

# Investigación y uso de fitasas en avicultura

## Research and use of phytase in poultry farming

R-Angélica Sanmiguel Plazas

Médica Veterinaria Zootecnista de la Universidad del Tolima. Candidata a Magister en Ciencias Pecuarias de la Universidad del Tolima. Docente de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Ibagué.  
Correo electrónico: rosa.sanmiguel@campusucc.edu.co

Recibido: 24 de mayo del 2011 • Aceptado: 6 de septiembre del 2011

### Resumen

Los principales productos finales de la avicultura son carne de pollo y huevo para el consumo humano, lo que exige, aparte de los rendimientos financieros, el desarrollo de estrategias que garanticen la seguridad alimentaria y la disminución del impacto ambiental. Teniendo en cuenta que muchas investigaciones reportan que el uso de las fitasas en la dieta de monogástricos es una actividad amigable con el medio ambiente y compatible con la rentabilidad, la presente actualización pretende recopilar los datos más significativos generados en los últimos años con la finalidad de identificar los principales factores del desempeño productivo que son afectados positiva o negativamente por la actividad fitásica endógena o microbial y las razones fisiológicas por las que se ha calificado dicha actividad como un elemento promisorio que reduce los costos medioambientales generados por la industria avícola. La mayoría de las investigaciones consultadas coinciden en obtener resultados favorables en ganancia de peso, porcentaje de producción de huevo y disminución de fósforo (P) en las excretas al adicionar fitasas a dietas deficientes en fósforo no fitásico (por sus siglas en inglés NPP); no obstante, la conversión alimenticia, el peso del huevo y la densidad específica de este no presentan relación con la adición de fitasas en las dietas.

**Palabras clave:** actividad enzimática, fitatos, fósforo fitático.

### Abstract

The main end products of poultry farming are chicken meat and eggs for human consumption, which require, in addition to high financial performance, the development of strategies to ensure food security and reduce environmental impact. Given that many studies report the use of phytase in monogastric diets as an environment friendly and profitable practice, the present review intends to compile the most significant data generated in recent years, seeking to identify the main factors of production performance that are either positively or negatively affected by endogenous phytase activity, as well as the microbial and physiological reasons for which this activity has been deemed a promising element that reduces environmental costs generated by the poultry industry. Most of the consulted sources agree on favorable results in weight gain, egg production rate and decreased phosphorus in excreta upon adding phytase to diets low on nonphytate phosphorus (NPP). However, food conversion, egg weight and the specific density of eggs do not suffer any changes with the addition of phytase to the diet.

**Keywords:** enzyme activity, phytase, phytate phosphorus.

## Introducción

En nutrición animal los requerimientos de calcio (Ca) y fósforo (P) son ampliamente conocidos por las inclusiones dietarias de piedra caliza, suplementos de fósforo inorgánico como fosfato dicálcico y por permitirse harina de carne y hueso (1). El fósforo es el tercer componente más costoso en la dieta de no rumiantes, después de la energía y la proteína (2). Además, es un mineral crítico (3), ya que del total de elementos minerales en el organismo, Ca y P representan el 70% y son esenciales para la formación de huesos, la transferencia de energía a las células, la regulación del pH en la sangre, el control del apetito, la ganancia de peso y la conversión alimentaria (4).

Teniendo en cuenta que en los recursos de origen vegetal se presentan cantidades considerables de P pero la mayoría de ellos están ligados con fitatos (mioinositol hexafosfato), que llevan un máximo de doce cargas negativas y potencialmente podrían quedar hasta seis átomos de Ca, se constituyen en la principal fuente potencial de P. A pesar de que la afinidad del fitato es grande para otros cationes bivalentes, incluyendo zinc —Zn— y cobre —Cu— (1) y que dichas moléculas se consideran agentes antinutricionales debido a que forman complejos (quelatos) con minerales e incluso pueden reaccionar con proteínas, reduciendo su disponibilidad (5) y convirtiéndolas en sustancias inabsorbibles que se excretan en las heces, deben suplementarse en grandes cantidades en la dieta (6).

