

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGARARIA

ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



**Efectos de la adición de zeolita en la dieta de cerdos en finalización
sobre el comportamiento productivo**

Por

Juan Ramón Chan Chim

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener
el título profesional de:

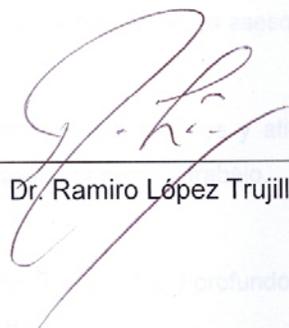
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2009

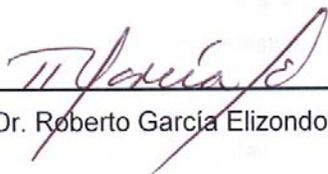
“Efectos de la adición de zeolita en la dieta de cerdos en finalización sobre el comportamiento productivo”, tesis presentada por Juan Ramón Chan Chim como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista ante el jurado examinador siguiente:

Presidente del Jurado



Dr. Ramiro López Trujillo

Vocal



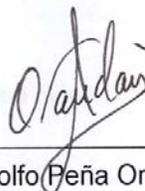
Dr. Roberto García Elizondo

Vocal



Ing. Balmoro Méndez Argüello

El Coordinador de la
División de Ciencia Animal
Alma Terra Mater



Ing. José Rodolfo Peña Oranday

Universidad Autónoma Agraria
“ANTONIO NARRO”



COORDINACIÓN DE
CIENCIA ANIMAL
Marzo de 2009

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a las personas que desinteresadamente me brindaron su apoyo para la realización del presente trabajo.

Al Dr. Ramiro López Trujillo por brindarme su apoyo, compartir sus experiencias y conocimientos, con respeto y admiración.

Dr. Roberto García Elizondo por su disposición en la asesoría de este trabajo.

Al Ing. Bulmaro Méndez Argüello por sus valiosos y atinados consejos compartidos; sus comentarios y su disposición en la asesoría de este trabajo.

Mc. Manuel Torres Hernández mis mas sincero y profundo agradecimiento por su disposición y apoyo incondicional durante este trabajo.

Un agradecimiento especial a la compañía zeomex (zeolitas mexicanas), por la proporción de la materia prima de esta investigación.

A los laboratoristas siguientes: T.A. Carlos A. Arevalos Sanmiguel de Nutrición y Alimentos; LCN. Laura Maricela Lara López de Reproducción Animal y a T.A. María Guadalupe Moreno Esquivel de Fitomejoramiento.

Un agradecimiento especial a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, *Alma Terra Mater* por haberme brindado la oportunidad de realizar mis estudios.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en el presente trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres

Sr. Asterio Chan Naal y

Sra. Maria Lucia Chim Pech.

Es un logro que quiero compartir con ustedes, gracias por darme la vida y sobre todo por creer en mi.

Personas de quien estaré eternamente agradecido, gracias por todo el cariño y apoyo que siempre me han brindado, sobre todo sus sabios consejos en los momentos más oportunos de mi vida, gracias por darme la mejor herencia que cualquier padre puede dejarle a su hijo, una carrera.

A mis Hermanos

Mabel

Frangel

Karina

Con quienes he compartido grandes momentos de mi vida, que siempre me han apoyado.

A una persona que ya forma parte de mi vida, por su apoyo y comprensión en los momentos más difíciles de mi vida, sobre todo su infinita paciencia.

A todos mis profesores no solo de la carrera, porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy.

A mis amigos y compañeros de la carrera de: Ingeniero Agrónomo Zootecnista y la de las diferentes especialidades, con quienes pase momentos alegres y difíciles, y me llevo recuerdos de cada uno de ustedes.

Al mas especial de todos, a ti Señor porque hiciste realidad este sueño, por todo el amor con el que me rodeas y porque me tienes en tus manos.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Característica y tendencias de la porcicultura	3
2.2. Sistema de producción porcina	3
2.3. Uso de aditivos en cerdos	4
2.4. Zeolita	5
2.5. Beneficio de la zeolita en animales	5
2.6. Impacto en la salud.....	8
2.7. Impacto ambiental	10
2.8. Análisis inmediato de los alimentos.....	11
2.9. Metabolitos y minerales en el animal.....	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Análisis de la composición química de la dieta utilizada en los tratamientos.....	17
3.2. Ingredientes utilizados en la dieta de los cerdos	19
3.3. Colección de sangre y análisis químico.....	21
3.4. Análisis estadístico	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Análisis del comportamiento productivo en incremento de peso y conversión alimenticia.	24
4.2. Análisis del contenido de metabolitos y minerales en el animal.....	27
5. CONCLUSIONES.....	33
6. RESUMEN	34
7. LITERATURA CITADA.....	35
8. APÉNDICE	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Valores normales en el manual Merck de Veterinaria (2000).....	15
Cuadro 3.1. Distribución y número de animales de acuerdo a la cantidad de zeolita.....	16
Cuadro 3.2. Dieta finalización Maíz + Soya.....	17
Cuadro 3.3. Dieta finalización Sorgo + Soya.....	18
Cuadro 3.4. Dieta de finalización ajustada en base a MS, Maíz + Soya.....	18
Cuadro 3.5. Dieta de finalización ajustada en base a MS, Sorgo + Soya.....	19
Cuadro 3.6. Ingredientes y costos de los ingredientes en la etapa de finalización.....	20
Cuadro 3.7. Costos de la dieta por tonelada y kilogramo.....	21
Cuadro 3.8. Método utilizado siguiendo las instrucciones del kit correspondiente a cada determinación.....	22
Cuadro 4.1. Valores promedio de comportamiento animal respecto al alimento.....	25
Cuadro 4.2. Valor promedio obtenido en el laboratorio del análisis sanguíneo.....	27
Cuadro 8.1. Número de observaciones en cada tratamiento.....	40
Cuadro 8.2. Análisis de varianza para incremento de peso (kg/día).....	40
Cuadro 8.3. Análisis de varianza para conversión alimenticia (kg).....	41
Cuadro 8.4. Número de observaciones utilizadas para metabolitos y minerales.....	41
Cuadro 8.5. Análisis de varianza para proteínas totales (mg/dl).....	41
Cuadro 8.6. Análisis de varianza para glucosa (mg/dl).....	42
Cuadro 8.7. Análisis de varianza para urea (mg/dl).....	42
Cuadro 8.8. Análisis de varianza para creatinina (mg/dl).....	43
Cuadro 8.9. Análisis de varianza para colesterol (mg/dl).....	43
Cuadro 8.10. Análisis de varianza para calcio (mg/dl).....	44
Cuadro 8.11. Análisis de varianza para fósforo (mg/dl).....	44
Cuadro 8.12. Análisis de varianza para magnesio (mg/dl).....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1. Comportamiento del incremento de peso en los tratamientos.....	24
Figura 4.2. Comportamiento de conversión alimenticia en los tratamientos.....	26
Figura 4.3. Comportamiento de proteínas totales en los tratamientos.....	28
Figura 4.4. Comportamiento de la glucosa en los tratamientos.....	28
Figura 4.5. Comportamiento de la urea en los tratamientos.....	29
Figura 4.6. Comportamiento de la creatinina en los tratamientos.....	30
Figura 4.7. Comportamiento del colesterol en los tratamientos.....	30
Figura 4.8. Comportamiento del calcio en los tratamientos.....	31
Figura 4.9. Comportamiento del fósforo en los tratamientos.....	31
Figura 4.10. Comportamiento del magnesio en los tratamientos.....	32

1. INTRODUCCIÓN

La zeolita es un aluminosilicato que tiene capacidad de intercambio iónico, promueve el crecimiento, cuando se utiliza como un aditivo en la alimentación animal, mejora la ganancia de peso en los cerdos de engorda y corderos, mientras que en las gallinas ponedoras mejora la eficiencia en la producción de huevo. Además secuestra micotóxicas y reduce su absorción en el tracto gastrointestinal, por tanto, previene los efectos tóxicos sobre el ganado, tiene el mismo efecto con agentes tóxicos que se encuentran en productos de origen animal (Kyriakis *et al.*, 2002).

La aplicación de zeolita en la alimentación animal mejorar el índice de conversión y favorecer la absorción intestinal de los nutrientes al disminuir la velocidad de tránsito del alimento en el aparato digestivo; lo cual permite un mejor comportamiento productivo (Rodríguez *et al.*, 2001).

Sin embargo el grado de beneficio esta relacionado con la especie y la procedencia geográfica de la zeolita, así como su pureza, propiedades fisicoquímicas y el nivel utilizado en la dieta (Kyriakis *et al.*, 2002).

Kyriakis *et al.*, (2002) menciona que usando niveles adecuados de zeolita durante la etapa de gestación, y lactación de las cerdas mejora el peso de los lechones al nacer, así como mejora el peso al destete.

Se ha demostrado que la zeolita a niveles de 5 % en la dieta puede mejorar, la digestión y aprovechamiento de la dietas en cerdos y en general los rasgos de comportamiento de interés económico del ganado porcino (Castro y Lon Wo, 1991 citado por Castro, 2005).

Alexopoulos (2007) señala que el uso de este mineral ya sea natural o sintético mejora la eficiencia de la granja, lo que indica una respuesta favorable en el crecimiento de los cerdos; altera la concentración de minerales en sangre y de los tejidos de diferentes especies, tales como cerdos en crecimiento, pollos de engorda y vacas lecheras. Ya que actúa como un amortiguador alterando el pH gastrointestinal, afectando la absorción de minerales y la actividad de las enzimas.

Por todos estos aspectos, el presente trabajo tiene por objetivo evaluar los efectos de la zeolita adicionada a la dieta de los cerdos, en la etapa de finalización (56.85 a 99.63 kg de peso vivo), para estimar parámetros como comportamiento productivo (incremento en peso, consumo y conversión alimenticia) y perfil metabólico.

Palabras clave: Zeolita, cerdos en finalización, aditivos, metabolitos y minerales.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Característica y tendencias de la porcicultura

Una de las opciones para satisfacer la fuente de alimentación puede ser el cerdo, especie animal sumamente prolífica cuyas hembras proporcionan más de un centenar de crías a través de su vida productiva (Ruiz, 2006).

En relación al aspecto tecnológico los avances recientes en áreas como la sanidad, genética, reproducción, nutrición y sistemas de producción son parte fundamental de los cambios que esta sufriendo la industria porcícola para cumplir las demandas de consumidores cada vez más exigente (Ruiz, 2006)

Los cerdos están adaptados a climas templados y semitropicales y se encuentran en muchas zonas del mundo. En el año 2001 los principales países, en cuanto al número de animales, eran China, con 454 millones de cerdos; Estados Unidos, con 59 millones; Brasil, con 29 millones; Alemania, con más de 25 millones, y España, con 23 millones. A continuación se encuentran, en orden descendente, Vietnam, México, India, Polonia, Rusia y Francia. A escala mundial, la población de cerdos en 2001 alcanzaba casi los 923 millones (Timmermans, 2007).

