



Revista Cubana de Ciencia Agrícola

ISSN: 0034-7485

[rcca@ica.co.cu](mailto:rcca@ica.co.cu)

Instituto de Ciencia Animal

Cuba

Acosta, A.; Cárdenas, Mayra  
Enzimas en la alimentación de las aves. Fitassas  
Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 40, núm. 4, 2006, pp. 377-387  
Instituto de Ciencia Animal  
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017672001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://www.redalyc.org)

[redalyc.org](http://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Enzimas en la alimentación de las aves. Fitassas

A. Acosta y Mayra Cárdenas

*Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana, Cuba,  
Correo electrónico: aacosta@ica.co.cu*

Se refiere la utilización de las enzimas en la alimentación de las aves, desde que fueron descubiertas hasta que comienza a comercializarse el primer producto enzimático. Se exponen sus características generales, así como los factores que intervienen en su actividad. Se analizan los antecedentes y el estado actual del uso de estos aditivos en la alimentación de las aves, enfatizando en las fitassas, enzimas más conocidas por los expertos en nutrición de animales monogástricos. Se tratan los diversos tipos de fitassas, su modo de acción, los factores que influyen en su actividad y sus principales formas de uso en las aves. Se profundiza en la importancia del fósforo, así como en el papel que desempeñan las fitassas.

Palabras clave: *enzimas, fitassas, fósforo, aves, economía, ambiente.*

### INTRODUCCION

Los expertos en nutrición de animales monogástricos son quienes más conocen las enzimas fitassas y las posibilidades que brindan para la alimentación de esta especie. Sin embargo, éstas constituyen menos del 20 % del total de las enzimas comerciales que se utilizan en la alimentación de animales monogástricos (Bedford y Shulse 1998).

Hasta mediados de la década del noventa, el uso de las fitassas estuvo limitado por su precio. Sin embargo, los problemas de contaminación ambiental, la reducción de los costos de producción, así como la aplicación de nuevas tecnologías y la consideración de otros efectos adicionales, unidos a las mejoras en la absorción de Ca, Zn, Mg y aminoácidos, han posibilitado que su utilización sea común en las condiciones europeas. En este espacio, además del beneficio económico que representan, las regulaciones ambientales de producción hacen que su uso sea, prácticamente, obligatorio (Kornegay 1996).

La adición de las fitassas en la industria de alimentos balanceados es cada vez más frecuente, debido a los beneficios económicos que reporta su utilización. Así, en Centroamérica, EE.UU., México, Brasil y Suramérica, su utilización en las principales integraciones de pollos de engorde se ha incrementado (Wincker 1999). Esto ha ocasionado que, en los últimos diez años, su empleo en las dietas de aves haya ido en aumento, desde 0 hasta 95 %. Según Oyango *et al.* (2005), las fitassas son las enzimas más comúnmente empleadas, después las xylanases y en un tercer lugar, muy distante, las celulasas.

Sin embargo, al contrario de otros aditivos alimenticios como los aminoácidos y las vitaminas, que en el animal tienen una potencia y requerimiento bien definidos, existe aún un conocimiento limitado acerca de las relaciones entre las unidades analizadas, las dosis requeridas y bioeficacia óptima para los diferentes productos enzimáticos.

## HISTORIA DE LAS ENZIMAS

Desde hace cientos de años, las enzimas se utilizan en procesos de fermentación, como por ejemplo, la fabricación de quesos, pan, vino y cerveza. En 1860, Luis Pasteur comunicó que los fermentos estaban íntimamente ligados con la estructura vital de las células de la levadura. En 1876, Willian Kuhne les propuso el nombre de enzima, término que deriva de las palabras griegas en (en) y zyme (levadura). En 1897, Eduard Buchner probó que las enzimas podían extraerse de las células de las levaduras y usarse por sí mismas (Mandels 1976).

A partir de este descubrimiento y de diversos sustratos, se empezaron a extraer otras

enzimas con destinos diferentes, que hicieron que su utilización se extendiera a disímiles ramas de la industria tales como detergentes, fabricación del papel, fabricación textil, tratamiento de cueros, farmacia, destilería, aceites, grasas, almidones y azúcares.

En 1982, la compañía finlandesa Cultor comienza a desarrollar enzimas alimenticias para la nutrición animal y pone en el mercado finlandés el primer producto enzimático. Ya en 1986 comienza a comercializarse una enzima específica para aves.

## CARACTERÍSTICAS DE LAS ENZIMAS

Las enzimas son productos de origen biológico que catalizan las reacciones bioquímicas relacionadas con la vida celular y forman combinaciones químicas con uno o varios sustratos. Son proteínas de alto peso molecular (entre 10 000 y 500 000 Daltons) y, al igual que el resto, son sensitivas al ambiente físico-químico que puede modificar su actividad (Ferket 1993).

Las enzimas pueden catalizar la reacción de una gran cantidad de sustrato en un pequeño período de tiempo. Se ha informado que un mol de enzima puede reaccionar 1000 -10 000 veces por segundos con el sustrato. La rápida velocidad de reacción se debe a la afinidad de la enzima por su sustrato, la cual se refleja en la unión de ambos y en el rendimiento de los productos (Sabatier y Fish 1996).

