

# USO DE ENZIMAS EN LA NUTRICIÓN DE CERDOS

## Use of enzymes in swine nutrition

**Armando Quintero Moreno**

Facultad de Ciencias Veterinarias  
Universidad del Zulia  
Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

### RESUMEN

La utilización de enzimas en la nutrición de cerdos, puede ser una buena alternativa como aditivo en raciones formuladas con materias primas no tradicionales con el fin de mejorar la digestibilidad de los alimentos e incrementar la productividad de las explotaciones porcinas. El presente estudio tiene como objetivo destacar el modo de acción y la interacción de ciertas enzimas con el sustrato usado en la dieta y revisar los efectos enzimáticos sobre la ganancia de peso y eficiencia en conversión alimenticia en cerdos. Los resultados hasta el presente muestran efectos significativos ( $P < .05$ ) y reportan que la actividad de las enzimas digestivas exógenas en el tracto digestivo se concentra principalmente en la parte anterior del intestino delgado y la respuesta depende de una adecuada formulación de raciones y de la interacción positiva de los preparados enzimáticos con los componentes de la dieta.

**Palabras claves:** Enzimas, nutrición, cerdos.

### ABSTRACT

The use of enzymes in the swine nutrition, may be a good alternative of supplementation in the feed formula with non traditional ingredients, with the purpose of improving digestibility of the feedstuff and increasing the productivity of swines farms. The objectives of this study were to explain the importance of the mode of action, the enzyme-substrate interactions, and to review the effects of enzymes on weight gain (WP) and feed conversion ratio (FCR) in pigs. The results have shown significant effects ( $P < .05$ ) on the WP and FCR in pigs. The reviews show that the activity of the enzymes in the digestive system occurs in the first portion of the small gut and

the response, depends on adequate feed formulation and the positive interaction enzyme-substrate.

**Key words:** Enzymes, nutrition, swine.

### INTRODUCCIÓN

Por mucho tiempo los productores han utilizado una gran variedad de materias primas para la alimentación de cerdos, obteniendo resultados con amplia variación. En años recientes el desarrollo de métodos analíticos para una completa caracterización química de los alimentos han determinado una mejor información de su potencial nutricional.

El uso de algunas materias primas en la alimentación de cerdos está limitado por su alto contenido de fibra, presencia de sustancias tóxicas y baja biodisponibilidad, no alcanzando éstas su potencial nutricional real y en muchos casos causan un rompimiento del equilibrio homeostático del animal.

La industria biotecnológica ha creado un gran número de promotores del crecimiento, tales como las enzimas sintéticas, las cuales usándose adecuadamente de acuerdo a los diferentes rangos de sustrato y la influencia ejercida por la micro-flora entérica, mejoran el valor biológico de las materias primas.

La formulación de ingredientes adicionados con preparaciones enzimáticas incrementan la digestibilidad de las materias primas utilizadas en la ración, por lo tanto, permite al formulador incrementar la gama de ingredientes a utilizar. Más aún, si una materia prima presenta componentes antinutricionales y/o contaminantes ambientales, las enzimas pueden ser utilizadas para asegurar su degradación y el uso por el animal [2]. La clave es seleccionar la enzima adecuada para la materia prima adecuada, fundamentándose el problema en la necesidad de formular dietas, ya que, los cerdos son capaces de consumir muchos tipos de granos y subproductos en sus raciones.

Con el fin de evaluar la factibilidad en el uso de los distintos preparados enzimáticos, se realizó una revisión bibliográfica, para constatar los diferentes mecanismos involucrados en la interacción enzima-sustrato en el tracto gastrointestinal y recolectar las respuestas obtenidas por muchos investigadores en cerdos.

