

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



*EFFECTO DE LA ZEOLITA EN CERDOS EN LAS ETAPAS DE
INICIACION Y CRECIMIENTO*

Por:

JORGE UNVERTO REYES CRUZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

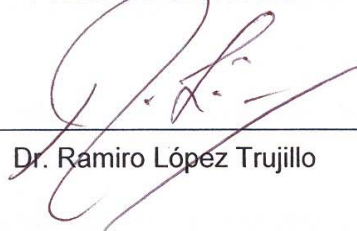
Marzo de 2009

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

“EFECTO DE LA ZEOLITA EN CERDOS EN LAS ETAPAS DE
INICIACION Y CRECIMIENTO”

Tesis presentada por **Jorge Unverto Reyes Cruz** como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista ante el jurado examinador siguiente:

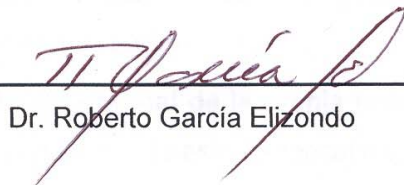
Presidente del Jurado



Dr. Ramiro López Trujillo

Vocal

Vocal



Dr. Roberto García Elizondo



Ing. Bulmaro Méndez Argüello

El Coordinador de la División de Ciencia Animal

Alma Terra Mater

Universidad Autónoma Agraria
“ANTONIO NARRO”



Ing. José Rodolfo Peña Oranday



COORDINACION DE
ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Marzo de 2009

AGRADECIMIENTOS

Son muchas personas a los que me gustaría agradecer su apoyo, consejo, dedicación, comprensión, amistad, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en el corazón.

GRACIAS:

A Dios, por el camino recorrido, por iluminar mis pasos y haberme dado la oportunidad de formarme como profesionista.

A mi Alma Mater, por la oportunidad y el privilegio de estudiar una carrera agronómica y el superarme profesionalmente.

Al Dr. Ramiro López Trujillo, que con sus exigencias, apoyo y paciencia se obtuvo el logro de los objetivos planteados.

Al Dr. Roberto García Elizondo, por sus conocimientos y la continuidad en todas las facetas de este proyecto.

Al Ing. Bulmaro Méndez Argüello, por su comprensión, sus consejos y su apoyo en mi formación profesional y en la realización de este trabajo.

Al M.C. Manuel Torres Hernández, por sus conocimientos y su apoyo en la realización y seguimiento del proyecto.

A la M.C. Camelia Cruz Rodríguez, por su tutoría y sus conocimientos sobre la producción de cerdos.

A todo el personal de la granja porcina, que de alguna u otra manera fueron una pieza importante de este rompecabezas.

Al T. A. Carlos Arévalo San Miguel, por su apoyo en la realización de los trabajos de laboratorio que se realizaron para complementar con el proyecto. Así como también a la **Maestra Maricela**, por su asesoría en los trabajos de laboratorio.

A la Empresa ZEOMEX S. A de C.V. por el apoyo en la donación de la zeolita y poder llevara acabo el experimento.

Amigos y compañeros, que fueron un apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Donaciana Efigenia Cruz Caballero

Mauro Felipe Reyes Reyes

Mama, gracias por ser la mejor madre del mundo, gracias por todo tu esfuerzo, tu apoyo y por la confianza que depositaste en mi. Gracias porque aunque lejos, siempre has estado ha mi lado. Te quiero mucho.

Papa, este es un logro que quiero compartir contigo, gracias por ser como eres y por creer en mi. Por el esfuerzo tan incomparable en el logro de mis objetivos y poder gozar de una carrera profesional.

A MIS HERMANOS:

María del Rosario

Antonio Felipe

Juana Margarita

Luis Adán

Adela Rosalba

Por sus consejos, cariño y apoyo incondicional de cada uno de ustedes y el sacrificio que hicieron para que yo cumpliera mis sueños. Gracias

A MIS ABUELOS:

Bernardino Reyes Benítez y María Reyes Cruz

Manuel Cruz Martínez (+) y Sirenia Caballero López (+)

Por su valioso ejemplo de superación y consejos de animo que influenciaron en mi preparación.

AL ING. AGUSTIN CARRERA ROJAS

Gracias por el apoyo, es una persona muy especial que hizo una gran diferencia en mi vida y en mi carrera profesional, le estaré agradecido infinitamente.

A TODA MI FAMILIA: TIOS, TIAS, PRIMOS, SOBRINOS Y DEMAS

Por sus consejos, apoyo, animo, alegrías y esperanzas que brindaron durante mi estancia en la universidad.

A MIS AMIGOS

Amigas: Mary, Alice, Jessy, Laurita, Lupita, Anita, Mony, Gaby, Irene y las que me faltan por mencionar. Por su cariño, amistad, consejos y el recuerdo maravilloso que me llevo de cada una de ustedes.

