

Utilización de Zeolita en la Alimentación de Cerdos para Abasto

Bulmaro Méndez Argüello^{1*}, Ramiro López Trujillo¹, Roberto García Elizondo², Eduardo García Martínez¹, Fernando Ruiz Zarate²

¹Departamento de Nutrición y Alimentos, ²Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315, Saltillo, Coah., México. E-mail: mendez_arguello@hotmail.com (*Autor responsable).

Abstract

Use of Zeolite in Diets of Swine for Slaughter. An experiment was conducted to evaluate the effect of addition of three levels of clinoptilolite -zeolite type- in the diet of pigs in a feeding program designed in three stages, based on productive behavior and metabolic profiles. A group of 42 pigs was selected: 24 barrows and 18 females of the commercial crossbred Yorkshire, Hampshire and Landrace with a live weight between 13 and 99 kg. The treatments were designed according to the combination of factor levels: Production stage (initiation, growth, completion) and Level of inclusion of zeolite in the diet (0, 2, 4%). An experimental randomized block design was applied. The experiment lasted 114 days and was held at the Granja Porcina (pig farm) of the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), located in Saltillo, Coah., Mexico. There were no differences ($P > 0.05$) for Weight gain, but differences showed up for Consumption and Feed conversion ($P < 0.05$). Zeolite at 4% increased Consumption, but reduced Feed efficiency, while at 2% improved Feed conversion without increasing Food intake. The glucose concentration in serum increased in the growing and finishing stages, but remained constant at initiation ($P < 0.05$). The concentration of urea and creatinine decreased in all three stages of production ($P < 0.05$). The total protein had a tendency to decrease in the initiation, and rise in growth and completion ($P < 0.05$). Cholesterol and minerals were not affected ($P > 0.05$). It may be concluded that the addition of zeolite in the diet neither improves weight gain, nor affects the metabolism of minerals and fat, but it does affect the feed intake, feed conversion, and enzymatic processes involved in the metabolism of carbohydrates and proteins.

Keywords: swine diets, nutrition, behavior, weight gain, metabolites, minerals.

Resumen

Se realizó un experimento con el objetivo de evaluar el efecto de la incorporación de tres niveles de zeolita tipo clinoptilolita a la dieta de cerdos en un programa de alimentación de tres etapas, en base a su comportamiento productivo y perfiles metabólicos. Se utilizaron 42 cerdos: 24 machos castrados y 18 hembras de cruza tipo comercial Yorkshire, Hampshire y Landrace de 13 a 99 kg de peso vivo. Los tratamientos se diseñaron de acuerdo a la combinación de niveles de los factores: etapa de producción (inicio, crecimiento, finalización) y nivel de inclusión de zeolita en la dieta (0, 2, 4 %). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. El experimento tuvo una duración de 114 días y se realizó en la Granja Porcina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), localizada en Saltillo, Coah., México. No se encontraron diferencias ($P > 0.05$) para Ganancia de peso, pero si para Consumo y Conversión alimenticia ($P < 0.05$). La zeolita al 4 % incrementó el consumo, pero redujo la Eficiencia alimenticia, en tanto que al 2 % mejoró la Conversión alimenticia sin aumentar el consumo de alimento. La concentración de glucosa en suero aumentó en las etapas de crecimiento y finalización, pero se mantuvo constante en iniciación ($P < 0.05$). La concentración de urea y creatinina disminuyó en las tres etapas de producción ($P < 0.05$). Las proteínas totales tuvieron una tendencia a disminuir en la iniciación y a elevarse en crecimiento y finalización ($P < 0.05$). El colesterol y los minerales no fueron afectados ($P > 0.05$). Se concluye que la adición de zeolita en la dieta no mejora el aumento de peso, ni afecta el metabolismo de minerales y grasas, pero si al consumo de alimento, la conversión alimenticia y los procesos enzimáticos involucrados con el metabolismo de carbohidratos y proteínas.

Palabras clave: Dietas para cerdos, alimentación, comportamiento, aumento de peso, metabolitos, minerales.