Para que una enzima (E) actúe, es necesario que se forme un complejo entre ella y el sustrato (S). Este complejo (ES) se escinde después, dejando en libertad los productos (P) de la reacción y la enzima sin alterar:



Las enzimas se clasifican de acuerdo con el tipo de reacción catalizada:

- Hidrolasas (reacciones de hidrólisis)
- Isomerasas (reacciones de isomerización)
- Óxido-reductasas (reacciones de oxidación-reducción)
- Transferasas (transferencia de grupos funcionales)
- Liasas (adición a los dobles enlaces)
- Ligasas (formación de enlaces con escisión del ATP)

## ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

La actividad enzimática es una propiedad característica de las enzimas, que se ha definido como el efecto catalítico producido por la enzima, en proporción con la cantidad presente de ésta en el medio reactivo (Mandels 1976).

Generalmente, la temperatura y el pH ejercen una marcada influencia en la actividad y

estabilidad de las enzimas y pequeñas variaciones en estos factores pueden alterar de manera considerable su actividad (Klivanov 1982).

La velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas se incrementa con la temperatura. Este factor ejerce una marcada influencia, tanto en la expresión de las enzimas por los

microorganismos como en su actividad. El hecho de que las enzimas posean una temperatura óptima, es aparente, ya que al ser proteínas, se desnaturalizan por la acción del calor y se inactivan cuando el aumento de la temperatura sobrepasa cierto punto.

Las enzimas trabajan en un pH característico, en el cual su actividad es máxima. Por encima o por debajo de éste, la actividad disminuye e impide así la extensión y velocidad de la reac-

ción biológica. Por esto, los perfiles de las curvas de actividad en función del pH tienen generalmente forma acampanada (Volkin *et al.* 1991).

El agua está involucrada en muchas de las reacciones responsables de la desactivación de las enzimas (Palacios 1992). La disminución de la humedad en el medio reduce la estabilidad de la proteína. Es decir, la actividad y estabilidad de la enzima está íntimamente relacionada con el estado de hidratación de la proteína.

### ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA APLICACIÓN DE ENZIMAS EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES

Las enzimas se han evaluado experimentalmente en la alimentación de las aves desde hace más de 40 años. Sin embargo, su éxito inicial fue poco, debido a la naturaleza de los complejos enzimáticos utilizados.

Al principio, las enzimas se aislaron a partir de órganos animales, hecho que facilitaba su desnaturalización. Recientemente, la biotecnología ha permitido sintetizarlas a partir de microorganismos (White *et al.* 1983), así como comercializarlas de modo espectacular.

En el año 2000, el mercado internacional de enzimas para la alimentación animal llegó a involucrar 100 millones de dólares. Sin embargo, solamente el 10 % de los piensos de aves eran suplementados con mezclas enzimáticas (Soto-Solanova y Wyatt 2000).

Actualmente se reconocen los efectos beneficiosos en los animales monogástricos, al suplementar con enzimas las raciones con contenidos apreciables de polisacáridos no amiláceos (PNA) (Edney *et al.* 1989 y Bedford y Classen 1992). En la última década se han celebrado cuatro simposios sobre este tema (Suiza 1993, Holanda 1995, China 1996 y Holanda 1999) y la Comisión Europea ha aceptado las enzimas como nuevos aditivos desde el año 1993, en la Directiva 93/113/CE.

A partir de este primer paso, la industria para la alimentación animal ha apoyado estudios de otros productos enzimáticos (proteasas,  $\alpha$ -galactosidasas,  $\beta$ -mananasas) para mejorar el uso de diferentes fuentes proteicas y eliminar factores antinutritivos como los oligosacáridos de las leguminosas (Bedford 2000). Recientes estimaciones sugieren que este mercado mueve una cifra de 20 millones de dólares y que un 5 % de las dietas para pollos, a base de maíz-soja, contienen enzimas (Juampere *et al.* 2005).

La utilización de las enzimas en la alimentación de las aves no solo representa una mejora en el valor nutricional de los alimentos, sino que también permite incrementar sus posibilidades en el uso de materias primas. Asimismo, ofrece mayor variabilidad de alimentos a la planta y más ganancias al productor de alimentos balanceados. Además, representa una gran oportunidad de negocio a nivel internacional para la nutrición avícola (Simons *et al.* 1996).

La tabla 1 muestra un resumen de las enzimas más usadas en la alimentación de las aves (White *et al.* 1983, Edney *et al.* 1989, Choct y Annison 1990, Bedford y Classen 1992, Ferket 1993, Cleophas *et al.* 1995 y Bedford 2000).