## GENERALIDADES SOBRE ENZIMAS

Las enzimas son catalizadores biológicos constituidas por proteínas y otras sustancias semejantes a las vitaminas y minerales, que hacen posible las diferentes reacciones químicas de los procesos metabólicos, (anabólicos y catabólicos) de la digestión y metabolismo animal. La actividad de la enzima puede ser afectada por el pH y la temperatura, además cada enzima es específica, realiza una sola reacción, lo que debe ser tomado en cuenta cuando se selecciona una enzima para añadirla a la ración animal [30]. Son frecuentemente llamadas los caballos de trabajo de la industria biotecnológica y nunca han sido totalmente explotadas por la industria de alimentos. Mediante la cuidadosa selección de las enzimas se pueden obtener mejoras en la eficiencia alimenticia de cerdos y aves. Adicionalmente, materias primas que de otra forma no podrían ser utilizados por el animal, ahora pueden ser considerados en raciones a bajo costo; un ejemplo de esto es el uso de enzimas para digerir desechos de canales (carcasas) y plumas para uso comercial [9].

Según Jorgensen y Just [17] y, Sutton y col. [29], la acción de las enzimas endógenas en el tracto gastrointestinal es básicamente a nivel del intestino delgado. A pesar de la gran producción de enzimas a nivel de boca y estómago, la degradación de los nutrientes no es tan importante debido al corto período de tiempo que permanece la enzima con el sustrato, además el bajo pH estomacal influye de una manera directa inhibiendo la actividad enzimática [17 y 29]. El lugar de actividad de las enzimas exógenas coincide con el de las endógenas, por lo tanto, la suplementación enzimática es más activa en la parte anterior del intestino delgado; consecuentemente, ellas tienden a sobrevivir a los bajos valores de Ph del estómago donde la degradación microbiana de nutrientes no puede ser realizada [17 y 29].

La degradación microbiana de nutrientes ocurre principalmente en el intestino grueso, donde el sustrato disponible consiste de nutrientes no degradados. Los productos finales de la degradación microbiana son: ácidos grasos volátiles y ácido láctico, que pueden contribuir significativamente al suministro energético. Las pérdidas energéticas de estos productos finales van de 5 a 35% como máximo [30]. Por lo tanto, al utilizar enzimas digestivas exógenas como suplemento alimenticio la eficiencia energética debería mejorar.

## UTILIDAD DE LAS ENZIMAS COMO SUPLEMENTO EN LA RACIÓN

El uso de enzimas digestivas exógenas a la ración alimenticia se justifica cuando la capacidad de digestión del animal es limitada, como es el caso de los animales jóvenes, enfermos o bajo estrés; en los altos niveles de producción, donde la inclusión de enzimas digestivas a la ración de los animales puede mejorar el uso del alimento y el rendimiento animal y, cuando existe carencia de una enzima específica para la digestión de un nutriente [30].

La disponibilidad de fósforo en la mayoría de los ingredientes utilizados para la alimentación animal de origen vegetal es bastante baja para los cerdos y monogástricos en general. Una de las razones es que gran parte del fósforo existente en estos ingredientes está contenido como ácido fítico, por lo que esta mezcla no es digerida por las enzimas endógenas de los animales monogástricos [2 y 24]. El ácido fítico (ácido inositol-hexafosfórico) consiste en una cadena de seis carbono-inositol con seis grupos de fosfato hidrolizados por la enzima fitasa, que es producida por variedades de microorganismos [24].

En el trópico, existe una gran variedad de materias primas provenientes de leguminosas tropicales que a pesar de su bajo costo no se utilizan, debido a su baja digestibilidad. Su uso trae como consecuencia conversión alimenticia pobre y, baja productividad de la granja. Las enzimas digestivas podrían ser utilizadas como alternativa de suplementación para mejorar el aprovechamiento de estas materias primas.

## INTERACCIÓN ENZIMA-SUSTRATO

A pesar de que Classen y col. [6] observaron resultados positivos en la interacción enzima-sustrato como estimulante del crecimiento, otros resultados han sido contradictorios, probablemente debido al uso de la enzima en forma o niveles inapropiados.

El uso de enzimas exógenas para hidrolizar polisacáridos no almidones en lechones fue utilizado inicialmente en dietas a base de cebada para pollos de engorde [9 y 33]. Investigadores han reafirmado y difundido los excelentes resultados al añadir enzimas apropiadas a raciones que contengan cebada; todos estos datos son tomados de un gran número de países [1, 4, 12, 13, 16, 20 y 31].