El principal problema de la producción de cerdos en el país lo constituye el componente alimenticio, ya que presenta serias insuficiencias y por lo tanto, alto costo por unidad. Esto ha traído como consecuencia la importación masiva de materias primas para la alimentación animal. Por esta razón, es de gran importancia el uso de tecnologías alternativas de producción que permitan que los animales aprovechen mejor la proteína y energía (Rodríguez *et al.*, 2001).

2.2. Sistema de producción porcina

En México se observan básicamente tres diferentes sistemas de producción, caracterizados por su nivel tecnológico: Sistema tecnificado; utiliza tecnología de punta, con adecuaciones a las condiciones climatológicas. Un alto nivel de integración, lo que permite controlar la calidad genética de la piara y estandarizar los cerdos producidos para el sacrificio. Son empresas que cuentan con asesoría en la formulación de dietas de acuerdo a la disponibilidad de insumos y

capacidad productiva, así como con fábrica de alimentos balanceados. Representa aproximadamente el 55 % de la producción nacional y se ubica principalmente en los estados de Sonora, Sinaloa y Yucatán. Sistema semitecnificado; su principal característica es la de utilizar tecnología moderna al mismo tiempo que técnicas tradicionales de manejo, sus parámetros productivos son muy variables. No se tiene una adecuada infraestructura y control sanitario. Comercializa sus productos en mercados regionales y en pequeños centros urbanos. Su participación en el mercado nacional representa alrededor del 15 %. Este sistema se encuentra en todos los estados de la república, aunque es mayoritario en el Centro (Guanajuato, Michoacán, Jalisco) y sur del país. Sistema de traspatio; este sistema se practica en todo el territorio nacional, incluyendo áreas urbanas como la ciudad de México, su mayor relevancia radica en ser una fuente de abasto de carne en zonas en donde los canales comerciales no operan. Su aporte a la producción nacional se estima en un 30 %. Otra característica importante de este sistema es que la calidad genética de los animales es baja, lo cual se traduce en bajos rendimientos productivos (Mariscal, 2007).

2.3. Uso de aditivos en cerdos

En general, los aditivos disponibles para los cerdos están dentro de cinco clasificaciones: 1) drogas animales, las cuales incluyen: antibióticos, quimioterapéuticos y antihelmínticos, 2) minerales, promotores de crecimiento, 3) enzimas, 4) ácidos orgánicos y 5) probióticos. Los animales que responden bien a la adición de antibióticos, por lo general consumen más alimento que sus testigos, pero utilizan menos alimento por unidades de peso ganado, son más sanos, las tasas de crecimiento son más uniformes, hay una disminución en la incidencia de diarreas, reducen mucho la frecuencia y severidad de diversos trastornos. No se recomienda utilizarlos como sustitutos de medidas sanitarias (Maynard *et al.*, 1981).

Bajo condiciones normales de producción, los cerdos no tienen la habilidad de digerir gran parte de los nutrientes en el alimento por lo que del 20 al 90% es eliminado en las heces, provocando deterioro tanto en la eficiencia productiva como en la ecología del ambiente. La deficiencia digestiva puede deberse a que los animales producen cantidades deficientes de las enzimas o que simplemente no las produce. El uso de enzimas exógenas en la dieta de los cerdos, resulta en una mejoría del comportamiento productivo de los cerdos; sin embargo, la magnitud de la respuesta depende del tipo de enzima, las características de la dieta, la variable de respuesta evaluada y la edad-etapa productiva de los animales (Cervantes, 2000).

2.4. Zeolita

Zeolita es un término colectivo que incluye compuestos inorgánicos cristalinos ya sea naturales o sintéticos, que se caracteriza por la capacidad de intercambio iónico a bajas temperaturas (< 100 °C) y la capacidad de hidratación y deshidratación por debajo de 250 - 300 °C (Sardi *et al.*, 2002).

La estructura de las zeolitas no es laminar sino que consiste en una matriz de tetraedros de silicio y de aluminio unidos, formando un entramado abierto de canales y poros. A diferencia de las arcillas, las zeolitas son aluminosilicatos alcalinos y alcalinotérreos, principalmente de sodio y de calcio. En la naturaleza se han identificado más de 40 especies de zeolitas diferentes y a su vez existen varias especies de zeolitas sintetizadas artificialmente.

Las zeolitas naturales son un grupo de minerales silicatos cristalinos hidratados que se parecen estrechamente unos a otros en su composición, en las condiciones de su formación y en su modo de ocurrencia. Las zeolitas se pueden considerar análogas a los feldespatos que también son silicatos de aluminio pero que incluyen en su estructura a metales, como sodio y calcio, también se pueden encontrar otros cationes metálicos como bario y estroncio, pero carecen magnesio, hierro u otros metales lo que constituye impurezas o por alteración. Y por otro lado, sus estructuras cristalinas son diferentes. Mediante métodos mineralógicos y cristalográficos es posible separar las zeolitas de los feldespatos, que son tectosilicatos y filosilicatos respectivamente (Cana y Ford, 1984; Brosch y Shifter, 1988 citado por Nieves, 2000).

2.5. Beneficio de la zeolita en animales

Los animales tratados con este mineral muestran más vitalidad. Referido que al usar zeolita en el alimento se mejora el estado general del animal ya que estimula el crecimiento de las células epiteliales de las vellosidades en el intestino delgado, lo cual favorece la absorción de nutrientes igualmente, ejerce un efecto positivo en la efectividad enzimática al posibilitar un mejor desdoblamiento de los alimentos en sus formas asimilables.

Al adicionar en la dieta de cerdo el 2 % de zeolita no provoca resultados desfavorables en la salud y efectos de la disponibilidad de la vitamina y minerales en la dieta, también demostró

ejercer efectos benéficos sobre la productividad de la granja, promoviendo el rendimiento en cerdas jóvenes y lechones (Kyriakis *et al.*, 2002).

Xia *et al.* (2005) utilizaron 128 cerdos de destete con peso corporal promedio de 7.5 kg para evaluar el efecto de la cloptilolita con cobre (Cu – montmorillonita) sobre el crecimiento, la microflora intestinal, la actividad de las enzimas bacterianas y la morfología intestinal. Los cerdos fueron divididos en cuatro tratamientos (cuatro repeticiones de ocho cerdos) por 45 días. Los tratamientos fueron 1) dieta basal, 2) dieta basal mas 1.5 g/kg montmorillonita (MMT), 3) dieta basal mas 36 mg/kg de cobre CuSO_4 como equivalente de cobre en el Cu – MMT, 4) dieta basal mas 1.5 g/kg Cu – MMT. Se observó mejoramiento con la complementación de Cu – MMT en el crecimiento, disminución total de *Clostridium* en el intestino y *Escherichia coli*, depresión de la actividad intestinal y un mayor crecimiento de las vellosidades de la mucosa intestinal, con respecto al tratamiento control; Los resultados indican que Cu-MMT es más eficaz que el MMT o CuSO_4 en la mejora del crecimiento, la microflora intestinal y la morfología de la mucosa intestinal.

El mismo autor (Xia *et al.*, (2005) reporta que en pollos de engorda la combinación de Cu – MMT mejora la ganancia de peso, se observó eficiencia en las actividades totales de la proteasa, amilasa y lipasa en el contenido intestinal, pero no tuvo ningún efecto sobre los que están en el páncreas, la morfología de la mucosa intestinal fue modificados.

Castro *et al.*, (1996) utilizaron 120 cerdos del cruce Duroc x Yorkshire x Hampshire con un peso vivo inicial de 30 kg para estudiar el efecto de incluir zeolita en dietas de alimento con sacarina y alimento líquido terminado para cerdos en finalización mediante un diseño completamente aleatorizado. Los animales se distribuyeron en 4 tratamientos: 1) alimento con sacarina sin zeolita, 2) 95 % alimento normal con sacarina + 5 % de zeolita, 3) 100 % de alimento normal con sacarina + 5 % de zeolita, 4) 90 % de alimento normal con sacarina + 10 % de zeolita. No se encontraron diferencias en el comportamiento respecto al control en los tratamientos donde se sustituyó el pienso por zeolita. Cuando se aplicó por encima del alimento normal el tratamiento con 5 % de zeolita mejoró significativamente la ganancia diaria de peso vivo y la conversión alimenticia, con relación al control. Se corrobora que el 5 % de zeolita es un nivel adecuado para este tipo de dieta y su inclusión puede hacerse tanto por sustitución como por adición al tipo de alimento que se utilice.

Castro e Iglesias (1989) utilizaron 21 cerdos de las cruzas Yorkshire x Landrace x Duroc con un peso vivo inicial de 30 kg para determinar el efecto de añadir zeolita en dietas tradicionales. Se estudiaron tres niveles de inclusión del aditivo (zeolita): A) dieta control sin zeolita, B) 97 % de la dieta control + 3 % de zeolita y C) 94 % de la dieta control + 6 % de zeolita. Los resultados mostraron diferencias significativas a favor del tratamiento B ($P < 0.05$) para la ganancia diaria de peso (g) y la conversión de alimento: A) 609 y 4.7; B) 722 y 3.9; C) 686 y 3.9, respectivamente. Se concluyó que es posible sustituir el 6 % del alimento por zeolita para la producción de cerdos en finalización con este tipo de alimentación.

TserveniGousi *et al.*, (1997) experimentaron el efecto de clinoptilolita (zeolita) sobre algunas características del huevo, peso del huevo, albúmina y yema. Los estudios se realizaron con 8 gallinas ponedoras en 8 corrales durante 22 semanas; los tratamientos fueron 0, 4 y 6 % de zeolita. Los resultados mostraron que no hubo efecto significativo en el color de la yema de huevo, o las unidades Haugh. El efecto benéfico de la zeolita en la albúmina y peso del huevo es independiente de la edad y tipo de dieta de la gallina.