Tabla 1. Efectos de la adición de enzimas en sustratos específicos

| Enzimas        | Sustratos              | Efectos                                            |
|----------------|------------------------|----------------------------------------------------|
| Xylanasas      | (arabino-)Xylanos      | Reducción de la viscosidad de la digesta           |
| Glucanasas     | $\beta$ -Glucanos      | Reducción de la viscosidad de la digesta           |
| Pectinasas     | Pectinas               | Reducción de la viscosidad de la digesta           |
| Celulasas      | Celulosa y derivados   | Mejora la digestibilidad de la fibra y la celulosa |
| Proteasas      | Proteínas              | Mejora la degradación de la proteína               |
| Amilasas       | Almidón                | Mejora la degradación de los componentes amiláceos |
| Fitasa         | Ácido fítico           | Mejora el aprovechamiento del fósforo vegetal      |
| Galactosidasas | $\alpha$ -galactosidos | Eliminación de los -galactosidos                   |

### EL FÓSFORO EN LA ALIMENTACIÓN DE LAS AVES

El fósforo está asociado a varias y muy importantes funciones metabólicas. Interviene en el metabolismo energético (relación con peso y conversión alimentaria), en la formación y mantenimiento de los huesos, así como en la constitución del cascarón del huevo. Constituye, además, parte de los fosfolípidos que integran la membrana celular e interviene como tampón en la regulación del pH corporal (Marbey 1998 y Harter-Denis 1999).

Los alimentos para aves deben contenerlo en cantidades que permitan un adecuado aporte durante cada fase de producción. Una deficiencia de fósforo causa pérdidas en la productividad animal, mientras que los excesos conducen a una menor eficiencia en la absorción. Esto resulta en concentraciones más altas en las heces (Keshavarz y Nakajima 1993).

Sin embargo, como las dietas para aves se constituyen, principalmente, por ingredientes en los que el P está presente, casi totalmente como fitato, y su disponibilidad es muy pobre,

debido al bajo nivel intestinal de las fitasas, el P se convierte en un nutriente crítico que se excreta, casi, en su totalidad. Por esto contribuye a la contaminación ambiental (Coelho 1996).

Una vez en el suelo, el exceso de P llega a los embalses y lagos mediante la erosión y escorrentías, mientras que a los cuerpos de agua subterráneos llega por infiltración. La vegetación acuática y las cianobacterias utilizan grandes cantidades de este mineral, lo que ocasiona la proliferación desmesurada de dichos organismos y promueve el proceso de eutrofización. La proliferación causa disminución en los niveles de oxígeno disuelto en el agua y provoca la muerte de la fauna acuática por hipoxia.

La inclusión de menores cantidades de P en las dietas es una de las vías para reducir la excreción. De hecho, la adición de fitasas microbianas a las dietas mejora el aprovechamiento del P, reduce el desperdicio de fosfato y permite utilizar menores cantidades de P inorgánico en la dieta (Waldroup *et al.* 2000).

### LAS FITASAS

Las fitasas son fosfatasa que pertenecen a un conjunto diferenciado de enzimas, clasificadas en fosfatasa alcalinas, fosfatasa ácidas de alto y bajo peso molecular y fosfatasa-proteína (Gibson y Ullah 1990). Catalizan el

proceso de hidrólisis del ácido fítico (IP-6) y liberan, de forma secuencial, hasta seis grupos ortofosfatos libres, plenamente disponibles para los animales monogástricos (Vincent *et al.* 1992).

Estas enzimas hidrolizan únicamente los fitatos en solución, por lo que su acción requiere humedad en el medio y condiciones determinadas de pH y temperatura. Estas condiciones son variables, según el tipo de fitasa. La hidrólisis de fitatos *in vitro* da lugar a una acumulación temporal de fosfatos de mioinositol, de 3 a 1 grupo fosfato (IP-3 a IP-1), los que no se perciben en la digesta ileal de cerdos y aves que reciben dietas suplementadas con fitasas microbianas (Kemmer 1998). Esto indica que en el organismo animal la acción de las fitasas se favorece con la presen-

cia de otras fosfatasas que actuarían de forma sinérgica y que son, probablemente, de origen endógeno.

Las fitasas están presentes de forma natural en numerosos cultivos de bacterias y hongos. Se encuentran, además, en ciertos granos y pueden llegar al tracto intestinal de todos los animales por la ingestión de plantas que las contienen o por la propia microflora intestinal que las produce, así como también por la producción enzimática endógena de la mucosa (Applegate *et al.* 2003 y Moran 2004).

### FITASAS INTESTINALES ENDOGENAS

Las fosfatasas intestinales endógenas solo son capaces de hidrolizar las moléculas de intermediarios del inositol con escaso número de iones ortofosfatos (IP-3 a IP-1). Además, poseen escasa significación práctica, pues estos grupos, a diferencia de los IP-6, no causan efectos nocivos en el animal (Jongbloed *et al.* 1993).

El contenido digestivo del estómago y del intestino del cerdo y del buche, así como el proventrículo e intestino de las aves, presentan escasa actividad fitásica propia. De cualquier forma, se estima que su interés práctico es muy reducido (Ravindran *et al.* 1999).

### FITASAS ENDOGENAS CONTENIDAS EN LOS INGREDIENTES DE LA RACION

Existe un cierto número de semillas con actividad fitásica propia, particularmente dentro del grupo de los cereales. El contenido es importante en el caso del trigo, centeno y triticale y de poco interés en el resto de los granos que se utilizan en la práctica (Ravindran *et al.* 1995).