Introducción

En la producción porcina la alimentación es la actividad que genera mayor gasto, ya que representa alrededor del 55 % en el sistema tecnificado, y el 62 % en el semitecnificado (SAGARPA, 2006). La búsqueda de alternativas para disminuir éstos costos ha conducido a utilizar aditivos no nutricionales que mejoren el comportamiento productivo. La inclusión en la dieta de agentes antimicrobianos, enzimas, agentes enmascarantes, antioxidantes, absorbentes y agentes de control de olor es una práctica común (NRC, 1998). Las zeolitas son aluminosilicatos hidratados altamente cristalinos, formados principalmente por hidrógeno, oxígeno, aluminio y silicio, que poseen infinitas estructuras tridimensionales (poros) que le dan la capacidad de ganar y perder agua reversiblemente y de intercambiar algunos cationes constituyentes (Mumpton, 1999); se les atribuyen propiedades para mejorar la productividad de los animales cuando son mezcladas con el alimento, y se han aplicado en experimentos de nutrición de cerdos con resultados satisfactorios. Se afirma que las zeolitas mejoran los procesos enzimáticos involucrados en el metabolismo de proteínas, carbohidratos y grasas (Malagutti *et al.*, 2002; Alexopoulos *et al.*, 2007).

Diversos estudios señalan que la adición de zeolita a las dietas de cerdos mejora el aumento de peso, el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la calidad de la carne; reduce la mortalidad y aumenta la resistencia a enfermedades. Además mejora las funciones en el tracto digestivo de los animales (Hossain *et al.*, 1995; Kim *et al.*, 2005; Meléndez y Rodríguez, 2005). Las zeolitas secuestran toxinas, tanto en los alimentos como en el aparato digestivo de los animales, lo que permite disminuir la mortalidad por intoxicación por micotoxinas (Ramos *et al.*, 1996; Ramos y Hernández, 1997). Estos resultados hacen de este aluminosilicato una alternativa esperanzadora, porque mejora el comportamiento productivo y permite una mayor eficiencia alimenticia de las dietas de menor calidad.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la incorporación de tres niveles de zeolita (0, 2 y 4 %) tipo clinoptilolita en dietas de cerdos de 13 a 99 kg de peso vivo (PV) en un programa de alimentación de tres etapas, en base a su comportamiento productivo (aumento de peso, consumo y conversión alimenticia) y perfiles metabólicos.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la Granja Porcina y en los laboratorios de Nutrición y Alimentos, Reproducción Animal y Fitomejoramiento de la UAAAN en Saltillo, Coah., México.

Las unidades experimentales consistieron de cerdos en tres etapas de producción: iniciación, crecimiento y finalización. Estas etapas estuvieron determinadas por el tipo de dieta (20.5, 17.3 y 15.5 % de proteína cruda respectivamente) y por el peso de los animales. Se utilizaron 42 cerdos (24 machos castrados y 18 hembras) de cruza tipo comercial: Yorkshire, Hampshire y Landrace con un peso promedio inicial de 13 kg para la etapa de iniciación, 25 kg para la de crecimiento y 56 kg para la de finalización que concluyó con un peso promedio de 99 kg. Se evaluaron las siguientes variables: Consumo de alimento en base a materia seca (MS), Incremento de peso, Conversión alimenticia, Concentración de glucosa en suero sanguíneo, Urea, Creatinina, Colesterol, Proteínas totales, Calcio, Fósforo y Magnesio.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con submuestreos para el análisis estadístico del incremento de peso y determinación de metabolitos, y minerales, en tanto que para consumo y conversión alimenticia se utilizó el modelo de bloques al azar. Los animales se distribuyeron en nueve corraletas bloqueando por época de nacimiento, sexo, tipo racial y balanceado por peso inicial.

El experimento duró 114 días más cinco días de adaptación al manejo y a la dieta. Los animales fueron desparasitados y vitaminados antes de iniciar la prueba; se pesaron al inicio y al final de cada etapa. El alimento incluyó maíz o sorgo y soya como ingredientes base y se ofreció a libre acceso. La mezcla de zeolita y la dieta se hizo con la ayuda de palas. El consumo diario de alimento se calculó por la diferencia entre el alimento ofrecido y el rechazado, dividida entre el número de animales y días de la etapa.