La mayoría de los investigadores han concentrado sus estudios en base a glucan y pentosan, los cuales son tóxicos y muy abundantes en los cereales. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que la suplementación con enzimas apropiadas mejoran significativamente el valor nutritivo del salvado de trigo [21], trigo [11], maíz [28] y soya [22]; reduciendo los desórdenes digestivos.

La avena y cebada contienen relativamente altos niveles de  $\beta$ -glucan, por lo tanto, la adición de  $\beta$ -glucanasa mejora los valores nutricionales de estas materias primas [4, 5, 7 y 27]. Es también conocido que la mayoría de los rendimientos demostrados por el uso de enzimas glucanasas y pentosanases es debido a la hidrólisis completa de las moléculas o sustratos donde actúan las enzimas con la posterior absorción de monosacáridos [3 y 31].

La enzima pentosanasa mejora el valor nutritivo del arroz, trigo y triticale [25 y 26]. El efecto destructivo del pentosan contenido en el trigo y triticale es marcadamente más bajo que en arroz y probablemente refleja el nivel y solubilidad del pentosan en la pared celular [25 y 26].

En los cerdos recién destetados la digestión de almidones es ineficiente debido a que la actividad amilolítica de los cerdos es muy baja. Similar comportamiento ocurre con la maltasa [8]; por lo tanto, la producción enzimática en esta edad es insuficiente, trayendo como consecuencia, la inhabilidad de los cerdos a responder de una manera rápida a los cambios de sustrato dentro de la dieta, sin embargo, el sistema digestivo de los cerdos se adapta precozmente [18].

Rerat y Aumaitre, (1966); citado por Williams [32], comprobaron que la actividad aminolítica de los lechones se desarrolla 5 días después del destete. Estos resultados sugieren que el período en el cual ocurre el desarrollo de la actividad enzimática del cerdo es insuficiente para que ocurra la interacción de la enzima-sustrato, por lo tanto, la suplementación con amilasa y proteasa en la dieta podría ser beneficiosa durante este período.

## RESPUESTAS AL USO DE ENZIMAS EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS

Enzimas utilizadas como suplementos alimenticios para cerdos han reportado resultados positivos en infinidad de situaciones. La mayoría de estos estudios han sido hechos con lechones recién destetados, obteniéndose resultados favorables al añadir enzimas exógenas a la dieta, las cuales decrecen con la edad del animal. Esto se debe al incremento de la capacidad digestiva del cerdo, con una mayor producción enzimática, además de una mayor degradación microbiana en el tracto intestinal; no obstante, la suplementación enzimática de cerdos en crecimiento y engorde pueden dar respuestas favorables [15].

Newman y col. [23], comprobaron la efectividad de la suplementación enzimática en la alimentación de cerdos, al mejorar la ganancia de peso y la eficiencia en conversión alimenticia en animales alimentados con dietas a base de cebada.

En un ensayo realizado por Jeroch y col. [16], basado en dietas de trigo, maíz y soya, alimentando cerdos de 11 a 25 kg, TABLA I; la inclusión de enzimas mejoró la ganancia de peso (con enzima= 458.0, control= 411.0 g/día) y eficiencia en

TABLA I

### EFFECTO DE LAS ENZIMAS SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y SOBRE LA NECESIDAD DE APLICAR TERAPIA ANTIBIÓTICA EN CERDOS ALIMENTADOS CON DIETAS A BASE DE TRIGO, SOYA, CEBADA Y MAÍZ

Variable	Control	Con enzimas <sup>1</sup>
Peso inicial (kg)	11.1	10.7
Peso final (kg)	25.0	25.2
Días en el ensayo	34.5	31.7
Ganancia diaria de peso (g)	411.0	458.0
Consumo de alimento (g/día)	739.0	720.0
Conversión alimenticia (g. consumido/g. ganado)	1.81 <sup>a</sup>	1.56 <sup>b</sup>
Tratados con antibióticos	26	11

1 Preparados enzimáticos

(a,b) Medias en la misma hilera seguidas por letras distintas son significativamente diferentes (P < .05).

conversión alimenticia (con enzima= 1.56, control= 1.81), reduciendo las diarreas y la necesidad de terapia antibiótica.