Esta actividad fitásica es muy reducida en harinas proteicas (soya, colza y algodón) y granos de leguminosas (Frapin *et al.* 1996). En cualquier caso, su contenido varía en función de la variedad y de factores medioambientales.

Por el contrario, los subproductos de la molinería, en especial aquellos que proceden del trigo (salvados) o los que se obtienen mediante procesos fermentativos (solubles de destilería, raicilla de cebada, gérmenes de maíz) son ricos en actividad fitásica (Yi y Kornegay 1996).

De manera general, las fitasas vegetales son del tipo 6-fitasa y su acción fundamental consiste en liberar el grupo ortofosfato en la posi-

ción 6 de la molécula de mioinositol. El primer intermediario obtenido es el D-mioinositol 1, 2, 3, 4, 5 pentakisfosfato. A partir de aquí, la 6-fitasa actúa de forma secuencial, y defosforila la molécula en su totalidad (Rodehutschord 1988).

El pH óptimo para la actuación de estas fitasas está entre 4,0 y 7,5. La mayoría de ellas están por encima de 5,0 y pierden irreversiblemente su actividad a pH comprendidos entre 2,5-3 (Pointillart 1993). Su temperatura óptima de acción se sitúa entre 45 y 60 °C y se degradan rápidamente a temperaturas superiores.

Se estima que las fitasas vegetales son 10 % menos eficientes que las de naturaleza fúngica (Pointillart 1994). Según Ward (2002), la razón podría ser el estrecho rango de pH al que estas fitasas son activas, pues sus valores óptimos de máxima actividad superan los encontrados en el buche y en el estómago, principales puntos de acción.

### FITASAS DE ORIGEN MICROBIANO PRODUCIDAS POR LA FLORA DIGESTIVA

Numerosos hongos y microorganismos presentes en el tracto intestinal producen 3- fitasa (Eeckhout y De Paepe 1991). Los rumiantes y el conejo pueden beneficiarse de esta actividad fitásica. Sin embargo, en la mayoría de las especies monogástricas, la actividad de la flo-

ra microbiana tiene lugar en el intestino grueso. Por ello, aunque las fitasas microbianas hidrolicen los fitatos y liberen el P inorgánico, el animal no se beneficia, ya que este se excreta enteramente en las heces.

### FITASAS MICROBIANAS DE PRODUCCION INDUSTRIAL

Numerosos hongos y bacterias son capaces de producir fitasas en condiciones naturales o de laboratorio (Jongbloed y Kemme 1997, Oloofs *et al.* 1998 y Phillippy 1999). Sin embargo, las fitasas bacterianas (a excepción del *Bacillus subtilis*) son de naturaleza intracelular y, en general, no tienen un buen comportamiento en cuanto a productividad, en condiciones de laboratorio. Además, su pH óptimo de actividad es neutro o alcalino, lo que reduce su interés como aditivo en piensos (Zhang *et al.* 2000).

Por el contrario, las fitasas de origen fúngico se producen por un mayor número de

especies y, a diferencia de las bacterianas, la mayoría dan lugar a enzimas extracelulares (Douglas *et al.* 2000). Como principal microorganismo productor de fitasa fúngica se destacan los hongos de los géneros *Aspergillus* y *Peniophora* (Liebert *et al.* 1993). Sus enzimas son del tipo 3-fitasa y su sustrato preferido es el mioinositol hexafosfato (IP-6), al que hidrolizan a partir de la posición 3 de la molécula. Además, el pH óptimo de actividad oscila entre 2,5 - 7,5 y son activas en un amplio rango de temperaturas (35 y 63 °C).

### MODO DE ACCION DE LAS FITASAS

#### *Hidrólisis del fitato*

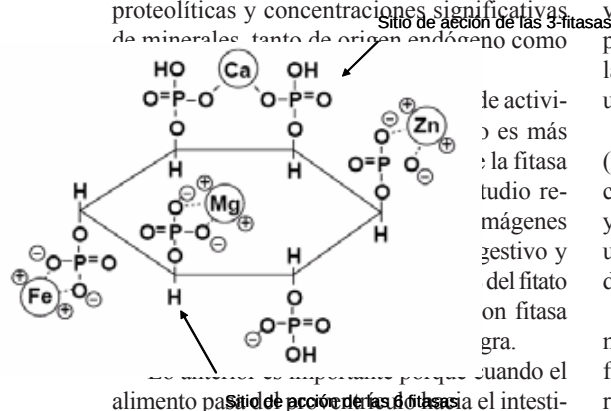
A pesar que todas las fitasas son capaces de hidrolizar el fitato, ya sea a partir de la posición 3 ó 6 de la molécula (figura 1), su habilidad para defosforilar posteriormente la molécula del fosfo-inositol, varía sustancialmente (Nasi *et al.* 1999).

Una vez que el fósforo inicial se remueve de la molécula del hexa-fosfoinositol, las aves,

a diferencia de otras especies, tienen la habilidad de defosforilar la molécula de fitato con fosfatasa ácida (Rutherford *et al.* 2004).