Resultados y Discusión

Comportamiento Productivo

La ganancia de peso, el consumo de materia seca (MS) y la conversión alimenticia de los cerdos se muestran en el Cuadro 1. La inclusión de zeolita en la dieta no tuvo efecto sobre el incremento de peso ($P>0.05$). Sin embargo, se observó un aumento en el consumo de MS en animales que recibieron 4 % de zeolita en comparación con el testigo. Los cerdos que recibieron 2 % de zeolita mostraron consumos similares al testigo. Se encontró mayor eficiencia de conversión alimenticia con la adición de 2 % y menor con 4 % de zeolita ($P>0.05$).

Alexopoulos *et al.* (2007) y Prvulovic *et al.* (2007) señalan que el tipo de zeolita, pureza, especie y tamaño de partícula junto con la fase de crecimiento de los animales y las condiciones ambientales influyen para que se obtengan, o no, efectos favorables. La humedad en las

corraletas y el poco tiempo de adaptación de los animales a la dieta sólida de iniciación pudieron haber influido en los resultados de éste estudio. En un experimento reportado por Prvulovic *et al.* (2007), en se donde probaron dos niveles de clinoptilolita (0 y 5 %) en un programa de alimentación de tres fases, encontraron efectos positivos sólo en la etapa de crecimiento; en finalización la zeolita afectó negativamente el incremento de peso.

Cuadro 1. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita en tres etapas de producción.

Etapa	Zeolita (%)			P > F
	0	2	4	
	Incremento de peso (kg d ⁻¹)			
Inicio	0.547	0.575	0.542	
Crecimiento	0.672	0.629	0.640	
Finalización	1.000	1.030	0.968	
Total	0.738 ^a	0.743 ^a	0.716 ^a	0.705
	Consumo MS (kg d ⁻¹)			
Inicio	1.222	1.166	1.340	
Crecimiento	2.319	2.167	2.357	
Finalización	3.599	3.669	3.903	
Total	2.380 ^a	2.333 ^a	2.533 ^b	0.003*
	Conversión alimenticia			
Inicio	2.245	2.056	2.474	
Crecimiento	3.438	3.441	3.699	
Finalización	3.650	3.589	4.036	
Total	3.110 ^{ab}	3.028 ^a	3.403 ^b	0.018*

^{a,b}Valores con igual literal dentro de hilera, son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

Shurson *et al.* (1984) al probar cuatro niveles de zeolita (0, 1, 3 y 5 %) en tres etapas de producción no encontraron efectos significativos en ninguna de las etapas. De igual manera, Tiwari (2007) al trabajar con 0 y 4 % de zeolita no encontró diferencia significativa. Por otra parte, Defang y Nikishov (2009) reportan un alto incremento de peso con 4 % de zeolita en las etapas de crecimiento y finalización, pero no en iniciación. Los efectos benéficos de la zeolita se han atribuido a su intervención en los mecanismos relacionados con la remoción y adsorción de componentes nocivos derivados de la actividad microbiana, específicamente del amoníaco y la reducción de la velocidad de paso del alimento en el intestino, lo cual incrementa la actividad microbiana, dando como resultado una mejor utilización de los nutrientes, sobre todo del N.