Acosta *et al.*, (2005) utilizaron 1400 pollos, según arreglo factorial 2 x 4, para evaluar la inclusión o no de zeolita, así como los momentos de cambio de las dietas de inicio para crecimiento (14 ó 21 d) y de crecimiento para acabado (30 ó 35 d). El estudio se desarrolló en un sistema de alimentación trifásico con 8 tratamientos y 7 repeticiones, con el objetivo de disminuir los costos de producción por concepto de alimentación y evaluar el rendimiento de la canal. Independientemente de la inclusión de zeolita, el mejor esquema fue el cambio de inicio para crecimiento (21-30 d) y el intermedio (21-35 d). Estos presentaron mejor conversión alimentaria, (2.11 y 2.12 vs. 2.14 y 2.13), mejor conversión proteica (0.403 y 0.405 vs. 0.411 y 0.413) y mayor rendimiento en canal (63.3 y 64.0 % vs. 61.0 y 61.2 %), pechuga (19.0 y 19.3% vs. 18.1 y 18.0 %) y pierna más muslo (22.1 y 22.2 % vs. 19.0 y 20.4 %). La inclusión de la zeolita no mejoró el peso vivo, pero sí la conversión alimentaria (2.12 vs. 2.14) con un menor consumo de alimento (3316 g/ave vs. 3431 g/ave) y de proteína (634 g vs. 641 g), mayor rendimiento en canal (63.1 % vs. 61.4 %) y menor deposición de grasa abdominal (1.2 % vs. 1.6 %). Esto determinó una interacción significativa, favorable al uso de la zeolita y a los esquemas de alimentación, los cuales cambian a los 21 d para los indicadores económicos, con menor costo por tonelada de canal, pechuga y pierna más muslo. Los resultados sugieren que con el cambio de la dieta de inicio a los 21 d,

independientemente del momento de cambio para acabado, y con el uso de zeolita, se puede obtener mayor rendimiento en carne de clase A y canales más magras.

2.6. Impacto en la salud

La industria porcina suele ser perjudicada habitualmente por la presencia de las diarreas neonatales, lo cual significa pérdidas económicas por el número de animales muertos, reducción en la ganancia de peso, pésimas conversión alimentaria y gastos en medicamentos. Se ha estimado que un problema digestivo crónico puede incrementar la conversión alimentaria en 0.2 kg de alimento/kg de ganancia, la mortalidad en un 3 % y eleva los gastos rutinarios en medicamentos al menos en un 50 %. Con esto, el costo total por alimentación se puede incrementar en un 10–12 % (Carvajal, 2000 citado por Prieto, 2004).

Alexopoulos *et al.*, (2007) estudiaron el efecto alimenticio de clinoptilolita en cerdos sobre ciertos parámetros bioquímicos y hematológicos. Ocuparon 48 cerditos saludables destetados (24 hembras y 24 machos) de 25 días de edad, se dividieron en dos grupos con igual número de hembras y machos. Al primer grupo se le dio alimento normal y al segundo grupo 98 % de alimento normal + 2 % de zeolita. Fueron pesados por separado al principio y final de cada etapa (a los 25 días, 70 días, 112 días y 171 días de edad), se llevaron a cabo las recolecciones de muestra de sangre para los análisis. Concluyen que en la inclusión de 2 % de clinoptilolita en la dieta, aumenta el rendimiento en la etapa de crecimiento y finalización sin afectar el estado de salud, en relación a sus perfiles bioquímicos y hematológicos. No hay efecto en suero sanguíneo sobre K, Na, Ca, P, proteína total, albúmina y concentraciones de bilirrubinas totales; no hay alteración con respecto al hematocito, el recuento de leucocito y concentración de hemoglobina.

Prvulovic *et al.*, (2007) estudiaron los efectos de clinoptilolita en las dietas de cerdo. Ocuparon 60 animales de las cruza Yorkshire x Landrace de ambos sexos, se dividieron en dos grupos: 1.- grupo de control (100 % dieta normal); 2.- 95 % dieta normal + clinoptilolita. Alimento y agua a libre acceso, medición del consumo semanalmente, pesos individuales a los 45, 90 y 135 días del experimento. Se hizo la muestra de sangre al finalizar el experimento (día 135), para determinar los parámetros bioquímicos de suero sanguíneo. Concluyeron que la adición del 5 % de clinoptilolita en la dieta, cumplen con los parámetros bioquímicos de suero sanguíneo, concentración alta de triglicéridos y concentración baja de colesterol. En las etapas de inicio y

crecimiento los cerdos tienen altas ganancias de peso en comparación con el grupo control, pero en la fase de finalización los parámetros de crecimiento son bajos.

Otros autores (Sardi *et al.*, 2002) evaluaron el efecto de clinoptilolita al 2 % en dietas de cerditos, con un total de 116 animales de 12 camadas, fueron alimentadas al séptimo día de vida, asignados en dos grupos homogéneos con dos tratamientos 0 % y 2 % de zeolita. En el tratamiento del 2 % de zeolita, encontraron un aumento significativo de peso diario, eficiencia en el consumo de alimento y mejoró la salud de los cerdos. Concluyen que el uso de clinoptilolita resulta en una reducción en el costo del alimento y mejor calidad de canal.

Martínez *et al.*, (2004) utilizaron cerdos de 45 y 55 días, aproximadamente de 8 kg, para determinar el efecto de la zeolita natural, sobre el control de diarrea provocada por *Escherichia coli*. Los animales enfermos fueron sometidos a tres tratamientos terapéuticos: 1) gentamicina, 2) eritromicina, 3) zeolita natural, 100 g diarios por animal durante tres días. Mostrando eficiencia en los tratamientos con eritromicina y zeolita natural. Pero el tratamiento con zeolita disminuyó los costos.

Fokas *et al.*, (2004) utilizaron doce cerdos destetados de 45 días de edad que fueron divididos en dos grupos iguales para medir el coeficiente de retención de plomo (Pb) de clinoptilolita; el primer grupo fue alimentado con dieta testigo y el otro se le agregó 20 g de clinoptilolita en la dieta, también se midió el consumo, crecimiento, conversión alimenticia, la digestibilidad y el nitrógeno. Se midió la concentración de Pb en la sangre total y las partes de carne comestible de la canal. La clinoptilolita utilizada en un nivel de 20 g/kg en la dieta de cerdos en crecimiento no tiene ningún efecto perjudicial sobre la alimentación y la ingesta; no aumenta la concentración de Pb en la sangre y tejidos comestibles, la utilización en las dietas de cerdo, esto es seguro para los animales y para el consumidor.

Castro y Savon (1998) utilizaron 8 cerdos Duroc x Yorkshire con 30 kg de peso vivo inicial para determinar si el consumo de altos niveles de zeolita durante un periodo de 120 días provocaba acumulación nociva de metales pesados (Cd y Pb) en la carne y vísceras. Los niveles de zeolita empleados fueron: A) 0, B) 800 y C) 1200 g/día. Los valores de Cd y Pb (ug/g) en tejido en el músculo, hígado, corazón y cerebro: la concentración de Cd y Pb con el nivel A fue en músculo de 0.14 y 0; en hígado de 0.64 y 0; corazón 0.14 y 0; en cerebro 0.11 y 1.2; con el nivel B músculo fue

0.07 y 2.56; hígado 0.64 y 1.28; corazón 0.14 y 0; cerebro 0.14 y 1.2; nivel C músculo fue 0.14 y 3.84; en hígado es 0.64 y 6.40; corazón es 0.14 y 1.28; cerebro fue de 0.14 y 1.20. Al parecer no existe peligro potencial al utilizar las zeolitas del yacimiento Tasajeras en la alimentación porcina.

El empleo de zeolitas naturales en la elaboración de alimentos para el consumo animal ofrece mejoras productivas determinadas por una mayor eficiencia metabólica en la utilización de los nutrientes, disminución o eliminación de las enfermedades gastroentéricas y de los efectos tóxicos de micotóxicos contaminantes de alimentos (Zaldívar *et al.*, 2006).

2.7. Impacto ambiental

Con la adición del 5 % del mineral clinoptilolita en la dieta de los cerdos disminuye el olor de las heces por la asimilación del NH_4 , la gravedad y la cantidad de enfermedades intestinales disminuyen, aumentando hasta en 16 % de peso los animales tratados, crecen más rápido y los costos disminuyeron en la pira, con respecto a los que no fueron tratados (Mumpton, 1999).

Amón *et al.*, (1997) experimentaron la comparación de la eficiencia en la reducción de olores y la emisión de amonio, se usaron dos compuestos, clinoptilolita y De-odorase (R), en la producción de pollos de engorda. Se utilizaron dos lugares idénticos cada uno con dos habitaciones y la misma cepa de aves. Clinoptilolita se utilizó en un sitio, se midieron la concentración de amonio y olores; también se midió la temperatura, humedad relativa y la concentración de dióxido de carbono; con el objetivo de que los micro-climas sean similares en las habitaciones. La concentración de amonio fue mayor en el tratamiento con clinoptilolita en comparación con De-odorase, 50 % y 38 % respectivamente en comparación con el tratamiento control. No hubo estadísticamente concentración de olor significativa, en cualquiera de los aditivos utilizados.

Venglovsky *et al.* (1999) experimentaron que las bentonitas y zeolitas naturales como absorbentes, que debido a sus propiedades de adsorción y la alta afinidad a los iones de amonio, son capaces de eliminar el amonio y los olores indeseables en el medio ambiente, y por eso, parece ser benéfico en el tratamiento de los excrementos de cerdos. Después de 28 días de alimentación con zeolita y bentonita a los cerdos, disminuyó la cantidad de microorganismos psychrophilicos y mesófilos en un orden de 3 veces de magnitud en comparación con el control. La

eficiencia de remoción de microorganismos psychrophilicos y mesófilos fue de 98.9 y 100 %, respectivamente. Durante el experimento se observó una disminución en la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH₄), nitrógeno total (NT), fósforo total (Pt) y demanda química de oxígeno (COD). La disminución en comparación con el tratamiento testigo fue significativa. La eficiencia de eliminación fue 59.2 % para la zeolita y el 60.2 % de bentonita, lo que contribuye tanto como absorbente y mejorar la sedimentación de partículas en suspensión y la disminución de olores. Los resultados apuntan a la posibilidad de la utilización de zeolita y bentonita en el tratamiento de excremento de cerdo.

2.8. Análisis inmediato de los alimentos

En este sistema de análisis, los alimentos se dividen en seis fracciones: humedad, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno.

El contenido en humedad se determina a partir de la pérdida de peso que experimenta una cantidad conocida de alimento, por desecación a 105 °C, hasta peso constante.

El contenido en cenizas se determina por ignición a 550 °C de una cantidad conocida de alimento, hasta que todo el carbono ha sido eliminado. El residuo constituye las cenizas que se consideran representativas de los componentes inorgánicos del alimento.