El conocimiento de la hidrólisis del fitato permite evaluar las diferencias en la eficacia entre las diferentes fuentes de fitasa. Diversos factores críticos dentro del tracto gastrointestinal impactarán la capacidad de la fitasa para su óptimo desempeño (Payne *et al.* 2005).

Figura 1. Estructura de la molécula de fitato y posibles sitios de actuación de las fitasas



Este enzima, como todas, puede desencadenar su acción en condiciones medio ambientales determinadas (temperatura y pH) y, a su vez, presenta retos en términos de enzimas proteolíticas y concentraciones significativas de minerales, tanto de origen endógeno como exógeno. Cuando el alimento pasa al intestino delgado el pH se incrementa, y la solubilidad del sustrato y su susceptibilidad ante el ataque de la fitasa se ven disminuidos (Zhang *et al.* 2000). De este modo, la estrategia de la fitasa para ser exitosa es que la hidrólisis debe estar concentrada en las partes altas del tracto digestivo, especialmente en el proventrículo, donde por los rangos de pH no solo se solubiliza el fitato, sino que se favorece el trabajo de la fitasa.

Algunos nutrientes o aditivos limitan la actividad de las fitasas al quelarse con el sustrato. Por ejemplo, Atia *et al.* (2000) y Tamim *et al.* (2004) encontraron que ciertos niveles de inclusión de calcio en la dieta para pollos influyen directamente en la función de las fitasas y reducen la habilidad de estos para utilizar fósforo.

Augsburger *et al.* (2004) y Banks *et al.* (2004) señalaron que altos niveles de zinc o cobre pueden quelar al fitato en la región del yeyuno (rango de pH de 5-6). Esto ocasiona una baja eficacia de la fitasa y menor retención de fósforo en cerdos y pollos.

En una revisión, Kornegay *et al.* (1998) mostraron una respuesta exponencial de las fitasas fúngicas en la digestibilidad del fósforo en cerdos. Sin embargo, hubo una variación significativa en la respuesta a través de las pruebas, lo que indicó la presencia de factores dietéticos que pudieron alterar los beneficios de estas fuentes de fitasa.

Por ello, la composición de la dieta y las condiciones del animal necesitan considerarse para que el valor obtenido por el uso de la fitasa sea consistente.



### USO DE FITASAS EN AVES

Es bien sabido que las fitasas tienen un efecto directo en la digestión del fósforo. Sin embargo, estudios recientes en animales, junto con experimentos de digestibilidad, sugieren que los beneficios de las fitasas pueden ir más allá que la simple liberación de fósforo (Beaulieu *et al.* 2004 y Plumstead *et al.* 2004).

Sebastian *et al.* (1996) concluyeron que pollitos alimentados con raciones de maíz-soya y 600 U de fitasa/kg, tuvieron desempeño semejante y mayor retención de P, Ca, Cu y Zn, con respecto a los pollitos que no recibieron la enzima.

En otro estudio, pero con lotes comerciales de ponedoras, Niekerk y Reuvekamp (1997), llegaron a la conclusión de que es posible utilizar fitasas en avicultura, con equivalencias de 1 g de fósforo disponible por cada 500 UF, sin que haya diferencias en los resultados.

En otro trabajo, Namkung y Leeson (1999) demostraron un efecto positivo de aproximadamente 2 % con la suplementación de fitasa (1200 UI/kg) en la digestibilidad de la proteína y de aminoácidos totales en pollitos de engorde.

En un estudio semejante, Ravindran *et al.* (1995) observaron aumento en la digestibilidad ileal de la proteína bruta y de la energía de 2.4 y 3.9 %, respectivamente, en raciones de maíz/torta de soja suplementadas con fitasa.

Namkung y Leeson (1999) también cuantificaron el efecto de la fitasa en el contenido de energía metabolizable aparente (EMA) en una dieta típica de maíz y soya para pollos. Estos autores hallaron que la suplementación con 1200 UF aumentó el contenido en EMA de 11.87 MJ/kg a 12.15 MJ/kg en el grupo suplementado.

### UTILIDAD ECOLÓGICA DE LAS FITASAS

Otro de los beneficios del uso de fitasa en las dietas de monogástricos es la menor excreción de fósforo al ambiente, debido al mayor aprovechamiento que hace el ave del fósforo fítico. Según Kornegay (1996), el uso de fitasa (200 a 1000 U/kg) reduce la excreción de fósforo en las heces entre 25 y 50 %.

En una revisión de Waldroup *et al.* (2000) acerca de cómo reducir la excreción de fósforo al ambiente, citó a varios autores que demostraron la efectividad de la fitasa en disminuir el contenido de P en la excreta.

Wincker (1999) informó que con el uso de fitasa en dietas de maíz y soya para pollos puede disminuir el aporte de fósforo inorgánico (Pi) entre 20 y 50 %. Esto también puede

lograrse en pavas, según informes de Yi *et al.* (1996).