Lyons [19], suplementando con un complejo multienzimático añadido a raciones dirigidas a lechones desde el primer hasta el 15º día post-destete, TABLA II, encontró mejoras significativas (P < .05) en cuanto a ganancia de peso (con enzima= 270.09, control= 224.52 g/día) y eficiencia en conversión alimenticia (con enzima= 1.19, control= 1.27), además de comprobar que la inversión en la adquisición del producto fue rentable cuando se hizo una relación costo-beneficio.

Graham y col. [11], comprobaron que usando la enzima  $\beta$ -glucanasa y xylanasa como aditivos de la ración, la digestibilidad ileal del almidón fue de 92.0 y 94.9% y la proteína cruda de 64.5 y 70.1% para animales no tratados y tratados respectivamente. La digestibilidad fecal aparente, la retención de nitrógeno y la energía digestible y metabolizable no fueron afectadas. De la misma manera, Graham y col. [10], demostraron que la suplementación con  $\beta$ -glucanasa en raciones que contenían cebada, incrementó la digestibilidad ileal de la mezcla usada, de 95.7 a 97.1% (P < .03) y la digestibilidad aparente de todos los polisacáridos no almidones fue mayor entre el íleon y las heces, así como una disminución en la concentración de lignina. El autor establece que la suplementación con  $\beta$ -glucanasa ayuda al rompimiento de la célula endospermica de la cebada, lo que libera nutrientes encapsulados dentro de las paredes celulares, produciendo una mayor digestibilidad del nutriente y mejora en la eficiencia en la conversión alimenticia.

Newman y col. [23], observaron que cerdos en crecimiento responden mejor a la suplementación con  $\beta$ -glucanasa que los de engorde, debido, a que la edad del cerdo parece al-

TABLA II

**EFFECTO DE LAS ENZIMAS DIGESTIVAS EXÓGENAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE LECHONES DEL DÍA 1 AL 15 DESPUÉS DEL DESTETE**

Variable	Control	Con enzimas <sup>1</sup>	Cambio (%)
No. de lechones	64	64	
Peso inicial (kg)	8.56	8.56	
Peso final (kg)	12.00	12.70	+5.83
Ganancia diaria de peso (g)	224.52	270.09	+20.30
Consumo de alimento (g/día)	311.94	321.43	+3.04
Conversión alimenticia (g. consumido/g. ganado)	1.27	1.19	-6.30

<sup>1</sup> Complejo enzimático.

terar el efecto de la actividad de la  $\beta$ -glucanasa [15]. La aparente digestibilidad ileal fue reportada en un 68% en cerdos de 30 a 50 kg de peso vivo y aproximadamente 80% en cerdos que están sobre los 58 kg de peso vivo. La suplementación de una mezcla de  $\beta$ -glucanasa y  $\alpha$ -amilasa a cerdos desde las dos hasta las cinco semanas de edad mejoró la ganancia diaria de peso y la eficiencia en conversión alimenticia en 10.9 y 13.1%, respectivamente (Inberr y Ogle, 1988; citado por Williams) [32].