En los últimos años se ha incentivado la investigación sobre la adición de fitasas (mioinositol hexafosfatos fosfohidrolasas) en la dieta de monogástricos para mejorar tanto el desempeño productivo a partir del incremento en la disponibilidad de los minerales, las proteínas y otros nutrientes (5), como los efectos que podrían mejorar potencialmente la digestibilidad de los aminoácidos (7). En la actualidad las fitasas exógenas son usadas en las dietas para hidrolizar el fósforo fítico, que lo hace disponible, y disminuye los requerimientos de fósforo inorgánico en la dieta (8).

La actividad fitásica en materia gastrointestinal puede ser detectada y cuantificada por el método de espectrofotometría —Western Blot, desarrollado por Yu *et al.*— (9).

La microflora intestinal genera actividad fitásica sobre todo en el intestino grueso (1); sin embargo, Maenz *et al.* (10) demostraron actividad fitásica endógena más alta en el duodeno y progresivamente más baja en los siguientes segmentos intestinales de gallinas ponedoras. La actividad fitásica fue definida por Engelen *et al.* (11) mediante la técnica de liberación de ortofosfato, como FTU/kg de alimento, en la que 1 FTU es la actividad enzimática que libera 1  $\mu\text{mol}$  de P inorgánico de fitato sódico 0,0051/mol a un pH de 5,5 y una temperatura de 37 °C. Usando esta técnica, Shin *et al.* (12) identificaron el mecanismo catalítico y las propiedades que permiten que queden dos iones fosfato y cuatro iones calcio en una fitasa microbiana calciodependiente.

De acuerdo con la National Research Council (NRC) (13), los requerimientos de P en gallinas ponedoras son 0,42% de P disponible o NPP —P no fítico— durante las primeras 20 semanas de puesta, 0,32% entre las 46-62 semanas y 0,3% luego de las 63-62 semanas —decrepitud— (14). Adicional a ello, varios estudios han reportado que la actividad fitásica exógena incrementa la retención de fósforo en un 8,5% cuando la relación Ca:P es 2:1, pero se incrementa en un 39,8% si la relación Ca:P es de 1:1 (1).

Otros estudios (15) reportan una mortalidad del 55% en gallinas ponedoras de 38 semanas de edad que fueron alimentadas desde el primer día de edad con dietas que contenían 0,1% del P disponible, mientras que las que fueron alimentadas con 0,2, 0,3 y 0,4% de P presentaron una mortalidad de 5, 2,5 y 3,8%, respectivamente.

Se encuentra poca información con respecto al efecto sistemático de la actividad fitásica sobre el perfil hepático y pancreático en avicultura; no obstante, Brenes *et al.* (16) hallaron que la actividad enzimática de AST (Aspartato aminotransferasa), ALT (Alanina aminotransferasa), LDH (dehidrogenasa láctica) y LP (fosfatasa alcalina) es influenciada por la actividad de las fitasas. Por otra parte, Romero-Núñez *et al.* (5) concluyeron que en cerdos destetados la inclusión de 500 FTU/kg alimento no presentó efectos en el peso y la longitud del páncreas, ni en la actividad de tripsina y quimiotripsina, pero aumentó la digestibilidad de la proteína y de la fibra detergente neutra, aunque en avicultura no se tienen informes sobre este particular.

## Fitatos y medio ambiente

A raíz de los replanteamientos mundiales sobre producción limpia y mitigación de impacto ambiental, se ha minimizado la utilización de antibióticos y harinas de origen animal, lo que ha incrementado el uso de vegetales en la formulación de las dietas (17). Por consiguiente, en los últimos años se ha presentado un creciente interés sobre el uso de aditivos alimentarios naturales y terapias alternativas no medicamentosas como probióticos, prebióticos, simbióticos y enzimas digestivas que optimicen el desempeño productivo (18), con el propósito de propiciar la resistencia natural a la presentación de enfermedades infecciosas del tracto gastrointestinal y optimizar los procesos de digestión y absorción de los nutrientes constitutivos de las dietas (19).