Sin embargo, en trabajos recientes, Acosta (2005) pudo reducir, completamente, la suplementación con fósforo inorgánico (Pi) en dietas de gallinas ponedoras, al utilizar 450 U/kg de fitasa (Natuphos), sin que se afectaran los indicadores productivos ni el metabolismo mineral. Además, fue posible reducir en casi 60 % la excreción de fósforo al ambiente.

Según estimaciones actuales, si se añadiesen fitasas a todos los piensos para cerdos y aves, sería posible reducir la cantidad de fósforo liberado en el medio ambiente en 2,5 millones de toneladas cada año, a nivel mundial (Leske y Coon 2002 y Payne *et al.* 2005).

### UTILIDAD ECONÓMICA DE LAS FITASAS

En la práctica se ha visto que el uso de fitasa en dietas para aves puede disminuir el costo de la ración entre 0,5 y 5 dólares por tonelada. Sin embargo, la magnitud del ahorro

depende del precio y disponibilidad de los ingredientes, así como del requerimiento de nutrientes definido en cada fórmula (Kornegay 1996).

En pruebas de campo realizadas en Centro América con 450 000 aves testigo y 477 000 en prueba, no se observaron diferencias significativas en la conversión alimentaria y el peso corporal; pero el ahorro en dólares, por tonelada métrica de pienso, fue cercano a 1.90 (Juampere *et al.* 2005).

Pruebas realizadas en Brasil con pollos hembra y tratamientos con Ronozyme P, die-

tas bajas en P (control negativo) y dieta baja en P con Ronozyme P demostraron que no hubo diferencias en los indicadores productivos. Sin embargo, el efecto en reducción del costo de la dieta fue importante para la integración (Murano 1996 y Keshavarz y Autic 2004).

### CONSIDERACIONES FINALES

El problema del fósforo, la contaminación ambiental, así como las duras restricciones a que esto conlleva, es situación bastante común para todo el mundo. En algunos países asiáticos esta cuestión es especialmente seria, porque las densidades de animales domésticos son muy altas. En ciertos países europeos, los residuos producidos por los animales corresponden, más o menos, al doble de lo que producen los habitantes. En este sentido,

la aplicación de las enzimas fitasas como estrategia nutricional ha mostrado ser un método eficaz para reducir el fósforo contenido en el estiércol de los animales monogástricos. Estas enzimas desempeñarán un importante papel, en el futuro, para reducir los crecientes problemas medioambientales del mundo. ¿Quién podría pensar que un simple hongo podría ayudar a reducir la contaminación procedente de cerdos y aves?

### REFERENCIAS

- Acosta, A. 2005. Una opción técnico, económica y ambiental del empleo del fósforo en la alimentación de gallinas ponedoras. Tesis de Maestría en Producción Animal Tropical. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- Applegate, T.J., Jaern, B.C., Nassbaun, D.L. & Angel, R. 2003. Water soluble phosphorous in fresh broiler litter is dependent upon phosphorous concentration fed but not on fungal phytase supplementation. *Poult Sci.* 82: 1024
- Atia, F.A., Weibel, P.E., Hermes, I., Carlson, C.W. & Walser, M.M. 2000. Effects of dietary phosphorous, calcium and phytase on performance of growing turkeys. *Poult Sci.* 78: 231
- Augsburger, N.R., Spencer, J.D., Webel, D.M. & Baker, D.H. 2004. Pharmacological zinc levels reduce the phosphorus-releasing efficacy of phytase in young pigs and chickens. *J Animal Sci.* 82: 1732
- Banks, K.M., Thompson, K.L. P., Jaynes & Applegate, T.J. 2004. The effects of copper on the efficacy of phytase, growth, and phosphorus retention in broiler chicks. *Poult. Sci.* 83:1335
- Beaulieu, A.D., Zijlstra, R.T., Bedford, M. & Patience, J.F. 2004. Dose response to phytase inclusion in diets for growing swine. *Banff Pork Congress Proc.*
- Bedford, M.R. & Classen, H.L. 1992. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase of broiler chicks: *J.Nutr.* 122:560
- Bedford, M.R. 2000. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits [Review]: *Anim Feed Sci. Tech.* 86:1
- Bedford, M.R. 2004. Enzymes and enzyme cocktails for enhancing nutrient retention. *Multi-State Animal Nutrition Conference Proc.*
- Bedford, M.R. & Schulse, P. 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nut Res Rev.* 11:91
- Choct, M. & Annison, G. 1990. Antinutritive activity of wheat pentosans in broiler diets: *British Poult. Sci.* 31:811
- Cleophas, G., Van Hartingsveldt, W., Somers, W.A.C. & van der Lugt, J.P. 1995. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. *World Poult* 11:12
- Coelho, M.B. 1996. Ecological Nutrition: A Costly or Smart Move In: *Phytase in Animal Nutrition*