El contenido en proteína bruta (PB) se calcula a partir de la cantidad de nitrógeno determinado de los alimentos, método de Kjeldahl modificada. En dicho método, se realiza una digestión con ácido sulfúrico, con lo que se convierte en amoníaco todo el nitrógeno presente, excepto el que se encuentra en forma de nitratos o nitritos. Se considera que todo el nitrógeno es de origen proteico, y que las proteínas contienen 16 por ciento de nitrógeno, de modo que multiplicando la cantidad de nitrógeno por 6.25 se obtiene la cantidad aproximada de proteína existente en el alimento. Puesto que siguiendo este método se determina también el nitrógeno proteico, la cantidad obtenida no corresponde a la proteína verdadera, por lo que esta fracción recibe el nombre de proteína bruta.

La fracción correspondiente al extracto etéreo (EE) se determina sometiendo una muestra de alimento a una extracción con éter de petróleo, durante un periodo de tiempo determinado. El

residuo que queda tras la destilación del solvente, constituye el extracto etéreo. Además de los lípidos, incluye las ceras, ácidos orgánicos, alcoholes y pigmentos.

Los carbohidratos de los alimentos se encuentra en dos fracciones llamadas fibra bruta (FB) y extracto libre de nitrógeno (ELN). La primera se determina sometiendo a ebullición con ácido y un álcali de concentraciones definidas, el residuo procedente de la extracción con éter; el residuo orgánico representa a la fibra bruta.

Restando a 1.000 la suma de las cantidades correspondientes a la humedad, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo y fibra cruda (expresadas en g/100 g), se obtiene la fracción denominada extracto libre de nitrógeno. La fracción fibra bruta incluye la celulosa, lignina y hemicelulosa. La fracción correspondiente a los extractos libre de nitrógeno esta formada por una mezcla de todos los componentes no determinados en las otras fracciones. Además de los componentes mencionados anteriormente, incluye azúcares, frútanos, almidones, pectinas, ácidos orgánicos y pigmentos (Mc Donald *et al.*, 1999).

2.9. Metabolitos y minerales en el animal

Glucosa

El nivel de glucosa sanguínea refleja las condiciones nutricionales, emocionales y endocrinas del animal. Después de la comida aumenta (“hiperglucemia alimentaria”) en animales no-rumiantes.

Cuando la concentración de energía de la dieta se diluye o reduce, el animal aumenta su consumo de alimento, lo que ocasiona un ajuste automático que le permite mantener constante su ingestión energética. Por el contrario, cuando la dieta se modifica de tal manera que aumenta su contenido energético, el animal reduce su consumo con el objeto de mantener su ingestión energética al nivel constante anterior (Shimada, 2005).

Es el producto final de la digestión de los carbohidratos superiores por (Maynard y Loosli, 1975) los no rumiantes y la forma en la que circula con la sangre, como fuente de energía.

En la conversión alimenticia se espera que los animales aumenten al máximo su producción con el mínimo alimento consumido al menor costo posible. Visto en otra forma el comportamiento animal es el resultado del consumo de alimento, y con ello sus nutrientes, concentración energética, digestibilidad y metabolismo (Shimada, 2005).

Colesterol

La mayoría de los animales pueden tener niveles elevados de colesterol después de alimentarse con grasa, también en disfunción hepática incluyendo la obstrucción del conducto biliar, porque la destrucción de las células hepáticas trae como consecuencia una disminución en la actividad metabólica del hígado y se reduce más la degradación del colesterol que la síntesis, por lo que los niveles en sangre aumentan. Los niveles bajos de colesterol pueden indicar debilidad o mala absorción de grasa pero son de muy rara incidencia (Medway *et al.*, 1990).

Urea

La urea es un compuesto orgánico relativamente simple producido por los mamíferos en el hígado como producto final del catabolismo de las proteínas. Es una de las sustancias más abundante en el cuerpo y se encuentra en todos los líquidos del cuerpo. Es relativamente atóxica, aunque en concentraciones altas desnaturaliza proteínas con la formación de productos tóxicos. La urea se elimina principalmente por los riñones, pero una porción de ella por la piel, sobre todo en los animales que sudan. El contenido de urea en las semillas abundan en su periodo de formación, abunda en especial donde el crecimiento de las plantas es rápido; son utilizados eficazmente por el cuerpo para la formación de los aminoácidos no esenciales (Maynard y Loosli, 1975).

Cuando no se altera la función del riñón; se puede sintetizar en el hígado a partir de amonio; se filtra libremente por el glomérulo, pero aproximadamente la mitad de la urea filtrada se reabsorbe de forma pasiva durante su paso por los túbulos renales (Merck, 2000).

Creatinina

La creatinina esta en el cuerpo principalmente en forma de fosfato de alta energía. En los músculos es fuente de energía. En animales jóvenes de crecimiento se encuentra en mayores cantidades. La creatinina es una sustancia muy abundante y distribuida de manera uniforme en el

agua corporal. Se elimina del plasma aproximadamente en la tasa de filtración glomerular (Maxine, 1962).

Proteínas totales

Los principales contribuyentes a la presión osmótica del plasma sanguíneo son los iones y en una pequeña proporción las proteínas. Sin embargo, la baja constante de presión osmótica de las proteínas es vital para el mantenimiento del sistema cardiovascular. El incremento en las proteínas totales puede deberse a la deshidratación la cual presenta una hemoconcentración por vómitos o diarreas, también por un aumento en el nivel de globulina cuando no existe deshidratación, como en enfermedades hepáticas avanzadas (cirrosis), infecciones crónicas y en algunos casos de neoplasias (Jubb y Kennedy, 1973).

Al aumentar el tamaño de los músculos en adultos y ello significa aumento en el contenido de proteínas. Las principales proteínas del plasma sanguíneo son el fibrinógeno, la seroglobulina y la seroalbumina. Cada una tiene una función específica y ha de ser regenerada constantemente a expensas de la reserva de proteína. Cuando esta reserva se agota en la anemia o por el ayuno o como resultado de una dieta escasa en proteínas sobreviene la hipoproteína (nivel bajo de proteína) (Maynard y Loosli, 1975).

Es responsable de la producción de músculo del animal, se diferencia en su capacidad de síntesis de tejido muscular, es la que se transforma N ingerido en N retenido y en el consumo de alimento, es donde se obtiene los aminoácidos (Lizaso, 1994).

Minerales

Wiseman y Mahan, (2006) demostraron una deposición creciente de la mayor parte de los minerales en la línea de alta formación de músculo al aumentar el peso de los animales. Dos excepciones a esta regla fueron el calcio, ya que la línea de baja producción de músculo tenía una mayor cantidad de Ca en músculo y una cantidad similar de P.

Los valores normales de metabolitos y minerales se presentan en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Valores normales en el manual de Merck de Veterinaria (2000).

Determinación	V. Normales
Glucosa (mg/dl)	64.4 - 106.4
Urea(mg/dl)	8.2 - 24.6
Creatinina (mg/dl)	0.8 - 2.3
Colesterol (mg/dl)	81.4 - 134.1
Prot. Totales (mg/dl)	5.8 - 8.3
Calcio (mg/dl)	9.3 - 11.5
Fósforo (mg/dl)	5.5 - 9.3
Magnesio (mg/dl)	2.3 - 3.5

Hipótesis del presente trabajo:

La zeolita mejora la el comportamiento productivo y salud de los cerdos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevo a cabo en las instalaciones de la granja porcina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, a 7 km al sur de la ciudad de Saltillo, por la carretera Saltillo-Zacatecas. La localización Geográfica de la Universidad es 25° 22'44" Latitud Norte y 100° 00'00" Longitud Oeste, con altura de 1770 msnm. El clima de la región es BSo kx' (é) que se caracteriza por ser seco o árido, el mas seco de los BS, con régimen de lluvias entre en verano e invierno, precipitación media anual de 303.9 mm y temperatura media anual de 17.7 °C (García, 1973 citado por Ruiz, 2006). El análisis sanguíneo se llevo a cabo en el Laboratorio de Reproducción y Laboratorio de Fitomejoramiento, el análisis químico del alimento en el Laboratorio de Nutrición y Alimentos.

El trabajo se efectuó con 42 cerdos en etapa de finalización con peso inicial de 56.85 kg en promedio, y concluyo cuando los cerdos alcanzaban 99.63 kg de peso vivo en promedio. Al iniciar esta etapa se hizo el cambio de alimento de acuerdo a los requerimientos nutricionales; y así evaluar consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y niveles de glucosa, urea, colesterol y minerales (calcio, fósforo y magnesio) en la sangre.

Los tratamientos se establecieron en base a los niveles de zeolita en la dieta (0% (T₁), 2% (T₂) y 4%(T₃), con tres repeticiones y la distribución del numero de animales como se representa en el Cuadro 3.1.

Como ya se menciona anteriormente se utilizaron 42 cerdos (24 machos y 18 hembras de craza tipo comercial (Landrace, Duroc, Yorkshire y Hampshire) de una edad similar (143 días de edad). Los animales se distribuyeron en nueve corraletas, equipadas con comederos y bebederos automáticos, la prueba tuvo en promedio una duración de 44 días.

Cuadro 3.1. Distribución y número de animales de acuerdo a la cantidad de zeolita.

Zeolita	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
0 %	4	6	4
2 %	4	5	4
4 %	5	5	5

3.1. Análisis de la composición química de la dieta utilizada en los tratamientos

La información existente sobre la composición de los alimentos se ha obtenido siguiendo el manual de técnicas utilizadas por A.O.A.C. (1980).

La caracterización de la dieta fue para conocer sus propiedades químicas y así poder ver el comportamiento de la zeolita en los diferentes tratamientos con maíz y sorgo. La composición de las dietas se presentan en los Cuadro 3.3 y 3.4., y el ajuste de los nutrimentos en base a la MS. En los Cuadro 3.5 y 3.6.