Según Maenz y Classen (10), en áreas concentradas de producción animal el incremento de P no digerible en las heces presenta problemas medioambientales puesto que los ecosistemas acuáticos son afectados por la eutroficación —exceso de minerales y nutrientes en un ecosistema acuático— producida por la contaminación con fósforo, razón por la cual la actividad fitásica se califica como un beneficio para el medioambiente (1). Esta apreciación es ratificada por Castro y Rodríguez (17) al afirmar que, reemplazando el fósforo inorgánico en las dietas, se reduce su excreción en más del 50%. Algunas investigaciones han demostrado que con la inclusión de 300 UFT en la dieta los niveles de excreción de P disminuyen en un 50% (2), lo que infiere la importancia del uso de fitasas cuando se consideran los aspectos medioambientales en la industria avícola. De igual manera, se encuentran reportes sobre el uso de dietas bajas en proteínas suplementadas con aminoácidos esenciales y fitasas que disminuyen significativamente la excreción de N, lo que ha desarrollado interés en los investigadores porque reduce el impacto medioambiental de la producción avícola, ya que se disminuye la excreción de P y N (20, 21). Para mitigar estos efectos en los campos de cultivo existen algunas estrategias adicionales, como la fitorremediación, en la cual la instauración de algunos forrajes como *Lolium multiflorum* extrae del suelo excesos de fósforo acumulados a partir de la adición de excretas de origen avícola (22).

## Fitاسas en pollos de engorde

En pollos Hubbard se ha estudiado la reducción del fósforo no fitásico (NPP) de 4,5 g/kg a 3 g/kg y se concluye que manteniendo niveles de calcio de 10 g/kg (relación Ca:NPP 3,33:1) se disminuye la ganancia de peso en un 17,3%; sin embargo, si la relación Ca:NPP se disminuye a 2,5:1 (7,5 g/kg de Ca) la disminución en la ganancia de peso es solo del 6,8% (3), reiterando los resultados de Aksakal *et al.*, referidos por Seller (1), quienes reportan que la relación Ca:NPP 2:1 mejora el desempeño de los pollos de engorde. A partir de estos resultados, Rama *et al.* (3) infieren que las dietas altas de calcio y bajas de P aumentan el pH intestinal y reducen la fracción soluble de minerales, lo cual reduce por consiguiente su disponibilidad para la absorción. Además, se atribuyó a la actividad fitásica intestinal el aumento en el contenido de cenizas de la tibia.

En pollos Hubbard se formularon dietas bajas en NPP, con maíz y soya tratadas con fitasas microbiales, encontrándose que, aunque se observó incremento en el consumo y la ganancia de peso con respecto al testigo, el coeficiente de conversión alimenticia no presentó diferencias significativas (6). No obstante, los contenidos de P y Ca de la tibia se incrementaron en 4,5 y 9,8% respectivamente, con respecto al testigo. Resultados semejantes se obtuvieron con pollos Arbor Acres (23) al suplementar las dietas con 500 y 1.000 UFT, hallándose adicionalmente que la suplementación con fitasa y gluconato de sodio (20 g/kg) en dietas bajas en fósforo mejora la eficiencia productiva y aumenta el peso de la tibia y el calcio contenido en sus cenizas. De igual forma lo expresaron Augspurger *et al.* (24) al evaluar la biodisponibilidad de Ca de la dieta basal con pollitos New Hampshire X Columbian plymouth de 8 a 20 días de edad y concluir que el 80% del calcio estaba unido a las moléculas de fitatos pero se hizo disponible por la acción hidrolítica de las fitasas.

Estudios realizados en pollos Cobb X Cobb (25) con niveles crecientes de fitasas sintéticas de *Aspergillus niger* (300-400 y 500 UFT/kg) y niveles crecientes de fósforo total (45,55 y 65%) demostraron que para liberar un gramo de fósforo fítico se requieren 540 UFT/kg de alimento y 1.290 UFT/kg de alimento, obteniéndose 0,25 y 0,35% de P disponible, respectivamente. Además

se halló incremento en la ganancia de peso, el consumo de alimento y las cenizas del hueso, comparada con la dieta sin fitasas.

Viveros *et al.* (26) alimentaron pollos Cobb con una ración deficiente en fósforo (0,23% de NPP) suplementado con salvado de centeno sin tratar y tratado a diferentes temperaturas (de 25 a 75 °C) para determinar la actividad fitásica endógena frente al tratamiento con y sin fitasa microbiana. Hallaron que con la presencia de salvado de centeno sin tratar y tratado pero sin fitasas microbianas disminuyó significativamente el desempeño productivo con respecto a las que consumieron la ración control y la fitasa microbiana, lo que demostró una menor eficacia de la fitasa vegetal sobre la fitasa microbiana comparada con la utilización del fósforo.