- and waste management, a BASF Reference Manual Ed. by Michael B. Coelho and E.T Kornegay 41- 60. USA
- Douglas, M.W., Meter, C.M., Boling, S.D., Parson, C.M. & Baker, D.M. 2000. Nutritional evaluation of low phytate and high protein corns. *Poult Sci.* 78:1586
- Edney, M.J., Campbell, G.L. & Classen, H.L. 1989. The effect of  $\beta$ -Glucanase supplementation on nutrient digestibility and growth in broilers given diets containing barley, oat groats or wheat. *Anim. Feed Sci. Tech.* 25:193
- Eeckhout, W. & De Paepe, M. 1991. The quantitative effects of an industrial microbial phytase and wheat phytase on the apparent phosphorus absorbability of mixed feed by piglets. *Med. Fac. Landbouwwet. Rijkuniv. Gent.* 56:1643
- Ferket, P.R. 1993. Practical use of feed enzymes for turkeys and broilers. *J. Appl. Poult Res.* 2:75
- Frapin D., Guivarc'h, F. & Nys, Y. 1996. Microbial and plant phytase activity in gastrointestinal tract of broilers. *Proceed. XX World's Poult Cong.* New Delhi. India. Vol. IV. p. 52
- Gibson, D.M. & Ullah, A.B. 1990. Inositol metabolism in plants. Eds. D.J. Morre, W.F. Boss y F.A. Loewus. Wiley-Liss. New York. p. 77
- Harter-Denis, J. 1999. Biotechnology in the feed industry. *Proc. Alltech's 15<sup>th</sup> Annual Symposium.* Eds. T.P. Lyons y K.A. Jacques. Nottingham University Press. USA. p. 511
- Jongbloed, A.W., Freitag, M., Hensche, H.U., Schulte-Sienbeck, H. & Reichelt, B. 1993. The effects of feed additives as substitutes for performance enhancers in pig production. Report No. 8. Ed. Forschungsber. F.H. Soest. Faculty of Agriculture. Alemania
- Jongbloed, A.W. & Kemme, P.A. 1997. XIII Curso de especialización FEDNA. p.191. Madrid
- Juampere, J., Pérez-Vendrel, A.M., Angulo, E. & Brafaw, J. 2005. Assessment of potencial interactions between phytase and glycosidase enzyme supplementation on nutrient digestibility in broilers. *Poult Sci.* 84: 571
- Kemme, P.A. 1998. Phytate and phytases in pig nutrition. PhD. Thesis. Agricultural University of Wageningen. Holanda
- Keshavarz, K. & Autic, R.E. 2004. The use of low-protein, low-phosphorus, amino acid and phosphorus excretion. *Poult Sci.* 83:75
- Keshavarz, K. & Nakajima, S. 1993. Re-evaluation of calcium and phosphorus requirements of laying hens for optimum performance and eggshell quality. *Poult Sci.* 72:144
- Klivanov, A.M. 1982. Stabilization of enzyme against thermal inactivation. *Adv. Appl. Microbiol.* 29:1
- Kornegay, E.T. 1996. Nutrient management of food animals to enhance and protect the environment. Ed. E.T. Kornegay. CRC Press. Inc. New York. p. 277
- Kornegay, E.T., Radcliffe, J.S. & Zhang, Z. 1998. Influence of phytase and diet composition on phosphorus and amino acid digestibilities, and phosphorus and nitrogen excretion in swine. *BASF Tech. Symposium.* Durham NC. p. 125
- Leske, K. & Coon, C. 2002. The development of feedstuff retainable phosphorous values for broilers. *Poult Sci.* 81: 1681
- Liebert, F., Wecke, C. & Schöner, F.J. 1993. Enzyme use in soy-based diets. *Proc. 1st Symposium on Enzymes in Animal Nutrition.* Eds. C. Wenk y M. Boessinger. Karthause Ittingen, Suiza. p. 202
- Maenz, D.D., Engele-Schaan, C.M., Newkirk, R.W. & Classen, H.L. 1999. The effect of minerals and mineral chelators on the formation of phytase-resistant and phytase-susceptible forms of phytic acid in solution and in slurry of canola meal. *Anim Feed Sci. & Tech.* 81:177
- Mandels, M. 1976. Measurement of saccharifying cellulose. *Biotech. Bioeng. Symp. Proceedings.* 6; 21. USA.
- Marbey, S. 1998. Influence of dietary phosphorus on performance of laying hens. *Feedstuffs* 70: 1
- Moran, E. 2004. Use of exogenous corn-soybean meal enzymes to relieve food pathogen infections in broilers. *Arkansas Nutrition Conference Proc.*
- Murano, F. 1996. Efeito de la fitasa en la biodisponibilidad del fósforo en raciones con farelo de arroz desengordurado para pollos de engorde. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 25: 932
- Namkung, H. & Leeson, S. 1999. Effect of phytase enzyme on dietary Nitrogen-Corrected Apparent Metabolizable energy and the ileal Digestibility of nitrogen and acids in broiler chicks. *Poult Sci.* 78: 1317
- Nasi, M.K., Partanen, H. & Piironen, J. 1999. Comparison of *Aspergillus niger* phytase and *Trichoderma reesei* phytase and acid phosphatase on phytate phosphorus availability in pigs fed on maize-soybean meal or barley-soybean meal diets. *Archiv fur Tierernahrung* 52:15
- Niekerk, G.C & Reuvekamp, B.F. 1997. Nutritional evaluation of low phytate and high in poultry. *World Poultry* 13:26