Los consumos de materia seca obtenidos en éste estudio son ligeramente superiores a los reportados por NRC

(1998). El mayor consumo de alimento en los tratamientos con zeolita se deben a que hay una dilución de la dieta cuando se añade este mineral (Malagutti *et al.*, 2002). Shurson *et al.* (1984) observaron que en la etapa de finalización los cerdos elevaron el índice de conversión con 5 % de zeolita. Leung (2004) al trabajar con cerdos de la fase de inicio a finalización con niveles de 0, 2, 4 y 6 % de zeolita no encontró efecto significativo en conversión alimenticia, pero si observó una tendencia a incrementar el consumo de alimento cuando se añade zeolita. Alexopoulos *et al.* (2007) observaron incremento en el consumo al incluir 2 % de zeolita en la dieta. Meléndez y Rodríguez (2005) reportan un estudio con cerdos de 18 kg de peso PV inicial, en el que suplementaron 0, 2, 4 y 6 % de zeolita en la dieta; encontraron que la inclusión de 2 y 4 % de zeolita aumenta el consumo de materia seca y disminuye la eficiencia en la conversión alimenticia de los cerdos, sin embargo con dietas con 6 % de este mineral, se logra una mejor eficiencia de conversión alimenticia.

Castro e Iglesias (1989) obtuvieron efectos positivos en cerdos alimentados con dietas enriquecidas con 3 y 6 % de zeolitas. Castro y Mas (1989) sugieren emplear 3 % de zeolita en la dieta. Poulsen y Oksbjerg, (1995) y Trckova *et al.* (2009) señalan que la adición de zeolita aumenta la materia mineral en la dieta y reduce el coeficiente de digestibilidad de la materia seca, lo que ocasiona que los cerdos no compensen el consumo y la eficiencia de conversión y el crecimiento se reduzcan.

Perfil Bioquímico

La concentración de los metabolitos en suero sanguíneo de los animales experimentales (Cuadro 2) se encuentran dentro de los límites normales (Merck, 2000). Sin embargo, en el análisis estadístico de los mismos se encontró que la concentración de glucosa, urea, creatinina y proteínas totales fue afectada por el nivel de zeolita en la dieta.

Los niveles de glucosa no se alteraron con la adición de zeolita en la etapa de iniciación, pero en crecimiento y finalización aumentó su concentración, principalmente en los cerdos de finalización ($P < 0.05$).

La concentración de urea disminuyó en las etapas de iniciación y finalización con la adición de zeolita; pero en la etapa de crecimiento se observó una tendencia a aumentar. Las proteínas totales mostraron una disminución en la etapa de iniciación y un aumento en las etapas de crecimiento y finalización. La concentración de creatinina disminuyó ($P < 0.05$) con la adición de zeolita. Por otro lado, no se encontró diferencia ($P > 0.05$) en la interacción. El colesterol y los minerales: calcio, fósforo y magnesio no mostraron diferencia ($P > 0.05$) para los factores etapa de crecimiento y nivel de zeolita

ni en su interacción (Cuadro 3).

Cuadro 2. Concentración de metabolitos en suero sanguíneo de cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita en tres etapas de producción.

Etapa	Zeolita (%)			P > F
	0	2	4	
Glucosa (mg dL ⁻¹)				
Inicio	60.41	57.74	59.20	
Crecimiento	48.44	58.81	61.27	
Finalización	60.22	89.74	92.85	
Total	56.35 ^b	69.07 ^a	70.82 ^a	0.001*
Urea (mg dL ⁻¹)				
Inicio	14.55	14.31	12.49	
Crecimiento	11.40	12.06	12.98	
Finalización	16.85	8.94	10.26	
Total	14.27 ^b	11.76 ^a	11.94 ^a	0.026*
Creatinina (mg dL ⁻¹)				
Inicio	2.98	2.52	2.06	
Crecimiento	1.78	1.34	1.25	
Finalización	1.38	1.05	1.31	
Total	2.05 ^b	1.65 ^a	1.53 ^a	0.001*
Proteínas totales (mg dL ⁻¹)				
Inicio	6.94	6.10	6.18	
Finalización	4.47	6.68	6.24	
Total	5.61 ^b	6.42 ^a	6.18 ^a	0.001*
Colesterol (mg dL ⁻¹)				
Inicio	105.77	96.55	94.47	
Crecimiento	91.63	106.99	105.13	
Finalización	73.95	86.66	84.83	
Total	90.45 ^a	96.41 ^a	95.11 ^a	0.288

^{a,b}Valores con igual literal dentro de hilera son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