Amigos: Marcelino, Gilberto Cesar, Fausto, Oscar, Andrés, Benito, Santiago, Vicente, Ulises, Salvador, Pedro, Pánfilo, Gilberto Aguilar, Juan Carlos, Rafael, Roger, Juan Ramón, José Luis, Adrian, Ángel y los que faltan en mencionar. Por compartir momentos agradables, tristezas, alegrías, emociones, destrezas. Por brindar confianza, apoyo, respeto y animo.

A todas demás personas que me alentaron para seguir adelante con mi formación profesional, sin importar en donde estén o si alguna vez llegan a leer estas dedicatorias quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

GACIAS A TODOS

ÍNDICE

Página

ÍNDICE DE CUADROS	vii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Situación Actual de la porcicultura en México.....	3
2.1.1. Características y tendencias del sector.....	3
2.1.2. Generación y características de los residuos porcinos.....	4
2.2. Utilización de la zeolita.....	5
2.3. La zeolita en el consumo, incremento de peso y conversión alimenticia....	7
2.4. La zeolita en la salud de los cerdos.....	10
2.5. Efecto de la zeolita en la sangre de cerdos.....	12
2.6. Zeolita en la canal.....	14
2.7. La zeolita en el mejoramiento ambiental.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Ubicación del área de trabajo.....	17
3.2. Animales experimentales.....	17
3.3. Procedimiento experimental.....	18
3.3.1. Análisis bromatológico del alimento.....	18
3.3.2. Análisis de suero sanguíneo.....	20
3.4. Diseño experimental.....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5. CONCLUSIONES	33
6. RESUMEN.....	34
7. LITERATURA CITADA	35
8. APÉNDICE	39

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1. Zeolitas más importantes, fórmula representativa y propiedades.....	6
Cuadro 2.2. Zeolita en cerdos (utilización proteica).....	7
Cuadro 2.3. Comportamiento de cerdos al adicionar zeolita en la dieta.....	8
Cuadro 2.4. La zeolita como tratamiento antidiarreico.....	11
Cuadro 2.5. Efecto de la zeolita en la salud de los cerdos.....	12
Cuadro 3.1. Análisis bromatológico del alimento para la dieta de INICIO Maíz + Soya, con sus respectivos tratamientos.....	19
Cuadro 3.2. Análisis bromatológico del alimento para la dieta de CRECIMIENTO Maíz + Soya, con sus respectivos tratamientos.....	19
Cuadro 3.3. Análisis bromatológico del alimento para la dieta de CRECIMIENTO Sorgo + Soya, con sus respectivos tratamientos.....	20
Cuadro 4.1. Incremento de peso, consumo y conversión alimenticia de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	22
Cuadro 4.2. Glucosa en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	26
Cuadro 4.3. Urea en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	27
Cuadro 4.4. Creatinina en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	28
Cuadro 4.5. Colesterol en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	29
Cuadro 4.6. Proteínas totales en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta...	30
Cuadro 4.7. Calcio en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	31
Cuadro 4.8. Fósforo en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	31
Cuadro 4.9. Magnesio en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	32

1. INTRODUCCION

En la producción con animales en confinamiento, el costo atribuible a su alimentación es comúnmente el factor más relevante; seguido del buen manejo de la granja, prevención de enfermedades y disminución del agobio (estrés), para mantener a los animales en un estado productivo óptimo. Es necesario que estos factores de producción se administren asumiendo actitudes respetuosas con el ambiente.

A los aluminosilicatos, tales como la clinoptilolita (zeolita natural), cuando son mezcladas con el alimento, se les atribuye propiedades para mejorar la productividad de animales rumiantes y no-rumiantes; además de poseer capacidad para adsorber iones de amonio y micotoxinas en el tracto digestivo y en las excretas (Christaki *et al.*, 2006).

El efecto de las micotoxinas en los animales es un problema en la inmunidad e interfieren en los procesos metabólicos, inhibiendo la síntesis proteínica y el funcionamiento de sistemas enzimáticos involucrados con el metabolismo de carbohidratos y grasas. Se ha demostrado que las zeolitas tienen capacidad de adsorber (secuestran) micotoxinas en alimentos, así como en el tracto digestivo de los animales, adsorben humedad durante el proceso de producción y almacenamiento de alimentos; reduce el desarrollo de microorganismos patógenos y parásitos, esporas y hongos (Gharagozlou *et al.*, 2006). También tienen capacidad para disminuir la incidencia de desordenes digestivos, específicamente de diarreas (Martínez, 2004).

Pueden contribuir al control de la contaminación ambiental y emisión de gases, debido a la adsorción de iones amonio y amoniaco, disminución de urea en sangre, y por lo tanto en orina (lo que disminuye la carga de N en los mantos freáticos) y de olores desagradables. Así como en la eficiencia productiva (como son incrementos

de peso y eficiencia en el consumo de alimento) de la especie porcina (Lefcourt y Meisinger, 2001).