Juan Pere *et al.*, interesado en el impacto medioambiental generado por la industria avícola, evaluaron dietas con 500 UFT y bajas concentraciones de NPP para pollos Ross 308 y se encontró que dicha actividad incrementa la retención de fósforo y reduce la excreción del mineral en un 45% (27). Complementario a lo anterior, en un experimento con pollos Ross X Ross 708 de 36 a 47 días de edad se halló que al incluir 500 UFT en la dieta con diferentes grados de densidad de aminoácidos esenciales en la fase de engorde se redujo la excreción de P en 0,18 g por ave pero aumentaron los niveles de excreción de N; además, contrario a sus investigaciones previas en pollos de 20 a 40 días en el 2001 y el 2007, no se afectaron la ganancia de peso, la conversión alimenticia ni la mortalidad (28).

Por otra parte, un estudio de perfil hepático hecho con pollos Cobb suplementados con fitasas (200, 400 y 600 FTU) demostró que el nivel sérico de proteínas totales aumentó, así como la actividad de AST, ALT y LDH se incrementaron en 22,40 y 17% respectivamente, mientras que la actividad de ALP se redujo en un 34%. Los niveles séricos de Ca, P, Mg y Zn aumentaron de manera lineal en un 9-10 y 16% respectivamente, el peso de la tibia se incrementó en un 9% y también aumentó el consumo de alimento y la ganancia de peso. Asimismo, se experimentó la inclusión de ácido cítrico en la dieta, del que se apreció un efecto negativo sobre la fitasa, aunque se incrementó la retención de Ca, Mg y Zn séricos y se redujo la actividad de ALP (16).

La disminución de contenido de fósforo en la dieta aumentó los niveles de AST, ALD y LDH, así como la retención de Ca, P y Mg y redujo la retención de Zn sérico, mientras que en la tibia se redujo el contenido de Zn y se aumentó el contenido de calcio y fósforo.

En este estudio los autores comprobaron una menor eficacia de las fitasas de origen vegetal sobre la microbiana respecto de la utilización del fósforo, lo que plantea una posible relación con el estrecho margen de actuación de la enzima con el pH y su limitada estabilidad a las temperaturas. Así lo evidenciaron Juanpere *et al.* (27) al evaluar la actividad fitásica endógena de la cebada luego de ser sometida a autoclave, mientras que en pollos Arbor Acres X Arbor Acres no se encontraron diferencias significativas en conversión alimenticia, mortalidad ni absorción de P y N adicionando 400 UFT en la dieta sin P orgánico, lo cual sugiere que las bajas dosis no logran absorber todo el P orgánico de la dieta (4). Por esta razón, no se recomienda usar fosfatos cuando se incluye fitasa en la dieta, puesto que la presencia de esta enzima garantiza la disponibilidad adicional de P que cubre parte de los requerimientos dietéticos del mineral.

La respuesta a la fitasa tiene una tendencia lineal hasta una dosis de 600 FTU/kg de alimento; por encima de esta dosis la respuesta es menor.

Con respecto a estudios de digestibilidad ileal aparente con pollos Ross 308 del día 12 al 21 de edad, a partir de la actividad fitásica intrínseca de la cebada, el maíz y la avena, dichos coeficientes de digestibilidad ileal aparente para fósforo y fosforo fítico fueron significativamente más altos en las dietas con maíz y avena, mientras que en excretas el coeficiente de digestibilidad ileal aparente no presentó diferencias significativas entre las dietas. Se concluye entonces que la mayoría de la hidrólisis del P fítico en presencia de dosis bajas de calcio y fósforo en la dieta ocurrió antes de la porción terminal del íleon y solo hubo un incremento del 1 al 18% en el intestino grueso, lo que da como resultado baja excreción de este (29).

