fueron el "Natuphos" y el "Ronozyme P", que derivan de diferentes especies de hongos, *Aspergillus niger* var. *van tieghem*—antes conocido como *A. ficuum*— y *Peniophora lycii*, respectivamente. La fitasa más reciente en el mercado americano es el Phyzyme XP, que se deriva del *Escherichia coli*—una bacteria— y que se ha mostrado con buenos rendimientos para las aves, mejorando la mineralización ósea y la utilización del P. Existen otras fitasas de origen *E. coli* en desarrollo, pero todavía no están aprobadas/disponibles en EE.UU.

Importancia del pH

En el tracto gastrointestinal, el fitato es sólo "soluble" a un pH bajo, cuando se encuentra mezclado en la fase "acuosa" de la ingesta. Es en este punto cuando la fitasa puede entrar y separar al P del fitato. Alrededor de un pH 4 el fitato comienza a formar precipitados insolubles con los cationes—por ejemplo: calcio, zinc, hierro y cobre—. Al alcanzar un pH 6 predominan estos complejos insolubles de fitato. En las aves, la solubilidad máxima del fitato se produce en el proventrículo y la molleja—región gástrica—. A medida que la ingesta se desplaza hacia el duodeno y continúa al intestino delgado, el pH comienza a aumentar. Por ello, dentro del intestino delgado, la separación del P es mejor en el duodeno y hacia el final del intestino

delgado, cualquier fitato restante es prácticamente insoluble.

La/s fitasa/s que se aplica/n en el pienso, al ser proteínas, son susceptibles al ataque por las proteasas endógenas—naturales— que se encuentran en las aves. En una comparación de fitasas derivadas de *E. coli*, *A. niger* y *P. lycii*, usando una exposición a pepsina, tripsina o quimotripsina, se encontró que la fitasa de *E. coli* mostró una mayor resistencia al ataque de proteasa.

Todas las fitasas son capaces de separar al P de la molécula de fitato dadas las condiciones apropiadas. Las fitasas comerciales se han seleccionado para que muestren actividad a los que serían los niveles prácticos de fitato durante el proceso de selección de pre-comercialización. Sin embargo, debería reconocerse que entre las fitasas comerciales las características bioquímicas no son necesariamente todas las mismas. En términos generales, el punto hasta el cual las fitasas individuales actúan en las aves depende de factores bioquímicos como el perfil de pH, la actividad específica y la resistencia al ataque de la proteasa endógena.

La termoestabilidad de la enzima indica si el producto debe adicionarse por rociado después de la granulación o si puede aplicarse por adición directa al pienso pero ello no tiene impacto en la actividad *in vivo*, siempre y cuando se haya aplicado debidamente la enzima a éste, es decir, sin que se haya inactivado por el calor.

Sin embargo, la fitasa recubierta presenta un caso especial ya que el recubrimiento debe primero descomponerse antes de que pueda actuar. Aunque los factores bioquímicos indican que las fitasas pueden comportarse de una manera diferente en las aves, la prueba real viene con la adición a las dietas avícolas. Varios ensayos de investigación indican que, en las aves, las fitasas derivadas de *E. coli* muestran una bioeficacia mayor que las fitasas fúngicas tradicionales.

Fitasas naturales

Algunos ingredientes contienen fitasa "natural" que puede separar al fósforo del fitato, lo que se ha mostrado que es de cierto beneficio en la utilización del fósforo fítico para la formación ósea en los pollitos, pero se tienen dudas respecto a su practicabilidad en la formulación de piensos.

La actividad fitásica en los cereales se ve afectada por la variedad, la edad del grano, las condiciones de secado/almacenamiento y la temperatura de granulación. Así pues, a menos que se ensayara cada lote de cereal, sería difícil prever la actividad exacta presente.



La formulación usando una fitasa "natural" significaría también un uso muy alto de ingredientes que causarían problemas de viscosidad en las aves o tienen un contenido alto de fibra, con lo que resultaría difícil satisfacer las necesidades de nutrientes y promover un rendimiento óptimo de las mismas.

Este método precisaría también el uso del pienso en harina o con una granulación en frío debido a que las fitasas "naturales" no son termoestables a temperaturas superiores a 70-80°C.

Nutrientes afectados por la fitasa

No cabe duda de que los suplementos de fitasa liberan bastante, pero no todo el P, lo que permite una reducción del P inorgánico en la formulación, reduciendo el coste del pienso. Ésta es la vía típica de ahorros con el uso de fitasa, si bien para reducir el nivel de P total en la dieta debería conocerse el contenido de P y la biodisponibilidad de varias fuentes —tabla 2—, así como de las necesidades propiamente dichas de P del tipo de ave y/o especie de la que se trate.

Al mismo tiempo que la fitasa libera P, existe un potencial para que otros nutrientes muestren una disponibilidad mayor o, en el caso de minerales, retención. En especial, se sabe que todos los minerales cargados positivamente —catiónicos— como el calcio, zinc, cobre, cobalto, hierro, magnesio, níquel y manganeso, forman complejos con el fitato y muestran valores de digestibilidad mayores en presencia de fitasa.

El calcio supone un caso especial en lo que respecta al fitato y la fitasa. El calcio muestra la afinidad de unión más baja por el fitato, pero está presente al nivel más alto en las dietas avícolas. Por ello, las reducciones de P con el uso de fitasa amplía potencialmente la proporción de calcio respecto a P total. Una proporción de calcio/P total de 2:1 redujo la utilización del fitato, el rendimiento y la absorción de P y de calcio. Por consiguiente, las recomendaciones comerciales han sido típicamente reducir tanto el P como el calcio para minimizar problemas potenciales con la interferencia del calcio en la disponibilidad del fitato para la fitasa. Pero en la práctica no es raro ver poco o ningún cambio en el calcio cuando se reduce el P. Esto puede ser cierto especialmente en el caso de las raciones de ponedoras en la que los cambios en el nivel de calcio ponen en riesgo la calidad de la cáscara.