Simmons y col. (1990); citado por Cantor y Perney [2], han demostrado incrementos de la digestibilidad de Fósforo del 20 al 46% con la adición de fitasa microbiana a dietas de Maíz/Soya para cerdos. Se ha reportado que el incremento en la degradación del ácido fítico tiene lugar principalmente en el estómago. Igualmente se ha mostrado en cerdos jóvenes (peso vivo de 10 a 30 kilos) que la ingesta de alimento y la tasa de crecimiento fueron aumentados por la adición de fitasa microbiana, al igual que aumentó la digestibilidad del fósforo en un 20% y la mejor utilización de otros minerales, tales como calcio, magnesio, hierro y zinc.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Burnett, G.S. Studies on viscosity as the probable factor involved in the improvement of certain barleys for chickens by enzyme supplementation. *Br. Poul. Sci.* 7: 55-76. 1966.
- [2] Cantor, A.H. y Perney, K.M. Experimentos con dietas para aves de corral y consecuencias para el futuro. En: Ronda Latinoamericana en Biotecnología. pp 1-10. Publicaciones Técnicas de Alltech. Sidelac. Maracaibo-Venezuela. 1992.
- [3] Chesson, A. Supplementary enzymes to improve the utilization of pig and poultry diets. In: *Recent Advances in Animal Nutrition*, p. 71, eds. W. Haresing and D.J.A. Cole, (Butterworths: London). 1987.
- [4] Classen, H.L.; Campbell, G.L.; Rosnagel, B.G.; Bhatti, R.S. and Reichert, R.D. Studies on the use of hullless barleys in chicks diets: deleterious effects and methods of alleviation. *Can. K. Ani. Sci.* 65: 725-733. 1985.
- [5] Classen, H.L.; Campbell, G.L. and GrootWasink, J.W.D. Improved feeding value of Saskatchewan grown barley for broiler chicks with dietary enzyme supplementation. *Can. J. Anim. Sci.* 68: 1253-1259. 1988.
- [6] Classen, H.L.; Graham, H.; Inberr, J. and Bedford, M.R. Growing interest in feed enzymes to lead to new products. In: *Nutrition and Health. Feedstuffs*. January, 28. 1991.
- [7] Edney, M.J.; Campbell, G.L. and Classen, H.L. The effect of beta-glucanase supplementation on nutrient digestibility and growth in broilers given diets containing barley, oat groats and wheat. *Ani. Feed. Sci. Technol.* 25: 193-200.1989.
- [8] Fowler, V.R. The Nutrition of the piglet. In: *Recent developments in pig nutrition*. (D.J.A. Cole and W. Haresing, pp. 222-229, Butterworths, London). 1985.
- [9] Fry, R.E.; Allred, J.B.; Jensen, L.S. and McGinnis, J. Influence of enzyme supplementation and water treatment on the nutritional value of different grains for poults. *Poult. Sci.* 37: 372-375. 1958.
- [10] Graham, H.; Fadel, J.G.; Newman, C.W. and Newman, R.K. Effect of Pelleting and beta-glucanase supplementation on the ileal and fecal digestibility of a barley-based diet in the pig. *J. Ani. Sci.* 1293-1298. 1989.