Pollos Cobb 500 fueron sometidos a dietas con dosis y megadosis de fitasa microbiana (hasta 5.000 UFT) derivada de la *E. coli* para evaluar el efecto hidrolítico sobre los fitatos de la dieta, hallándose que la hidrólisis completa del fósforo fítico y la máxima retención

del fósforo total se da con dosis de 1.000 UFT/kg de alimento (30).

### **Fitasas en gallinas ponedoras**

Muchas investigaciones se han realizado en el área de producción de gallinas ponedoras que han dejado como resultado estudios de gran importancia para su aplicación en el mejoramiento del desempeño productivo y el impacto medioambiental; en uno de estos, con ponedoras White Leghorn, se concluyó que una dieta baja en P inorgánico suplementada con fitasas mejora significativamente la producción de huevo sin afectar la conversión alimenticia, contrastado con una dieta convencional, lo que permite inferir que el fosfato bicálcico puede ser reemplazado completamente por 250 UFT fitasas por kilogramo sin afectar el desempeño productivo (3).

Por otra parte, en gallinas Dekalb Delta de 22 a 40 semanas de edad se observó que niveles de 0,1% de P disponible en una dieta son inadecuados para la producción de huevo y que con la adición de 300 UFT a estas dosis de P en la dieta la producción se optimiza, mientras que los niveles de P en las excretas disminuyen en un 50% (2). Complementario a lo anterior, Keshavars (31) realizó el mismo experimento en gallinas Babcock B300 y determinó que la disminución de P en las excretas de las aves suplementadas con fitasas fue 34 a 47% menos que las no suplementadas. Otras investigaciones reportan, además, disminuciones entre el 34 y el 47% al efectuar el experimento con gallinas de 70 semanas de edad, las cuales presentaron síntomas de deficiencias de P, lo cual plantea que las gallinas de mayor edad pueden ser más sensibles a dichas deficiencias que las más jóvenes (2).

Con gallinas Hy Line White se demostró que la adición de 600 UFT microbiana en dietas deficientes en P disponible y sin inclusión de una fuente concentrada de fósforo inorgánico mejora la conversión alimentaria, el porcentaje de postura y el grosor del cascarón (32). De estos resultados los autores de la investigación deducen que la mejora en los parámetros productivos pudo deberse al aumento en la disponibilidad no solo de P, sino de otros nutrientes que proveen energía y otros minerales como el calcio.

Con el propósito de contribuir en los estudios del impacto medioambiental que generan la producción avícola, en un estudio se suplementaron gallinas de postura Babcock B300 con 0,2% NPP, 300 UFT fitasa y aminoácidos esenciales (lisina, metionina y triptófano) frente a una dieta control con el 0,4% de NPP sin el suplemento de aminoácidos esenciales ni fitasas; se concluyó que el desempeño productivo no fue afectado pero la excreción de P y N se redujo en un 48% en las aves que habían recibido la dieta suplementada con aminoácidos esenciales y fitasas (20). No obstante, es importante resaltar que los costos de las dietas con aminoácidos esenciales son significativamente más altos que las dietas con niveles de proteínas convencionales.

Berry *et al.* (33), en un experimento con gallinas reproductoras Ross 38, inseminadas artificialmente de 27 a 60 semanas de edad en jaula, adicionaron 300 UFT a la dieta con 0,3% de fósforo, lo que aumentó en un 9,8% la producción de huevo, redujo la mortalidad y mejoró los contenidos minerales y la densidad del huevo; sin embargo, no apreciaron diferencias significativas en el peso del huevo, en la fertilidad, ni en la gravedad específica, comparada con los huevos de las gallinas que consumían un 0,1% de fósforo sin fitasa. También reportaron que las gallinas enjauladas no tienen la posibilidad de reciclar fósforo por el consumo de excretas, como lo hacen las aves en piso, lo cual afecta significativamente la calidad de la cáscara de huevo.

Con la finalidad de identificar la digestibilidad ileal aparente de aminoácidos y energía en gallinas replumadas Dekalb Delta Leghorn, se llevó a cabo un ensayo adicionando 300 UFT fitasa a la dieta; aunque muchas investigaciones reportan resultados significativos con 600 y 1.200 UFT con los niveles de inclusión empleados en la investigación, no se encontraron diferencias significativas. No obstante, entre los diferentes tipos de dietas estudiados (maíz-soya, maíz-soya-harina de hueso y maíz-soya-harina de hueso y trigo) sí se identificaron diferencias significativas en la digestibilidad ileal aparente (7).