Shurson *et al.* (1984), Malagutti *et al.* (2002) y Alexopoulos *et al.* (2007) señalan que la reducción en la concentración de urea y creatinina en sangre se debe a que la zeolita tiene una alta afinidad por los iones de amonio, es decir, posee una alta capacidad de capturar iones de amonio producidos en la desaminación de las proteínas de la dieta durante el proceso digestivo, impidiendo así su absorción e incrementando la actividad microbiana, dando como resultado una mejor utilización de los nutrientes especialmente del N. Una mejora significativa en la retención de N en cerdos de 12 a 35 kg de PV alimentados con una dieta comercial diluida con 2 % de zeolita ha sido señalada por Parisini *et al.* (1999). En el mismo sentido, Poulsen y Oksbjerg (1995) señalan que la inclusión de zeolita en la dieta de cerdos aumenta la excreción de nitrógeno en las heces y la reduce a nivel

urinario. Tanto Shurson *et al.* (1984) como Uygongco y Bundy (1999) mostraron que hay una reducción del 7 % en la emisión de nitrógeno en la orina como efecto de la dilución de la dieta con 2 % de zeolita.

Cuadro 3. Concentración de minerales en suero sanguíneo de cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita en tres etapas de producción.

Etapa	Zeolita (%)			P > F
	0	2	4	
Calcio (mg dL ⁻¹)				
Inicio	5.98	6.50	6.31	
Crecimiento	6.71	6.92	6.67	
Finalización	6.43	7.66	6.74	
Total	6.37 ^a	7.03 ^a	6.58 ^a	0.108
Fósforo (mg dL ⁻¹)				
Inicio	8.26	7.88	8.59	
Crecimiento	7.62	8.14	8.13	
Finalización	7.32	8.00	8.64	
Total	7.74 ^a	8.00 ^a	8.45 ^a	0.311
Magnesio (mg dL ⁻¹)				
Inicio	1.81	1.81	1.75	
Crecimiento	1.79	1.81	1.86	
Finalización	1.70	1.93	1.82	
Total	1.77 ^a	1.85 ^a	1.81 ^a	0.847

^{a,b}Valores con igual literal dentro de hilera son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

Respecto a la glucosa Nestorov (1984) reportó que, con la inclusión de 4 % de zeolita en la dieta de cerdos en crecimiento, se incrementa su concentración; también indicó que al observar las células epiteliales del intestino delgado presentaron un alto desarrollo del aparato de Golgi y una actividad de pinositosis (proceso biológico que permite a determinadas células obtener líquidos orgánicos del exterior para ingresar nutrientes como azúcares y proteínas) bien marcada. Señala que estos cambios pueden estar relacionados con una mayor absorción de nutrientes por parte de la zeolita. Alexopoulos *et al.* (2007) indican que los incrementos son más marcados en las etapas de crecimiento y finalización, y quizás se debe, principalmente, a la mejora gradual en la utilización de los carbohidratos de la dieta con la edad debido a la maduración correcta de los sistemas enzimáticos de la mucosa duodenal y el páncreas. Sin embargo, Prvulovic *et al.* (2007) no encontraron diferencia significativa en ninguno de los metabolitos al adicionar zeolita a la dieta.

Las proteínas totales comprenden dos grandes grupos del plasma: las albúminas y las globulinas, estas son sintetizadas en el hígado. Una disminución en los niveles de las proteínas totales se debe a un nivel bajo de la