Cuadro 3.2. Dieta finalización Maíz + Soya

Determinación	zeolita 0%	zeolita 2%	zeolita 4%
Humedad (%)	9.87	10.4	9.87
MST (%)	90.13	89.6	90.13
Cenizas (%)	5.02	6.80	7.85
Proteína cruda (%)	18.92	17.96	17.01
Fibra cruda (%)	2.68	2.73	2.54
E.E. (%)	4.58	4.39	4.67
E.L.N. (%)	68.80	68.12	67.93
EB (Mcal/kg)	3.914	3.819	3.771

Cuadro 3.3. Dieta de finalización Sorgo + Soya

Determinación	zeolita 0%	zeolita 2%	zeolita 4%
Humedad (%)	10.05	10.14	9.95
MST (%)	89.95	89.86	90.05
Cenizas (%)	6.15	7.1	10.75
Proteína cruda (%)	22.94	16.79	13.42
Fibra cruda (%)	2.92	1.77	1.87
E.E. (%)	3.16	3.13	2.90
E.L.N. (%)	64.83	71.21	71.06
EB (Mcal/kg)	3.838	3.743	3.186

Cuadro 3.4. Dieta finalización ajustada en base a MS, Maíz + Soya

Determinación	zeolita 0%	zeolita 2%	zeolita 4%
Humedad (%)	9.87	10.4	9.87
MST (%)	90.13	89.6	90.13
Cenizas (%)	5.57	7.59	8.71
Proteína cruda (%)	20.99	20.04	18.87
Fibra cruda (%)	2.97	3.05	2.82
E.E. (%)	5.08	3.49	5.18
E.L.N.	65.39	65.83	64.42
EB (Mcal/kg)	3.914	3.819	3.771

Cuadro 3.5. Dieta finalización ajustada en base a MS, Sorgo + Soya

Determinación	zeolita 0%	zeolita 2%	zeolita 4%
Humedad (%)	10.05	10.14	9.95
MST (%)	89.95	89.86	90.05
Cenizas (%)	6.84	7.90	11.94
Proteína Cruda (%)	25.50	18.68	14.90
Fibra Cruda (%)	3.25	1.97	2.08
E.E. (%)	3.51	3.48	3.22
E.L.N. (%)	60.9	67.97	67.86
EB (Mcal/kg)	3.838	3.743	3.186

3.2. Ingredientes utilizados en la dieta de los cerdos

El contenido y cantidad de los ingredientes utilizados en las dietas y los costos por tonelada y kilogramo de cada uno de los ingredientes se presentan en el Cuadro 3.6.

Cuadro 3.6. Ingredientes y costo de los ingredientes en la etapa de finalización.

INGREDIENTES	% EN DIETA	P.C %	ED (kcal/ día)	Ca %	Lisin a %	P %	Finali (kg)	Cost (\$/ton)	Cos/ kilo (\$/kg)
Maíz amarillo o sorgo molido	75.7	8.3	3454.5	0.03	0.26	0.28	757	1665.4	2.2
Pasta de soya 47%	20	43.8	3490	0.32	2.83	0.65	200	954	4.77
Grasa animal	1.5		7800				15	55.5	3.7
Calcio 38%	0.8			38			8	7.92	0.99
Vit-AA-Min 35 Forte VP MID	2	11.76		21		4.9	20	197.6	9.88
Zeolita								1000	1.00
TOTAL	100						1000		

En el Cuadro 3.7. Se presentan los costos por tonelada y por kilo de la dieta en los diferentes tratamientos.

Cuadro 3.7. Costos de la dieta por tonelada y kilogramo.

	Zeolita 0 %	Zeolita 2 %	Zeolita 4 %
Costo/ton	2880.42	2842.81	2805.20
Costo/kg	2.89	2.84	2.81

Las dietas se mezclaron de dos formas; en primera los ingredientes de la dieta base se mezclaron de forma mecánica en la revolvedora, después de forma manual se revolvió la zeolita con la dieta base; o sea, dependiendo del porcentaje que se va a mezclar, primero se pesaba la dieta base y luego se adicionaba la zeolita y con una pala se revolvía, formando dos montículos para asegurar que esté homogéneo la dieta base y la zeolita; no se realizaba con la revolvedora por que como es un ingrediente que se adicionaba en cantidades mínimas, por gravedad se precipitaría en la parte baja de la tolva y no estaría homogénea.

Para estimar el consumo de alimento se hizo en base al peso del alimento ofrecido al inicio del estudio menos el peso del alimento rechazado al final del experimento, dividiendo esta diferencia entre el número de días que tomo la investigación y el número de animales por corraleta.

La conversión alimenticia se realizó dividiendo el consumo diario de alimento sobre incremento diario de peso.

3.3. Colección de sangre y análisis químico

La extracción de sangre se realizó en la vena yugular con tubo vacutainer.

El muestreo de sangre se realizó en dos machos y dos hembras seleccionados aleatoriamente de cada tratamiento y repeticiones, al principio y final de la etapa (56.85 kg de peso vivo en promedio al inicio del proyecto y a los 99.63 kilogramos de peso vivo en promedio al final del proyecto); se recolectaron 10 ml aproximadamente de sangre por animal, las

muestras fueron llevadas al laboratorio, se centrifugaron a 2000 rpm por 15 minutos, se separó el suero y se congeló para su posterior análisis.

El suero fue analizado para determinar la concentración de metabolitos y electrolitos, siguiendo el método de acuerdo a las instrucciones de cada kit (Cuadro 3.8).

Cuadro 3.8. Método utilizado siguiendo las instrucciones del kit correspondiente a cada determinación.

DETERMINACIÓN	MÉTODO UTILIZADO
Colesterol	Enzimática de punto final
Creatinina	Determinación <i>in vitro</i> en sistemas fotométricos
Proteínas totales	Biuret
Urea	Ureasa-Berthelot modificado
Glucosa	GOD-PAP
Calcio	Orto Cresoftaleina
Magnesio	Azul de Xilidil
Fósforo	Fosfomolibdato

3.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos en el presente trabajo, se realizó mediante un diseño bloques al azar con submuestreos (Steel y Torrie 1986).

El modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable aleatoria correspondiente al i-ésimo tratamiento (nivel de zeolita) del j-ésimo bloques.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j = Efecto del j-ésimo bloques.

ε_{ij} = Error de muestreo o variabilidad biológica.

Los datos fueron procesados en el paquete estadístico JMP (2002). Para Windows, a los cuales se aplicó un análisis descriptivo y prueba F ($P \leq 0.05$).

Las variables evaluadas fueron:

Comportamiento productivo

- Consumo diario
- Ganancia diaria de peso
- Conversión alimenticia

Análisis sanguíneo

- Glucosa
- Urea
- Proteínas totales
- Creatinina
- Colesterol
- Calcio
- Fósforo
- Magnesio

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis del comportamiento productivo en incremento de peso y conversión alimenticia.

El número de observaciones se presentan en el Cuadro 8.1.

Incremento de peso

De acuerdo al Cuadro 8.2 en incremento de peso no existe diferencia significativa ($P>0.05$) en los niveles de zeolita (tratamientos), como se puede observar en la Figura 4.1. Que el tratamiento 2, tiene un incremento mayor comparado con los otros tratamientos.

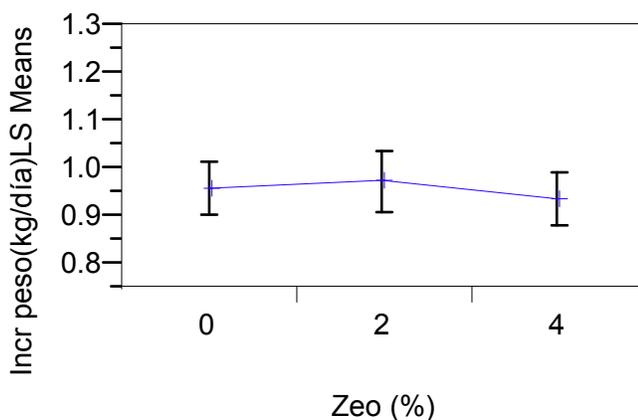


Figura 4.1. Comportamiento del incremento de peso en los tratamientos.

Sin embargo algunos autores han reportado diferencias significativas ($P\leq 0.05$) no solo con el 2 % de zeolita en la dieta sino que también con otros niveles como el 3, 5 y 6 % de zeolita. Kyriakis (2002); y Alexopoulos (2007) demostraron que al adicionar en la dieta de cerdo el 2 % de zeolita se presentaron efectos benéficos sobre la productividad de la granja, promoviendo rendimiento en cerdos, aumentando el rendimiento en la etapa de crecimiento y finalización.

Los resultados obtenidos en este trabajo se puede atribuir a varios factores como puede ser: la etapa de alimentación, algunos autores encontraron mejores incrementos de peso cuando se adiciona zeolita en las etapas de iniciación y crecimiento, tal es el caso de Sardi *et al.*, (2002), Castro *et al.* (1996). A la localización, como es conocido las coordenadas son diferentes de un

punto a otro, a pesar de que los cerdos están adaptados en climas templados y semitropicales, existe diferencia en el comportamiento animal. Por ejemplo Cuba y Estados Unidos son países donde se han desarrollado este tipo de experimento obteniéndose resultados satisfactorios. Por otro lado puede ser la forma de mezclar la dieta, en la parte que se realizó manualmente, se pudo acumular gran cantidad de zeolita en algunas partes de la dieta, a pesar de que se trato de que sea lo mas homogéneo posible.

Por otro lado el embolsado del alimento puede que se haya precipitado en la parte baja de la bolsa. Castro e Iglesias (1989) y Sardi *et al.* (2002) demostraron que existe diferencia significativa al incluir 3 y 6 % de zeolita en la dieta y ellos encontraron ganancia diaria de peso y conversión alimenticia significativa. Pero Prvulovic *et al.* (2007) concluyeron que la adición del 5 % de clinoptilolita en la dieta, en las etapas de inicio y crecimiento los cerdos tienen altas ganancias de peso en comparación con el grupo control, pero en la fase de finalización los parámetros de crecimiento son bajos.

Numéricamente se puede observar que el incremento de peso es superior en el tratamiento 2 y conversión alimenticia es inferior en tratamiento 2 y superior en el tratamiento 3 (4 % de zeolita) en comparación con el tratamiento 1 (0 % de zeolita), presentado en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Valores promedios de comportamiento animal respecto al alimento.

Determinación	zeolita 0%	zeolita 2%	zeolita 4%
Consumo diario (kg)	3.241	3.291	3.520
Incremento peso (kg/día)	1.005	1.031	0.968
Conversión alimenticia	3.225	3.192	3.636

Conversión alimenticia

De acuerdo al análisis de varianza del Cuadro 8.3. La conversión alimenticia presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en todos los tratamientos, observándose en la Figura 4.2. que el tratamiento 1 y 2 la conversión tiene una similitud, y en el tratamiento 3 se observa que los animales consumieron mas alimento comparado son los demás tratamientos pero el incremento de peso es el mas bajo que los otros tratamientos.

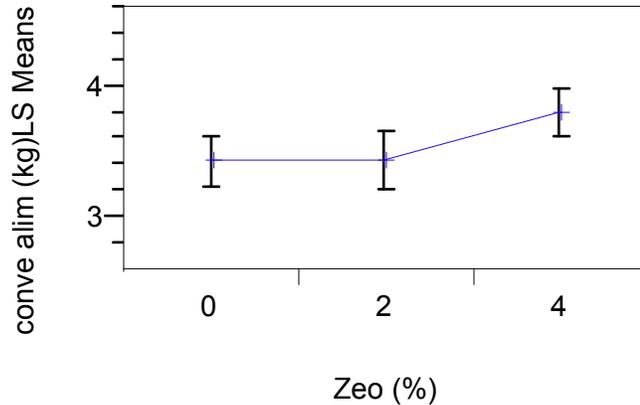


Figura 4.2. Comportamiento de conversión alimenticia en los tratamientos (kg)

En la conversión alimenticia se espera que los animales aumenten al máximo su producción con el mínimo alimento consumido al menor costo posible. Visto en otra forma el comportamiento animal es el resultado del consumo de alimento, y con ello sus nutrimentos, concentración energética, digestibilidad y metabolismo (Shimada, 2005).