Por otra parte, Silversides y Hruby (34) formularon dietas bajas en P inorgánico (Pi) —0,12 y 0,15%— adicionadas a 300 y 600 UFT para gallinas Lohman White y Brown Classic, observando que el consumo de alimento

y la producción de huevos fue más alto proporcionalmente a la adición de fitasas, efecto atribuido a los beneficios adicionales de la actividad fitásica, sobre todo con energía y proteína.

Un experimento realizado por Acosta *et al.* (14) con 450 FTU/kg sin Pi en gallinas White Leghorn igualó la respuesta al aporte del P que hicieron los fosfatos. Al tiempo, dedujeron que los resultados del metabolismo mineral indicaron la necesidad de suplementar al menos 250 mg/kg/ave día de Pi o con la utilización de 450 FTU, de lo contrario disminuye el P sérico a 3,63 mg, se aumenta la fosfatasa alcalina a 795 UI/L y disminuyen las cenizas en tibia en un 34%. Estos resultados también sugieren que las fitasas garantizan la disponibilidad adicional del P que cubre parte de los requerimientos dietéticos necesarios para un óptimo comportamiento y homeostasis mineral. Hughes *et al.* (35) demostraron que un 0,15% de NPP disminuyó significativamente el desempeño productivo en términos de conversión alimenticia en gallinas White Leghorn (Shaver y Bovan), aunque no se vieron afectados el peso del huevo, su densidad específica, ni el consumo de alimento. Sin embargo, el suplemento con fitasas exógenas corrigió por completo estos síntomas de deficiencia fosfórica y disminuyó la mortalidad de manera significativa.

Otro estudio interesado en el aporte de las fitasas sobre el manejo de excretas, mediante el método isotocoforético capilar evaluó la disponibilidad de P fítico en gallinas Isa Brown de 20 y 47 semanas alimentadas con dietas basadas en maíz y soya, demostrando que las gallinas de 47 semanas tenían mayor disponibilidad del P y menores niveles de excreción de fosforo fítico que las gallinas de 27 semanas de edad (35).

### Estudios *in vitro*

Maenz y Classenl (10) midieron la hidrólisis fitásica *in vitro* con preparaciones de las vesículas del borde ciliado del epitelio del intestino delgado. Los resultados sugieren que la hidrólisis fitásica es catalizada por fosfatasas no específicas tanto en gallinas ponedoras como en pollos de engorde. Asimismo, se evidenció que el pH óptimo para la hidrólisis fitásica está en un rango de 5,5 a 6,5, con un promedio óptimo de 6.

Con respecto a las modificaciones de la temperatura y el pH, al estudiar la actividad fitásica endógena del salvado de centeno en temperaturas de 25 a 75 °C, los investigadores reportaron que esta actividad fue disminuyendo progresivamente según se elevaba la temperatura y que a los 65 °C la actividad enzimática disminuyó de forma significativa hasta un 56% cuando se comparó con temperaturas inferiores, mientras que a los 75 °C la actividad enzimática fue nula. En cuanto al efecto del pH sobre la actividad enzimática del salvado de centeno, los valores más altos se consiguieron en un rango de pH que oscilaba entre 4,6 y 6,2, siendo el pH óptimo de 5,4, cuando se obtuvieron los valores más altos. A pH muy básicos o muy ácidos la actividad fitásica disminuía de forma considerable (26). Adicionalmente, Marounek *et al.* (36) evaluaron *in vitro* la actividad fitásica específica del estómago, mucosa intestinal y ciegos en gallinas de 20 y 47 semanas de edad, y concluyeron que aunque no hubo diferencia de acuerdo con la edad de las gallinas, dicha actividad es más alta en los ciegos y muchísimo menor en el intestino delgado y el estómago, respectivamente.