La aplicación de valores matriciales a los aminoácidos —y las proteínas— ha sido discutible. Dadas las pequeñas mejoras apreciadas en todos los ensayos —ya sea como tendencias estadísticamente significativas o

numéricas—, hay indicaciones de que la fitasa afecta de hecho la disponibilidad de los aminoácidos.

La investigación indica que algunos aminoácidos pueden ser más sensibles que otros a los niveles de fitato, lo que corrobora el concepto de una mejor digestibilidad de los aminoácidos con la fitasa. Convendría observar que los PNA y la lignina también afectan a la digestibilidad/captación de nitrógeno y estos factores antinutritivos no responderían a la adición de fitasa. Por tanto, una combinación de enzimas PNA—carbohidrasas— y fitasa puede mejorar las digestibilidades de los nutrientes más que cualquiera de las dos por separado, especialmente en lo que se refiere a los ingredientes con un alto contenido de fibra/fitato. Esta posible relación merece ser investigada.

En algunas pruebas se ha observado que no aumenta la eficiencia proteica como resultado de la adición de suplementos de fitasa. Otras investigaciones respaldan el concepto de que las diferencias en la accesibilidad de fitato entre los ingredientes puede afectar la liberación del P con la adición de fitasa y sugieren que podría afectar también la interacción con otros nutrientes.

Se ha demostrado que la adición de fitato disminuye la disponibilidad del almidón de trigo en un 60%, por lo que se ha propuesto que el fitato puede interactuar directamente con éste o bien con la proteína estrechamente asociada con los gránulos de almidón. El fitato puede también reducir la actividad de la amilasa endógena, aunque esta relación puede ser dependiente del nivel de calcio en la dieta ya que esta enzima requiere calcio para su actividad. Se ha mostrado también que la fitasa aumenta el valor de energía metabolizable.

Valores de matriz

De las tres fitasas existentes en el mercado americano, solamente uno de los proveedores ha publicado los valores de matriz de los nutrientes, aparte de los de calcio y fósforo, para las aves. A medida que mejora nuestro conocimiento de las consecuencias del origen y nivel del fitato, así como la dinámica de sus interacciones con la fitasa en el intestino, los nutrólogos asignan valores de matriz a aminoácidos y energía con una mayor confianza. En el futuro, bajo ciertas circunstancias, puede que sea incluso más apropiado relacionar el uso de fitasa con los niveles alimentarios de fitato que simplemente eliminar una cantidad establecida de fósforo inorgánico. Además, debido a que el fitato se asocia con la fibra de la pared celular —PNA— en algunos ingredientes, es posible que la fitasa y las enzimas PNA ofrezcan ciertos efectos sinérgicos.

Tabla 2. CONTENIDO DE P Y BIODISPONIBILIDAD POTENCIAL DE ALGUNOS INGREDIENTES (*)

Ingrediente	P total, %	P biodisponible, % del total
Harina de huesos	7,6	59
Harina de pescado	2,2	74
Harina de carne	2,9	65
Harina de carne y huesos	6,0	66
Fosfato cálcico sódico	18,0	59
Fosfato dicálcico anhidro	19,7	55
Fosfato dicálcico hidratado	18,1	77
Fosfato monocálcico	22,6	84
Fosfato mono-dicálcico	21,3	79
Fosfato monosódico	22,4	92

(*) Knowlton y col. (2004), en adaptación de los datos de J.D. Van de Klis and Versteegh (1996).

Consideraciones de los nutrólogos

1. Determinar los niveles de fitato alimentario "típicos", ya que esto puede influenciar los valores matriciales que pueden asignarse a los nutrientes no minerales y el nivel óptimo de inclusión de fitasa.
2. Asignar los niveles de inclusión apropiados al producto o premezcla fitásica en la formulación y asegurar que los valores de la matriz sean correctos para el nivel de inclusión de fitasa.
3. Determinar el contenido de fósforo de los ingredientes y su variación, así como seleccionar fuentes con altos valores biológicos y una variación mínima. En el caso de fuentes inorgánicas, revisar/ajustar periódicamente los valores de disponibilidad/digestibilidad de fósforo en base a la información publicada.
4. Asegurar estar familiarizado con las recomendaciones del proveedor sobre el uso de su producto fitásico.
5. Evaluar periódicamente el alimento para ver si es necesario aumentar el nivel de actividad fitásica. Es importante reconocer que las enzimas son termosensibles a temperaturas excesivas y bajo condiciones prácticas, las temperaturas de molido/granulado y la presión de vapor afectan la actividad de la enzima en el pienso cuando se usan productos secos. En los sistemas de aplicación líquidos también se debería comprobar periódicamente tanto la recuperación absoluta de la fitasa en el alimento proveniente del pienso granulado, como el coeficiente de variación del análisis.

Conclusiones

El uso de cereales con un bajo contenido de ácido fitico –fitato– disminuirá la liberación potencial de nutrientes cuando se añade fitasa simplemente debido a la presencia de menos fitato, lo que disminuye así el potencial que posee ese sustrato para ligar otros nutrientes. Sin embargo, estos ingredientes mejorados todavía contienen fitato que sería sensible a la adición de fitasa. ●