- [11] Graham, H.; Lowgren, W.; Pattersson, D. and Aman, P. Effect of enzyme supplementation on digestion of a barley/pollards-based diet in the pig. *Nutr. Rep. Inter.* 38: 1073-1079. 1988.
- [12] Hesselman, K.; Elwinger, K.; Nilsson, M. and Thonke, S. The effect of beta-glucanase supplementation, stage of ripeness and storage treatment of barley in diets fed to broiler chicks. *Poult. Sci.* 60: 2664-2671. 1981.
- [13] Hesselman, K.; and Aman, P. The effect of beta-glucanase on the utilization of starch and nitrogen by broiler chicks fed on barley of low or high viscosity. *Ani. Feed. Sci. Technol.* 15: 83-93. 1986.
- [14] Inbarr, J. Use of supplementary enzymes in pig nutrition. 25th Annual Conference for Feed Manufacturers. University of Guelph. 1989.
- [15] Inbarr, J. Practical application of feed enzymes. *Feed Compounder*, 10:41-49. 1990.
- [16] Jeroch, H.; Aboud, M.; Engerer, K.H. and Gebhardt, G. Verbesserung der Futterqualität Gerstereicher Broilermast Mischungen Durch Enzymzusätze. *Arch. Anim. Nutri., Berlin*, 38:399-423. 1988. In: CAB Abstracts, 1987-1989.
- [17] Jorgensen, H. and Just, A. Effect of different dietary components on site of absorption/site of disappearance of nutrients. Proc. 4th. Symp. on "Digestive Physiology in the pig". Jablonna, 230-239. 1988.
- [18] Lindemann, M.D.; Cornelius, S.G.; El Kandelgy, S.M.; Moser, R.L. and Pettigrew, J.E. Effect of age, weaning and diet on digestive enzyme levels in the piglet. *J. Ani. Sci.* 62: 1298-1307. 1986.
- [19] Lyons, T.P. La Estrategia para el futuro: El papel de la Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal. Ronda Latinoamericana de Biotecnología. Sep. 8-18. p. 47-49. 1992.
- [20] Mannion, P.F. Enzymes supplementation of barley based broiler diets for broiler chickens. *Aust. J. Exp. Agric. Husb.* 21: 296-302. 1981.
- [21] Nahm, K.H. and Carlson, C.W. Effects of cellulasa from *trichoderma viride* on nutrient utilization by broilers. *Poult. Sci.* 64: 1536-1540. 1985.
- [22] Nasi, M. Proc. Symposium on Biotechnology in the feed industry. Nicholasville, Ky. pp. 199-203. 1988.
- [23] Newman, C.W.; Eslick, R.F. and El Neugoumy, A.M. Bacterial diastase effect on the feed value of two hullless barleys for pigs. *Nutr. Rep. Int.* 28: 139. 1983.
- [24] Newman, K. Phytase: The enzyme, its origen and characteristics: impact and potential for increasing phosphorus availability. In: *Biotechnology in the Feed Industry. Proc. of Alltech's Seventh Annual Symposium.* T.P. Lyons, Ed. Alltech Technical Publications. Nicholasville, KY. pp. 169-177. 1991.
- [25] Pattersson, D. and Aman, P. Effects of enzyme supplementation of diets based on wheat, rye or triticale on their productive value of broiler chickens. *Ani. Feed. Sci. Technol.* 20: 313-324. 1988.
- [26] Pattersson, D. and Aman, P. Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. *Brit. J. Nutr.* 62: 139-149. 1989.
- [27] Salmon, R.E.; Stevens, V.I.; Classen, H.L. and Campbell, G.L. Enzyme supplementation in diets for growing turkeys. *Proceedings of the Pacific Northwest Animal Nutrition Conf. (Vancouver, Canadá)*. p. 1-11. 1986.
- [28] Suga, Y.; Kawai, M.; Noguchi, S.; Shimura, G. and Somejima, H. Aplications of cellulolytic and plant macerating enzyme of *irpex lacteus* fr. as a feed aditive enzyme. *Agric. Biol. Chem.* 42: 347-350. 1978.
- [29] Sutton, A.L.; Mathew, A.G.; Scheidt, A.B.; Patterson, J.A. and Kelley, G.T. Effects of carbohydrate sources and organic acids on intestinal microflora and performance of the weaning pic. Proc. 5th Symposium o Digestive Physiology in the pig. Wageningen, 422-427. 1992.
- [30] Wenk, C. Enzymes in the nutrition of growing pigs. In *Pork Talk 2000*. Vol. 3. pp. 22-36. Profiting in Tough Times. 1992.
- [31] White, B. W.; Bird, H.R.; Sunde, M.L. and Marlett, J.A. Viscosity beta-glucan as a factor in the enzymatic improvement of barley for chicks. *Poult. Sci.* 62: 853. 1983.
- [32] Williams, P.E.V. New developments in nutritions for growth enhancement. *Pig Veterinary Journal*. Vol. 27, p. 75-91. 1991.
- [33] Willingham, H.E.; Jensen, L.S. and McGinnis, J. Studies on the role of the enzyme supplements and water treatment for improving the nutritional value of barley. *Poul. Sci.* 38: 539-544. 1959.
- [34] Zhu, J.Q.; Fowler, V.R. and Fuller, M.F. Digestion of unmolassed sugar-beet pulp in young growing pigs and implication for the growth-supporting values of fermented energy. *Animal Production* 50, 531-539. 1990.



**UNIVERSIDAD DEL ZULIA  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS  
DIVISION DE POST-GRADO**



**Cursos 1995**

Actualización en el Diagnóstico de Erlichiosis Humana  
**16 y 17 de junio**

Jornadas de Producción y Patología Bovina  
**30 de junio y 1º de julio**

Diagnóstico, Clínica y Tratamiento de las Hemoparasitosis  
**14 y 15 de julio**

Inicio del Programa de Especialización y Maestría en Medicina Veterinaria Preventiva  
**4 de septiembre**

Seminario Internacional de Brucelosis y Leptospirosis Bovina  
**28 y 29 de septiembre**

III Curso Internacional de Actualización en Producción. Patología Porcina  
**27 y 28 de octubre**

Curso Internacional sobre Ganadería de Doble Propósito  
**9 al 11 de noviembre**