### Conclusiones

La tendencia de las investigaciones realizadas en los últimos años sobre el uso y eficiencia de las fitasas en la avicultura está generalizada en materia de evaluación de desempeño productivo y aplicación en la mitigación del impacto medioambiental generado por las concentraciones de P en las excretas. La mayoría de ellas, revisadas tanto para pollos de engorde como para gallinas ponedoras en las diferentes líneas genéticas estudiadas y en circunstancias de variables geoambientales y étareas diferentes, coinciden en resultados favorables en ganancia de peso, porcentaje de producción de huevo y disminución de P en las excretas al adicionar fitasas a dietas deficientes en NPP. No obstante, la conversión alimenticia, el peso del huevo y la densidad específica del huevo no presentan relación con la adición de fitasas en las dietas. Con esta revisión se evidenció poca información relacionada con aspectos fisiológicos y no se encontraron investigaciones que expliquen la relación de la actividad fitásica frente al perfil pancreático y la actividad hemodinámica y hormonal en pollos de engorde y gallinas ponedoras.

## Referencias

1. Seller, P. Cowieson, A. Ravindran V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livestock science*. 2009; 124: 126-141.
2. Boling, S. Douglas, M. Johnson, M. Wang, X. Parsons, C. *et al.* The Effects of Dietary Available Phosphorus Levels and Phytase on Performance of Young and Older Laying Hens. *Poultry Science*. 2000; 79:224-230.
3. Rama, R. Reddy R, Ramasubba R. Enhancement of phytate phosphorus availability in the diets of commercial broilers and layers. *Animal feed science and technology*. 1998; 79: 211-222.
4. Alvarado, M. Efecto de la fitasa (Natuphos) sobre la excreción de N y P en pollos de engorde. 2000.
5. Romero-Núñez C. Salas-Ramirez M. García-Contreras A. Mendoza-Martínez G. Plata-Pérez F. *et al.* Efecto de una fitasa en la digestibilidad y actividad de tripsina y quimiotripsina en cerdos destetados. *Archivos de zootecnia*. 2009; 58: 223. 366-369.
6. Ahmad T. Rasool, S. Sarwar, M. Haq, A. Hasan, Z. Effect of microbial phytase produced from a fungus *Aspergillus niger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. *Animal feed science and technology*. 2000; 83: 103-114.
7. Snow, J. Douglas, M. and Parsons C. Phytase Effects on Amino Acid Digestibility in Molted Laying Hens. *Poultry Science*. 2003; 82: 474-477.
8. Maenz D. Enzymatic characteristics of phytases as they relate to their use in animal feeds. *Enzyme in farm animal nutrition*. 2001; 61-63.
9. Yu B. Jan Y. Chung T. Lee T. Chiou P. Exogenous phytase activity in the gastrointestinal tract of broiler chickens. *Animal feed science and technology*. 2004; 117: 295-303.
10. Maenz, D. Classen H. Phytase Activity in the Small Intestinal Brush Border Membrane of the Chicken. *Poultry Science*. 1998; 77: 557-563.
11. Engelen, A. Van Der Heeft, F. Randoft, P. Smith E. Simple and rapid determination of phytase activity. *Journal AOAC int*. 1994; 77: 760-764.
12. Shin S. Ha Nl. Oh B, Oh T. Oh, B -Ha.. Enzyme mechanism and catalytic property of  $\beta$  propeller phytase. *Structure*. 2001; 9: 850-851.
13. National Research Council. Nutrient requirements of poultry. 9<sup>a</sup> ed. Washington, DC: National Academy Press.
14. Acosta A. Lon-wo, E. Cárdenas, M. Almeida M. Comportamiento productivo y metabolismo mineral de gallinas, según la fuente de fósforo y la adición de una enzima fitasa (*Aspergillus ficuum*) en la dieta. *Revista cubana de ciencia agrícola*. 2008; 42: 3. 279-284.
15. Punna, S. Ronald D. Influence of supplemental microbial phytase on first cycle laying hens fed phosphorus deficient diets from day one of age. *Poultry science*. 1999; 78: 1407-1411.
16. Brenes, A. Viveros, A. Arijá, I. Centeno, C. Pizarro, *et al.* The effect of citric acid and microbial phytase on mineral utilization in broiler chicks. *Animal feed Science and Technology*. 2003; 110:201-219.
17. Castro M y Rodríguez F. Levaduras: probióticos y prebióticos que mejoran la producción animal. *Revista Corpoica*. 2005.
18. Rosmini, M., Sequeira. G., Guerrero, L., Marti, L., Dalla, *et al.* Producción de Prebióticos para animales de abasto: importancia del uso de la microbiota intestinal indígena. *Revista mexicana de ingeniería química*. 2004; 3(002): 181-191.
19. Collins, D., Gibson, G. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *Journal Clinical Nutritio*. 1999; 69: 1025S-1027S.
20. Keshavarz, K. Austic R. The Use of Low-Protein, Low-Phosphorus, Amino Acid- and Phytase-Supplemented Diets on Laying Hen Performance and Nitrogen and Phosphorus Excretion. *Poultry science*. 2004; 83: 75-83.
21. Nahm. K. Feed formulation to reduce N excretion and ammonia emission from poultry manure. *Bioresource technology*. 2007; 98: 2288-2300.
22. Starne, D. Padmanhaban, P. Shivendra, S. Effect of P source on growth, P accumulation and activities of phytase and acid phosphatases in two cultivars of annual ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Plant physiology and biochemistry*. 2007; 46: 580-589.
23. Guo, Y. Shi, Y, Li, f. Chen J. Zhen C. Hao C. Effects of sodium gluconate and phytase on performance and bone characteristics in broilers chickens. *Animal feed science and technology*. 2009; 150: 270-282.
24. Augspurger, N. Baker, D. Phytase improve dietary calcium utilization in chicks and oyster shell, carbonate, citrate, and citrate- malate, forms of calcium are equally bioavailable. *Nutrition research*. 2004; 24: 293-301.
25. Godoy, S. Hernández G, Chicco C. Efecto de la suplementación de fitasa microbiana en la utilización de fósforo