En los Cuadros 3.2., 3.3., 3.4. y 3.5. se observa que el nivel de energía disminuye debido que se quito alimento para meter el tratamiento correspondiente; cuando el nivel de zeolita es mayor el contenido de EB disminuye, pero las cenizas aumentan porque la zeolita contiene mas minerales.

La proteína disminuye a medida que se aumenta el nivel de zeolita, debido a que se quitaba alimento, automáticamente modificaba la cantidad de nutrientes.

Cuando la concentración de energía de la dieta se diluye o reduce, el animal aumenta su consumo de alimento, lo que ocasiona un ajuste automático que le permite mantener constante su ingestión energética. Por el contrario, cuando la dieta se modifica de tal manera que aumenta su contenido energético, el animal reduce su consumo con el objeto de mantener su ingestión energética al nivel constante anterior (Shimada, 2005).

4.2. Análisis del contenido de metabolitos y minerales en el animal.

En el Cuadro 4.2. se presentan los valores obtenidos en los diferentes tratamientos de los cerdos muestreados y se aprecia que el contenido de magnesio y calcio numéricamente, no se encuentra dentro de los valores normales de Merck (2000; Cuadro 2.1.) También se puede observar que el contenido de colesterol, proteínas totales, calcio, magnesio, numéricamente es superior en el tratamiento 2.

Cuadro 4.2. Valor promedios obtenido en el laboratorio del análisis sanguíneo

Determinación	T1 zeolita 0%	T2 zeolita 2%	T3 zeolita 4%
Glucosa (mg/dl)	63.142	91.233	93.608
Urea (mg/dl)	16.768	9.058	10.531
Creatinina(mg/dl)	1.323	1.117	1.366
Colesterol (mg/dl)	75.000	87.283	84.167
Prot. Totales (mg/dl)	4.644	6.663	6.222
Calcio (mg/dl)	6.519	7.776	6.870
Fósforo (mg/dl)	7.592	8.200	8.717
Magnesio (mg/dl)	1.745	1.962	1.841

Al analizar los resultados se observa que en la etapa de finalización, los niveles glucosa, urea y proteínas totales existe diferencia significativa en los tratamientos ($P \leq 0.05$) pero en lo que respecta el resto de los metabolitos y minerales que se estudiaron en el presente trabajo no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$).

Las proteínas totales es altamente significativo ($P \leq 0.05$), en los tratamientos de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 8.5.), y se aprecia que en la Figura 4.3. En el tratamiento 2 (2 % de zeolita) el nivel de proteínas en sangre es el mas alto de los tres tratamientos y el tratamiento 1 es el nivel mas bajo.

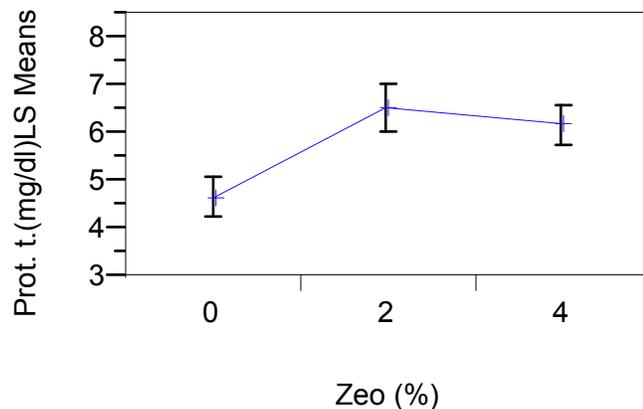


Figura 4.3. Comportamiento de proteínas totales en los tratamientos.

El contenido de proteínas totales fue superior (40 y 30 %) en los cerdos alimentados con 2 y 4 % de zeolita respectivamente. Los valores obtenidos en esta etapa se encuentra dentro del rango establecido en el manual de Merck (2000; Cuadro 2.1.).

En análisis de varianza de glucosa (Cuadro 8.6.) existe diferencia altamente significativa ($P \leq 0.05$) en los tratamientos. En la Figura No. 4.4. se observa que el tratamiento 3, el nivel de glucosa en sangre es el mas alto, el tratamiento 1 tiene el nivel mas bajo de de glucosa en sangre.

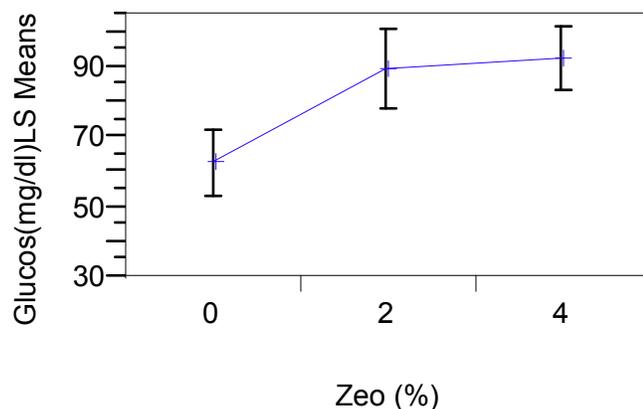


Figura 4.4. Comportamiento de la glucosa en los tratamientos

El aumento de glucosa por la adición de zeolita en la dieta en la etapa de finalización fue de 50 y 40 % para los animales que consumieron dieta con 4 y 2 % de zeolita respectivamente

comparándose. Los valores obtenidos en esta etapa se encuentran dentro del rango que recomienda el manual de Merck (2000; Cuadro 2.1.).

La glucosa es el producto final de la digestión de los carbohidratos, en los no rumiantes es la forma en la que circula con la sangre, es la fuente de energía (Maynard, 1975). La concentración energética del alimento tiene un efecto importante en el consumo voluntario en especial en los animales no rumiantes, independientemente del mecanismo biológico que regula su control. Puede atribuirse a la disminución de energía ya que al mezclar la zeolita con la dieta en contenido de energía disminuyó, provocando que el animal consumiera mas alimento para aumentar su contenido energético, (Shimada, 2005).

En la urea hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los tratamientos de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 8.7.), en los animales tratados con el 2 % de zeolita en la dieta el nivel de urea es el mas bajo de los tres tratamientos, en el tratamiento 1 el nivel de urea es el mas alto, como se puede apreciar en la Figura 4.5.

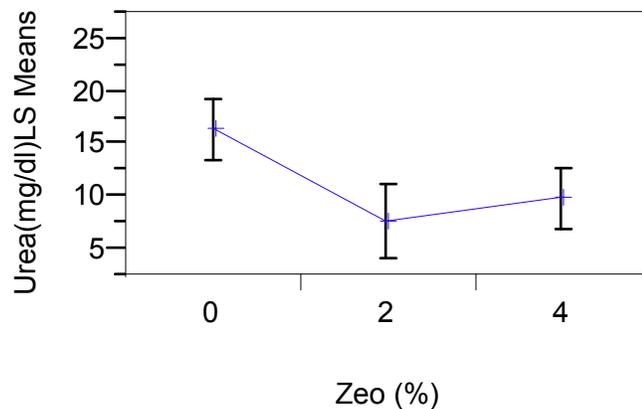


Figura 4.5. Comportamiento de la urea en los tratamientos.

El nivel de urea fue menor en un 50 % en tratamiento 2 y 37.5 % en tratamiento 3 en cerdos alimentados con zeolita en la etapa de finalización comparados con el tratamiento 1 (0 % de zeolita), encontrándose dentro del rango establecido para este metabolito en el del manual de Merck (2000) Cuadro 2.1.

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 8.8.) La creatinina no presentó diferencia significativa ($P>0.05$) en los diferentes tratamientos. En la Figura 4.6. se puede apreciar que el tratamiento 1 el nivel de creatinina es el mas alto, el tratamiento 2 es el mas bajo.

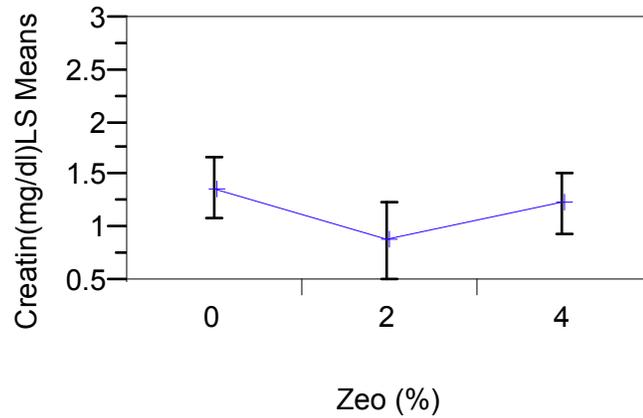


Figura 4.6. Comportamiento de la creatinina en los tratamientos.

También en el colesterol no hay diferencia significativa ($P>0.05$) en los tratamientos en relación al análisis de varianza (Cuadro 8.9.) Ocurre lo contrario que la creatinina, el tratamiento 2 el nivel de colesterol es superior que los demás como se observa en la Figura 4.7.

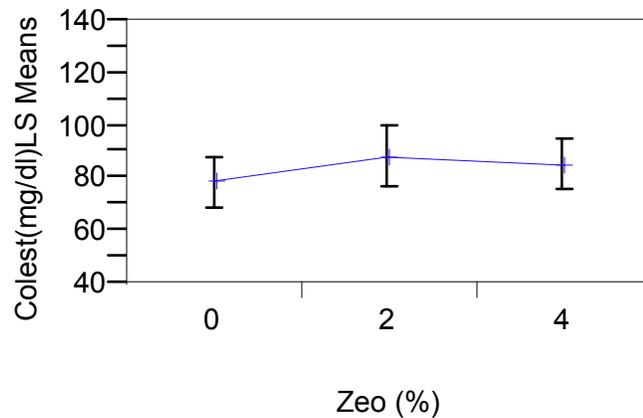


Figura 4.7. Comportamiento del colesterol en los tratamientos.

El Análisis de varianza (Cuadro 8.10) del calcio no presenta diferencia significativa en el calcio ($P>0.05$) en los tratamientos. En la Figura 4.8. se aprecia que el tratamiento 2 el nivel de calcio es superior comparado con los otros tratamientos, aunque no hay diferencia significativa.