albúmina (Fenner, 1999) que se relaciona con la falta de ingestión de cantidades adecuadas de proteínas en la dieta (Church *et al.*, 2006), quizás esto esté relacionado con la captura, por parte de la zeolita, lo que provoca poca absorción intestinal, debido a que la zeolita tiene una interacción potencial con los ingredientes de la dieta y posee una propiedad poco específica de adsorción e intercambio iónico (Alexopoulos *et al.*, 2007). El incremento en las proteínas totales puede deberse a un aumento en el nivel de globulinas (inmunoglobulinas y diversas proteínas de transporte). La producción de anticuerpos puede ocasionar algunos cambios en la concentración de gammaglobulinas (Fenner, 1999), esto puede deberse a que la zeolita favorece el control de las diarreas y se reduce la mortalidad por esta causa, debido a la propiedad antibiótica y al efecto desintoxicante que posee este material al arrastrar al exterior del tracto digestivo las toxinas y ciertos metales pesados tóxicos como Pb, Cu y Cd, lo que ayuda a que los cerdos tengan un buen estado de salud y una mejor producción de anticuerpos (Prieto *et al.*, 2004). En este estudio el efecto benéfico solo se observó en las etapas de crecimiento y finalización. Es importante señalar que los niveles encontrados están dentro del rango normal y no puede haber daño hepático en los animales. Papaioannou *et al.* (2004), Leung (2004) y Alexopoulos *et al.* (2007) reportaron que la adición de zeolita no altera la concentración de minerales ni afecta el metabolismo de las grasas. Pond *et al.* (1989) y Castro y Savón (1998) señalan que no hay peligro potencial a niveles de hasta 10 % de zeolita.

Conclusiones

La inclusión de 2 y 4 % de zeolita no afecta la ganancia diaria de peso. La inclusión de 2 % no aumenta el consumo pero mejora el índice de conversión. En tanto que con el 4 % se incrementa el consumo y el índice de conversión se ve afectado negativamente.

Con la adición de zeolita se reducen significativamente los niveles de urea y creatina en sangre, lo cual indica una mejor utilización del N de la dieta. La concentración de glucosa se incrementa solo en las etapas de crecimiento y finalización, lo que permite una mejora gradual en la utilización de nutrientes, principalmente de carbohidratos a partir de los 25 kg de PV.

En las etapas de crecimiento y finalización los cerdos son favorecidos con la suplementación de zeolita, la mayor concentración en suero indica una mejora significativa en la salud y una adecuada utilización de la proteína de la dieta. No se afectó el metabolismo de las grasas y de los minerales.

Literatura Citada

- Alexopoulos, C., D.S. Papaioannou, P. Fortomaris, C.S. Kyriakis, T. Goussi, A. Yannakopoulos y S.C. Kyriakis. 2007. Experimental study on the effect of in feed administration of a Clinoptilolite rich tuff on certain biochemical and hematological parameters of growing and fattening pigs. *Livestock Sci.* 111: 230-241.
- Castro, M. y M. Iglesias. 1989. Efecto de la zeolita en dietas tradicionales para cerdos en ceba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 23: 273.
- Castro, M. y E. Mas. 1989. Efecto de diferentes niveles de zeolita en el balance de algunos nutrimentos en el pienso para la preceba porcina. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 23: 49.
- Castro, M. y L. Savón. 1998. Efecto acumulativo de la zeolita en carne y vísceras de cerdos. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 32: 59.
- Church, D.C., W.G. Pond y K.R. Pond. 2006. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. 2ª edición. Editorial Limusa, México. pp. 146-149.
- Defang, H.F. and A.A. Nikishov. 2009. Effect of dietary inclusion of zeolite on performance and carcass quality of grower-finisher pigs. *Livestock Res. Rural Develop.* 21: 6.
- Fenner, R.W. 1999. Manual de medicina veterinaria de pequeñas especies. 2ª. Ed. Limusa. México. pp. 535-545.
- Hossain, S.M., M.J. Almeida and G.A. Filho. 1995. Effect of natural zeolite on performance of finishing pigs. *Arch. Brasileño de Med. Vet. y Zootec.* 47: 217-227.
- Kim, J.H., S.C. Kim and Y.D. Ko. 2005. Effect of dietary zeolite on the performance and carcass characteristics of finishing pigs. *J. Anim. Sci. and Tech.* 47: 555-564.
- Leung, S. 2004. The effect of Clinoptilolite properties and supplementation levels on swine performance. A thesis submitted to the Faculty of Graduate and Postdoctoral Studies in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. McGill University Montreal. pp. 131.
- Malagutti, L., M. Zannotti and F. Sciaraffia. 2002. Use of clinoptilolite in piglet diets as a substitute for Colistine. Italy. *J. Anim. Sci.* 1: 275-280.
- Merck, 2000. Guía de referencia: Bioquímica Sérica (criterios de valoración). Manual de Merck de veterinaria. 5ª edición. Grupo editorial océano, S. A. Barcelona España. pp. 2454-2455.
- Mumpton, F.A. 1999. La roca magica: Uses of Natural zeolites in agriculture and industry. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 96: 3463-3470.