- fitico en pollos de engorde alimentados con dietas a base de maíz – soya. *Revista científica*. 2002; 12: 2. 519-523.
26. Viveros a, Arijá I, Centeno C, Brenes A. Efecto de la administración de fitasas de origen vegetal y microbiano sobre la utilización del P en pollos Broiler. *Produccion sanidad animal*. 2002; 17: 1-22.
  27. Juanpere J. Pérez-Vendrell A. brufau J. Effect of microbial phytase on broilers feed barley-based diets in the presence or not of endogenous phytase. *Animal feed science and technology*. 2004; 115: 265-279.
  28. Dozier, W. Kidd M. Corzo A. Owens P. Branton S. live performance and environmental impact of broiler chickens fed diets varying in amino acid and phytase. *Animal feed science and technology*. 2007; 141: 92-103.
  29. Leytem A. Willing B. Tacker P. Phytate and phosphorus excretion by broiler chickens fed diets containing cereal grains varying in phytate and phytase content utilization. *Animal feed science and technology*. 2007; 146: 160-168.
  30. Manangi M. Coon C. Phytate phosphorus hydrolysis in broilers in response to dietary phytase, Calcium and phosphorus concentrations. *Poultry science*. 2008; 87: 1577-1586.
  31. Keshavarz K. Nonphytate Phosphorus Requirement of Laying Hens with and Without Phytase on a Phase Feeding Program. *Poultry science*. 2000; 79:748-763.
  32. Vallardi M. Morales, R. Ávila, E. Efecto de la adición de fitasa como fuente de fósforo, inorgánico en dietas para gallinas de postura. *Tec Pecu mex*. 2002; 40: (2) 181-186.
  33. Berry W. Hess J. Lien R, Roland D. Egg production, fertility and hatchability of breeder hens receiving dietary phytase. *Poultry science association*. *J appl. Poult*. 2003; 12: 264.270.
  34. Silversides F. Hruby M. Feed formulation using phytase in laying hen diets. *Journal appl poultry*. 2009; 18: 15-22.
  35. Hughes A. Dahiya J. Wyatt C. Classen H. The efficacy of quantum phytase in a forty week production trial using white leghorn laying hens fed corn-soybean meal based-diets. *Poultry science*. 2008; 87: 1156-1161.
  36. Marounek M. Skrivan M. Dlouhá G. Brenová N. Availability of phytate phosphorus and endogenous phytase activity in the digestive tract of laying hens 20 and 47 weeks old. *Animal feed science and technology*. 2008; 146: 353-359.