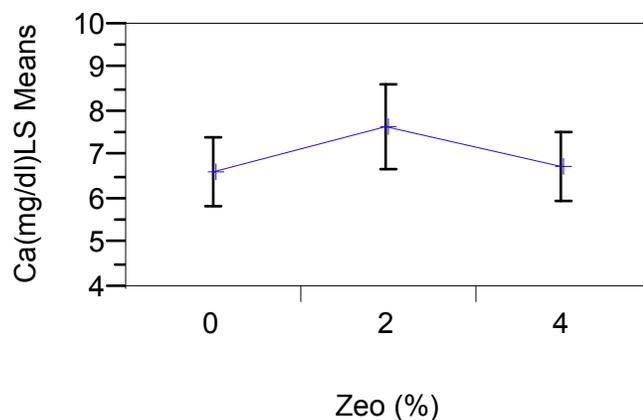


Figura 4.8. Comportamiento del calcio en los tratamientos.

En el fósforo no hay diferencia significativa ($P>0.05$) (Cuadro 8.11.) entre niveles de zeolita en la dieta. Como se puede observar en la Figura 4.9. El nivel de fósforo en el tratamiento 3 es el más elevado.

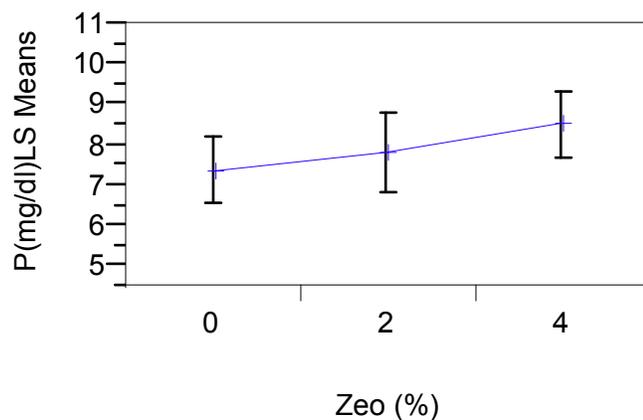


Figura 4.9. Comportamiento del fósforo en los tratamientos

En el análisis de varianza (Cuadro 8.12.) no hay diferencia significativa ($P>0.05$) en los tratamientos de acuerdo al nivel de magnesio en sangre. En la Figura 4.10. se observa que el contenido de magnesio en los tratamientos tiene una ligera diferencia, en los tres tratamientos. Obteniendo el nivel mas elevado el tratamiento 2 y el mas bajo el tratamiento 1.

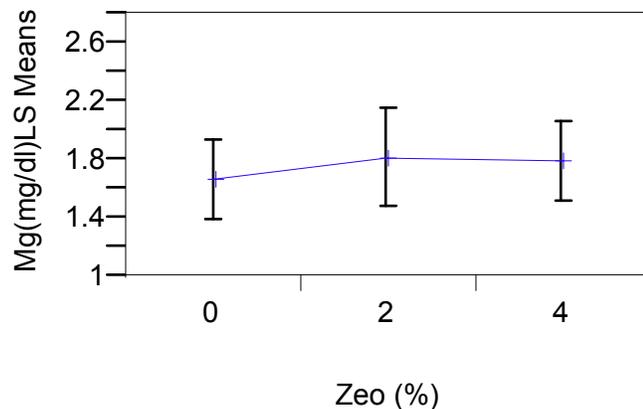


Figura 4.10. Comportamiento del magnesio en los tratamientos.

Algunos autores reportan que al incluir el 2 y 5 % de zeolita en la dieta no produce efectos dañinos en la salud del animal, por tanto no es contraproducente al animal. Por ejemplo Alexopoulos (2007), concluye que la inclusión de 2 % de clinoptilolita en la dieta, no afecta el estado de salud, en relación a sus perfiles bioquímicos y hematológicos. No hay efecto en suero sanguíneo sobre K, Na, Ca, P, proteína total, albúmina; no hay alteración con respecto al hematocrito, el recuento de leucocitos y concentración de hemoglobina. Y Prvulovic *et al.* (2007) concluyeron que la adición del 5 % de clinoptilolita en la dieta, cumplen con los parámetros bioquímicos de suero sanguíneo, concentración alta de triglicéridos y concentración baja de colesterol.

En los minerales no hay diferencia porque los animales se desarrollan adecuadamente y son animales de alta calidad genética, produciendo músculo como lo indica Wiseman y Mahan (2006).

5. CONCLUSIONES

Los resultados indican que en las condiciones del presente estudio, la adición de zeolita en la dietas de cerdos, no tiene diferencia significativa en el incremento de peso por tratamiento, pero si hay diferencia significativa en conversión alimenticia; y en los metabolitos glucosa, urea y proteínas totales en sangre.

A medida que se aumenta el nivel de zeolita en la dieta disminuye el contenido de energía bruta (EB) y fibra cruda en la dieta. Pero a medida que aumenta el nivel de zeolita también aumenta las cenizas y proteína cruda. Por lo tanto los animales consumen mas alimento para poder satisfacer sus requerimientos, para que su producción sea el adecuado.

Los metabolitos y minerales estudiados no se encuentran fuera de los rangos establecidos, por lo tanto no hay alteración en su concentración en sangre y no causa daños al animal ni al consumidor.

Es necesario realizar más investigación sobre la adición de zeolita a la dieta de cerdos y su efecto en la ganancia de peso, conversión alimenticia, concentración de metabolitos y minerales en suero sanguíneo del animal (salud del animal) para poder determinar el nivel óptimo de zeolita y la etapa en la que se tiene mejores resultados, ya que algunos autores indican que el 2, 3, 5, y 6 % de zeolita es el óptimo, esto se deberá a varia parámetros que se tienen que tomar en cuenta al momento de iniciar la prueba, como son ubicación del experimento, época, ingredientes en la dieta.

6. RESUMEN

Para conocer el efectos de la zeolita en la dieta de cerdos en finalización sobre el comportamiento productivo se trabajo con 42 cerdos (24 machos y 18 hembras) cruzados (Landrace, Duroc, Yorkshire y Hampshire) de 143 días de edad, con 56.85 ± 5.0 kg de peso vivo al inicio y con 99.63 kg de peso final. Se alimento con una dieta base incorporando zeolita (0, 2, y 4 % de la dieta). El experimento tuvo una duración de 44 días en promedio y se realizó de julio a septiembre del 2008 en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizados en Saltillo, Coahuila, México. Se midió consumo por tratamiento, incremento de peso y conversión alimenticia; al inicio y final de la prueba, se tomo muestra de 10 ml aproximadamente de sangre de animales seleccionados de forma aleatoria (2 hembras y 2 machos) por cada tratamiento y repetición para determinar la concentración de glucosa, urea, creatinina, colesterol, proteínas totales, calcio, fósforo y magnesio. Se aplico un diseño bloques al azar para comparar el comportamiento del nivel de zeolita. En incremento de peso y consumo diario no existe diferencia significativa ($P > 0.05$) en los niveles de zeolita en la dieta de los cerdos, pero si hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en conversión alimenticia. Numéricamente existe mejor incremento de peso utilizando el 2 % de zeolita en la dieta comparados con los otros tratamientos. En glucosa, urea y proteínas totales hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) con respecto al nivel de zeolita. Los niveles de glucosa, urea y proteínas totales se encuentran en los niveles normales haciendo que la salud y condición de los animales sean buenas, ya que no causa toxicidad al organismo del animal ni al consumidor. Se puede considerar el nivel 2 % de zeolita ya que los costos de la dieta disminuyen y que la conversión alimenticia es la mas baja.

Palabras clave: Zeolita, cerdos en finalización, aditivos, metabolitos y minerales.

7. LITERATURA CITADA

Acosta, A., Lon-Wo, E. y Dieppa, O. 2005. Efecto de la zeolita (clinoptilolita) y de diferentes esquemas de alimentación en el comportamiento productivo del pollo de ceba. *Rev. Cubana de Cienc. Agríc.* 39:319-326.

Alexopoulos, C. 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

Amon, M., Dobeic, M., Sneath, R., Phillips, V., Misselbrook, T. y Pain, B. 1997. A farm-scale study on the use of clinoptilolite zeolite and De-Odorase(R) for reducing odour and ammonia emissions from broiler houses. *Bioresource Tech.* 61:229-237

A.O.A.C. 1980. Association of Official Analytical Chemist Official Methods of Analytical Chemistl, Washington, D.C. o Análisis Proximal o Weendy.

Bush, M.1982. Manual del Laboratorio Veterinario de Análisis Clínicos. Editorial ACRIBIA. Zaragoza, España.

Castro, M. 2005. Digestibilidad ileal de dietas de leucaena para cerdos. Influencia de la inclusión de zeolita. *Inst. Inv. Porcina. La Habana, Cuba*

Castro, M. y Savon, L. 1998. Efecto acumulativo de la zeolita en la carne y vísceras de cerdo. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 32:59.

Castro, M. e Iglesias, M. 1989. Efecto de la zeolita en dietas tradicionales para cerdos en ceba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 23:273.

Castro, M., Guerra, M. y Rodríguez, Y. 1996. Effect of zeolite on swine diets and concentrate feed with Saccharina for fattening pigs. *Cuban J. Agric. Sci.* 30:177-180.

Cervantes, R. 2000. Utilización de enzimas exógenas en dietas para cerdos. Memorias del VIII Congreso Internacional de Nutrición Animal. 30 y 31 de marzo. U.A.CH. Chihuahua, Chih. México.

Deligiannis, K., Lainas, T., Arsenos, G., Papadopoulos, E., Fortomaris, P., Kufidis, D., Stamataris, C. y Zygoiannis, D. 2005. The effect of feeding clinoptilolite on food intake and performance of growing lambs infected or not with gastrointestinal nematodes. *Livestock Prod. Sci.* 96:195-203

Fokas, P., Zervas, G., Fegeros, K. y Zoiopoulos, P. 2004. Assessment of Pb retention coefficient and nutrient utilization in growing pigs fed diets with added clinoptilolite. *Anim. Feed Sci. Tech.* 117:121-129.

JMP. 2002. User's guide. V5. SAS Institute. N.Y. U.S.A. 275 p.

Jubb, F. y Kennedy, C. 1973. Patología de los animales domésticos. Editorial LABOR. Zaragoza, España.

Kyriakis, C., Papaioannou, S., Alexopoulos C., Polizopoulou Z. y Tzika, D. 2002. Experimental studies on safety and efficacy of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff in sows: a review of recent research Greece. *Microporous and Mesoporous Materials* 51. pp. 65–74.

Lizaso, J. 1994. Programas de alimentación en el cebo de cerdos. X curso de especialización. FEDNA. Tres Cantos, Madrid.

Mariscal L., G. 2007. Tratamiento Excretas Cerdos. Capítulo 7. CENID Fisiología. INIFA. FAO.