- Meléndez, V.M. y A.J. Rodríguez. 2005. Evaluación de tres niveles de zeolita como promotor natural de crecimiento en dietas en las fases de inicio y acabado de cerdos confinados. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
- NRC. 1998. National Research Council. Nutrient requirements of swine. 10th Ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nestorov, N. 1984. Possible applications of natural zeolites in animal husbandry. In: Mumpton, F. A y P. H. Fishman, 1977. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. J. Anim. Sci. 45: 5.
- Parisini, P., G. Martella, L. Sardi and F. Escribano. 1999. Protein and energy retention in pigs fed diets containing sepiolite. Anim. Feed Sci. and Tech. 79: 155-162.
- Papaioannou, D.S., C.S. Kyriakis, C. Alexopoulos, E.D. Tzika, Z.S. Polizopoulou and S.C. Kyriakis. 2004. A field study on the effect of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff, alone or in combination with certain antimicrobials, on the health status and performance of weaned, growing and finishing pigs. Res. Vet. Sci. 76: 19-29.
- Poulsen, H.D. and N. Oksbjerg. 1995. Effects of dietary inclusion of a zeolite (clinoptilolite) on performance and protein metabolism of young growing pigs. Anim. Feed Sci. Tech. 53: 297-303.
- Pond, W.G., J.T. Yen y J.D. Crouse. 1989. Tissue Mineral element content in swine fed clinoptilolite. Environ. Contam. Toxicol. 42:735-742.
- Prieto, P., D. Rodríguez y A. Rubio. 2004. Una nota sobre la utilización de una zeolita natural cubana en el tratamiento de la diarrea en cerditos lactantes. Universidad Agraria de la Habana, Cuba. Rev. Comp. Prod. Porcina. 11: 1
- Prvulovic, D., A.J. Galovic, B. Stanitic, M. Popovic and G. GruborLajsic. 2007. Effects of a clinoptilolite supplement in pig diets on performance and serum parameters. Czech J. Anim. Sci. 52: 159-164.
- Ramos, A.J., J.F. Gremmels and E. Hernández. 1996. Prevention of toxic effects of mycotoxins by means of nonnutritive adsorbent compounds. J. Food Protect. 59: 631-641.
- Ramos, A.J. and E. Hernández. 1997. Prevention of aflatoxicosis in farm animals by means of hydrated sodium calcium aluminosilicate addition to feedstuffs: A review. J. Anim. Feed Sci. and Tech. 65: 197-206.
- SAGARPA. 2006. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México. Boletín electrónico. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>. (Enero 15, 2009).
- Shurson, G.C., P.K. Ku, E.R. Miller and M.T. Yokoyama. 1984. Effects of zeolite A or Clinoptilolite in diets of growing swine. J. Anim. Sci. 59: 6.
- Tiwari, J. 2007. Zeolite as natural feed additives to reduce environmental impacts of swine manure. MSc Thesis. McGill University, Montreal.
- Trckova, M., H. Vondruskova, Z. Zraly, P. Alexa, J. Hamrik, V. Kummer, J. Maskova, V. Mrlik, K. Krizova, I. Slana, L. Leva y I. Pavlik. 2009. The effect of kaolin feeding on efficiency, health status and course of diarrhoeal infections caused by enterotoxigenic Escherichia coli strains in weaned piglets. Vet. Med., 54. 2: 47-63.
- Uyongco, G. and D. Bundy. 1999. Effects of reduced nitrogen content and clinoptilolite supplementation of diets on growth performance, nitrogen excretion, and odor production. Thesis of graduate. Iowa State University.