- Oloofs, K., Dolbusin, A. & Jeroch, H. 1998. Einfluss von mikrobieller und nativer weizen phytase auf die phosphor-verwertung bei broilern. Archiv für geflügelkunde 62:260
- Oyango, E.M., Bedford, M.R. & Adeola, O. 2005. Efficacy of on envolved *Escherichia coli* phytase in diets of broilers chicks. Poult Sci. 84: 248
- Palacios, M. 1992. Inmovilización enzimática y celular. Trabajo realizado para la asignatura de Doctorado: operaciones y procesos unitarios para la industria bioquímica. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid.
- Payne, R.L., Laverigne, T.K. & Southern, L.L. 2005. A comparison of two sources of phytase in liquid and dry forms in broilers. Poult Sci. 84:265
- Phillippy, B.Q. 1999. Susceptibility of wheat and *Aspergillus niger* phytases to inactivation by gastrointestinal enzymes. J. Agric. Food Chem 47:1385
- Plumstead, P.W., Lenfestey, B.A., Brake, J. & Bedford, M.R. 2004. Comparative Efficacy of Two Thermotolerant Microbial Phytases. 2 Broiler Livability and Skeletal Development. Poult Sci. 83: 1755
- Pointillart, A. 1993. Proc. 1st Symposium on Enzymes in Animal Nutrition. Eds. C. Wenk y M. Boessinger, Kartause Ittingen, Switzerland. p. 192
- Pointillart, A. 1994. Phytates, phytases: leur importance dans l'alimentation des monogastriques. INRA Prod. Anim. Nutr. 68: 1
- Ravindran, V., Cabahug, S., Ravindran, G. & Bryden, W.L. 1999. Influence of microbial phytase on aparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. Poult Sci. 78:699
- Ravindran, V., Korneagy, E.T., Potter, L.M., Ogunabameru, O.B., Welton, M.K., Wilson, J.H. & Patchanacorn, M. 1995. An evaluation of various response criteria in assessing biological availability of phosphorus for broilers. Poult Sci. 74: 1820
- Rodehutschord, M. 1988. Proc. BASF Tech. Symposium. Raleigh, NC. pp: 32
- Rutherford, S.M., Cheng, T.K., Morel, C.P. & Moughan, P.J. 2004. Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acid in a low-phosphorus diet for broilers. Poult Sci. 83:61
- Sabatier, A.M. & Fish, N.M. 1996. Method of analysis for feed enzymes: Methodological problems?. Journal of Applied Poultry Sci. 5:408
- Sebastian, S., Touchburn, S.P. & Chavez, E.R. 1996. Efficacy of supplemental microbial phytase at different calcium levels on growth performance and mineral utilization of broiler chickens. Poult Sci. 75:1516
- Simons, O., Gruppen, H., Classen, H.L., Close, W., Khan, N., Acamovic, T., McCleary, B., Morgan, A. & Cowan, D. 1996. Enzymes in action. World Poult-Misset 12:61
- Soto-Solanova, M.F. & Wyatt, C.L. 2000. Use of feed enzymes to realice the full potential of alternative feed ingredients. Zootechnia International. 12:343
- Tamim, N.M., Angel, R. & Christman, M. 2004. Influence of dietary calcium and phytase on phytate phosphorus hydrolysis in broiler chickens. Poult Sci. 83:1358
- Vincent, J.B., Crowder, M.W. & Averill, B.A. 1992. Hydrolysis of phosphate monoesters: a biological problem with multiple chemical solutions. Trends Biochem. Sci. 17:105
- Volkin, D., Parson, C.M., Baker, D.H. & Boling, S.D. 1991. Effect of supplementation of phytase on egg production. Biotech. Bioeng. 37: 843
- Waldroup, P.W., Kersey, J.H., Saleh, E.A., Fritts, C.A., Yang, F., Stilborn, H.L., Crum, R.C. & Raboy, V. 2000. Non phytate phosphorous requirement and phosphorous excretion of broilers chicks fed diets composed of normal or high available phosphorous corn with and without microbial phytase. Poult Sci 78:1451
- Ward, N.E. 2002. Phytase stability may be improved by new technology. Feedstuffs. March 4
- White, W.B., Bird, H.R., Sunde, M.L., Marlett, J.A., Prentice, N.A. & Burger, W.C. 1983. Viscosity of  $\alpha$ -DGLucan as a factor in the enzymatic improvement of barley for chicks. Poult Sci. 62: 853
- Wincker, D. L. 1999. Phosphorus Reduction Techniques Examined. Feedstuffs. 2:12
- Yi, Z. & Kornegay, E.T. 1996. Sites of phytase activity in the gastrointestinal tract of young pigs. Anim Feed Sci. and Tech. 61:361
- Zhang, Z.B., Kornegay, E.T., Radchiffe, J.S., Henbow, D.M., Viet, H.P. & Larsen, C.T. 2000. Comparison of genetically engineered microbial and plant phytase for young broilers. Poult Sci. 78:709

Recibido: 20 de octubre de 2005.