Martinez, M., Castro, M., Hidalgo, K., Ayala, U., Pérez, R., Hernández, L. y Baez, L. 2004. Effective utilization of natural zeolite for diarrhea control. *Cuban J. Agric. Sci.* 38:87-390.

Maxine M. 1962. Compendio de patología clínica veterinaria. Iowa State University Press. Amer, Iowa.

Maynard, L. y Loosli, J. 1975. Nutrición Animal. 6ª ed. McGraw-Hill. Nueva York, E.U.A.

Maynard, L, Loosli, J. Hintz, H. y Warner R. 1981. Nutrición animal. 7ª ed. McGraw-Hill. México.

Mc Donald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J. y Morgan, C. 1999. Nutrición Animal. 5ª ed. Editorial Acribia. United, Zaragoza, España.

Merck, 2000. Guía de referencia: Bioquímica sérica (criterios de valoración). Manual de Merck de veterinaria. 5ª ed. Océano Grupo Editorial. Barcelona, España. p. 2454-2455.

Medway, D., Prier, P. y Wilkinson, S. 1990. Patología clínica veterinaria. UTEHA. México.

Mumpton, F. 1999. Uses of natural zeolitas in agriculture and industry. Clarkson, N. Y. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. Colloquium Paper. 96: 3463 – 3470.

Nieves, M. 2000. Efecto de productos de naturaleza zeolítica sobre el crecimiento y la calidad dietética de microalgas para la acuicultura. Tesis de Doctorado. FMVZ, Universidad de Colima. Colima, México.

Prieto, P. 2004. Una nota sobre la utilización de una zeolita natural cubana en el tratamiento de la diarrea en cerditos lactantes. Rev. Comput. Prod. Porcina. 11 (1). La Habana, Cuba.

Prvulovic, D., Galovic, A., Stanitic, B. y Grubor, G. 2007. Effects of a clinoptilolite supplement in pig diets on performance and serum parameters. Czech Republic. J. Anim. Sci. 52 (6):159-164.

Rodriguez, A., Gonzalez, C., Diaz, L., Hurtado, E. y Vecchionacce, H. 2001. Effect of oil and zeolite incorporation in diets for pigs on the apparent total digestibility. Rev. Unellez Cien. Tec. Volumen Especial: 40-45.

Ruiz R. 2006. Principales factores que afectan la reproducción del cerdo. Tesis de Licenciatura. Medico Veterinario Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México.

Sardi, L. Martelli, G. y Parisini, P. 2002. The effects of clinoptilolite on piglet and heavy pig production. J. Anim. Sci. 1:103-111.

Shimada, A. 2005. Nutrición animal. Editorial Trillas. México, D.F.

Timmermans, R. 2007. Cerdos. [http//es.wikipedia.org/wiki/cerdo](http://es.wikipedia.org/wiki/cerdo). Citado el 1 de Octubre, 2008.

TserveniGousi, A., Yannakopoulos, A., Katsaounis, N., Filippidis, A. y KassoliFournaraki, A. 1997. Some interior egg characteristics as influenced by addition of greek clinoptilolitic rock material in the hen diet. Archiv Fur Geflugelkunde 61:291-296.

Venglovsky, J., Pacajova, Z., Sasakova, N., Vucemilo, M. y Tofant, A. 1999. Adsorption properties of natural zeolite and bentonite in pig slurry from the microbiological point of view. Vet. Med. 44:339-344

Wiseman, T. y Mahan, D. 2006. Needs of minerals in pigs with a contained height of lean and high-yield bristles. J. Anim. Sci. (submitted)

Xia, M., Hu, C. y Xu, Z. 2005. Effects of copper bearing montmorillonite on the growth performance, intestinal microflora and morphology of weanling pigs. Anim. Feed Sci. Tech. 118:307-317.

Zaldívar, V., Margolles, E. y Muñoz, C. 2006. Utilización de las zeolitas naturales cubanas en la producción de monogástricos, Aspectos-metabólicos y de salud. C. Na. Sanidad Agrop. Habana, Cuba.

8. APÉNDICE

Cuadros del análisis de varianza

Cuadro 8.1. Número de observaciones en cada tratamiento N= 42

0% zeolita	2 % zeolita	4 % zeolita
14	13	15

Cuadro 8.2.- Análisis de varianza para incremento de peso (kg/día).

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	11	0.35544976	0.032314	3.9332	
Sx	1	0.06680544	0.066805	8.1316	0.0078*
T. Racial	1	0.03967005	0.039670	4.8286	0.0359*
P Ini (kg)	1	0.00225560	0.002256	0.2746	0.6041
Zeo (%)	2	0.00979117	0.004896	0.5959	0.5575
Bloq	2	0.10330812	0.051654	6.2873	0.0052*
Trat*Bloq	4	0.01346899	0.003367	0.4099	0.8001
Error	30	0.24646750	0.008216		
Total	41	0.60191726			

Cuadro 8.3. Análisis de varianza para conversión alimenticia (kg)

F.V.	G.L.	S.C	C.M.	F.C	P > F
Modelo	11	4.1522613	0.377478	4.0085	
Sx	1	0.6610004	0.661000	7.0193	0.0127
T. Racial	1	0.5946605	0.594661	6.3148	0.0176
P Ini (kg)	1	0.0185174	0.018517	0.1966	0.6606
Zeo (%)	2	1.3029439	0.651472	6.9181	0.0034
Rep	2	0.1923662	0.096183	1.0214	0.3723
Trat*Rep	4	0.1450059	0.036251	0.3850	0.8176
Error	30	2.8250585	0.094169		
Total	41	6.9773198			

Cuadro 8.4. Número de observaciones utilizadas para metabolitos y minerales N = 33

0 % zeolita	2 % zeolita	4 % zeolita
11	11	11

Cuadro 8.5. Análisis de varianza para proteínas totales (mg/dl).

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	11	54.100916	4.91827	12.7921	
Sx	1	5.704103	5.70410	14.8361	0.0009*
T. Racial	1	0.016915	0.01692	0.0440	0.8359
P Ini (kg)	1	6.807136	6.80714	17.7050	0.0004*
Zeo (%)	2	19.965218	9.98261	25.9642	<.0001*
Bloq	2	1.391251	0.69563	1.8093	0.1884
Trat*Bloq	4	8.212659	2.05316	5.3402	0.0040*
Error	21	8.073981	0.38448		
Total	32	62.174897			

Cuadro 8.6. Análisis de varianza para glucosa (mg/dl).

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	11	12453.868	1132.17	6.0984	
Sx	1	50.4889	50.49	0.2720	0.6075
T. Racial	1	2.6828	2.68	0.0145	0.9055
P Ini (kg)	1	0.9558	0.96	0.0051	0.9435
Zeo (%)	2	5633.0145	2816.51	15.1711	<.0001*
Bloq	2	2078.7471	1039.37	5.5986	0.0113*
Trat*Bloq	4	2420.2018	605.05	3.2591	0.0315*
Error	21	3898.631	185.65		
Total	32	16352.499			

Cuadro 8.7. Análisis de varianza para urea (mg/dl).

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	11	575.24067	52.2946	2.7854	
Sx	1	21.82009	21.8201	1.1622	0.2932
T. Racial	1	16.64549	16.6455	0.8866	0.3571
P Ini (kg)	1	10.01205	10.0121	0.5333	0.4733
Zeo (%)	2	404.78429	202.3921	10.7800	0.0006*
Bloq	2	0.98106	0.4905	0.0261	0.9742
Trat*Bloq	4	101.20089	25.3002	1.3476	0.2856
Error	21	394.26942	18.7747		
Total	32	969.51010			

Cuadro 8.8. Análisis de varianza para creatinina (mg/dl).

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	11	2.6423934	0.240218	1.2352	
Sx	1	0.4352306	0.435231	2.2380	0.1495
T. Racial	1	0.2632034	0.263203	1.3534	0.2577
P Ini (kg)	1	0.6301684	0.630168	3.2404	0.0862
Zeo (%)	2	1.2311675	0.615584	3.1654	0.0629
Bloq	2	0.2564592	0.128230	0.6594	0.5276
Trat*Bloq	4	0.2627782	0.065695	0.3378	0.8494
Error	21	4.0839036	0.194472		
Total	32	6.7262970			

Cuadro 8.9. Análisis de varianza para colesterol (mg/dl).

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	11	10030.887	911.899	4.4269	
Sx	1	384.0636	384.064	1.8645	0.1866
T. Racial	1	151.8220	151.822	0.7370	0.4003
P Ini (kg)	1	8.6487	8.649	0.0420	0.8396
Zeo (%)	2	485.8801	242.940	1.1794	0.3270
Bloq	2	908.4012	454.201	2.2050	0.1351
Trat*Bloq	4	6734.2447	1683.561	8.1730	0.0004*
Error	21	4325.802	205.991		
Total	32	14356.689			

Cuadro 8.10. Análisis de varianza para Calcio (mg/dl).

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	11	31.942887	2.90390	2.0520	
Sx	1	1.381867	1.38187	0.9765	0.3343
T. Racial	1	0.799336	0.79934	0.5648	0.4607
P Ini (kg)	1	2.580360	2.58036	1.8234	0.1913
Zeo (%)	2	6.023549	3.01177	2.1282	0.1440
Bloq	2	1.960030	0.98002	0.6925	0.5114
Trat*Bloq	4	13.278766	3.31969	2.3458	0.0878
Error	21	29.718064	1.41515		
Total	32	61.660952			

Cuadro 8.11. Análisis de varianza para fósforo (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	11	58.029722	5.27543	3.5772	
Sx	1	1.290928	1.29093	0.8754	0.3601
T. Racial	1	0.142903	0.14290	0.0969	0.7586
P Ini (kg)	1	15.664192	15.66419	10.6218	0.0038*
Zeo (%)	2	7.237000	3.61850	2.4537	0.1102
Bloq	2	13.739333	6.86967	4.6583	0.0212*
Trat*Bloq	4	22.972221	5.74306	3.8943	0.0161*
Error	21	30.969066	1.47472		
Total	32	88.998788			

Cuadro 8.12. Análisis de varianza para magnesio (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	11	0.8090918	0.07355	0.4415	
Sx	1	0.00080581	0.00081	0.0048	0.9452
t. Racial	1	0.24620488	0.24620	1.4777	0.2376
P Ini (kg)	1	0.07912376	0.07912	0.4749	0.4983
Zeo (%)	2	0.12241140	0.06121	0.3673	0.6969
Bloq	2	0.20286142	0.10143	0.6088	0.5533
Trat*Bloq	4	0.32679476	0.08170	0.4903	0.7428
Error	21	3.4989324	0.16662		
Total	32	4.3080242			