En un esfuerzo por hacer de la alimentación animal una ciencia verde (eficiente y saludable tanto para los animales como para el consumidor y el ambiente) y con la visión de ofrecer opciones de bajo costo para aumentar la rentabilidad de las inversiones y trabajo de los porcicultores, reducir el impacto ambiental generado por la actividad porcícola y coadyuvar a agregar valor a los productos de la industria minera, se planteo el objetivo de evaluar el efecto de adicionar zeolita en la dieta de cerdos para abasto en base al comportamiento productivo (incremento de peso, consumo y conversión alimenticia), nivel de metabolitos y minerales en plasma sanguíneo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Situación Actual de la porcicultura en México

2.1.1. Características y tendencias del sector

La porcicultura en México, ocupa el tercer lugar en importancia por su aportación a la producción total de productos cárnicos. Es de suma importancia en la dieta de los estratos de bajos ingresos de la población. Sus características fundamentales siguen siendo su dependencia del exterior en la obtención de pie de cría, insumos alimenticios (entre un 30 y 40 % del sorgo es de importación y más del 80 % de la soya) y un gran impacto en los problemas ambientales de hoy en día (SAGARPA, 2006).

El aumento en las importaciones de carne de cerdo desde EUA y Canadá hacia México, ha sido a un ritmo promedio de 12 % anual en los últimos 10 años. Esta situación junto con el estancamiento de la producción ha paralizado la industria porcicultora mexicana. Se reportan incrementos sostenidos tanto del consumo nacional (3.1 %) como del consumo per cápita (1.7 %) durante la última década, mientras que la producción interna sólo ha crecido poco menos del 2 % en este mismo período. Según economistas, se requiere una evaluación de la producción de carne de cerdo y la situación actual de la industria en México, para ver sus posibilidades reales de competencia y así evitar que el mercado interno quede en manos de productores extranjeros (INIFAP, 2008).

De acuerdo al inventario porcino obtenido en el 2006 hay una producción de 1, 112,800 toneladas, lo cual supera la obtenida en 2005, el consumo per cápita es de alrededor de 11.6 kg/habitante/año (SAGARPA, 2006).

2.1.2. Generación y características de los residuos porcinos

La determinación del impacto ambiental de los desechos porcinos incluyen efectos directos sobre los recursos agua, suelo y aire; factores de perturbación como olores y plagas de insectos; efectos indirectos, sociales y políticos. De estudios realizados se sabe que la orina representa el 45 % y las heces el 55 % de los desechos; el contenido de humedad de la excreta es de 88 %; cerca del 90 % de los sólidos se excretan en las heces y un 10 % en la orina como minerales, potasio, fósforo y amoniaco-nitrógeno (Taiganides *et al.*, 1996). Es por esto y muchos impactos ocasionado por los cerdos se requiere una estricta investigación que solucionen los problemas de la sociedad.

Algunas alternativas, sugeridas por Mariscal (2007) para disminuir la contaminación ocasionada por las excretas son: se debe contar con buen conocimiento sobre la porción del nutrimento que se utilice, esto permitirá mejorar la precisión con que se aportan esos nutrimentos a los cerdos; uso de enzimas exógenas en la dieta principalmente fitasas, con el fin de incrementar la eficiencia de uso del fósforo y consecuentemente disminuir la excreción de fósforo al ambiente; utilizar un programa de alimentación que permita obtener la mejor respuesta de los animales a la dieta de acuerdo a los requerimientos nutrimentales de los cerdos, bajo el concepto de aminoácidos digestibles y proteína ideal; incrementar el número de fases de alimentación y la separación de animales tomando en consideración la edad y sexo; mediante la formulación del alimento alterar la relación de nitrógeno amoniacal, favoreciendo formas de nitrógeno menos volátiles. Así como también se logra acidificando el pH de la orina a través de la reducción de la capacidad buffer del alimento y de esta manera disminuir la conversión de urea y amonio (NH_4) en amoniaco (NH_3) y por ende disminuir las pérdidas de nitrógeno por volatilización.

Los aditivos utilizados en la dieta de cerdos los tenemos 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. A la zeolita se clasifica dentro de los minerales debido a que se considera como un aditivo que mejora la salud de los animales y contribuye a disminuir la contaminación ambiental (Dritz *et al.*, 1997).

2.2. Utilización de la zeolita

México posee grandes reservas de zeolitas naturales aun sin explotar, la experiencia que se ha tenido mundialmente sobre este mineral puede ser una opción en la economía mexicana, siempre que sea con la visión de solucionar los graves problemas de la producción de alimentos, salud y preservación del ambiente. Gracias a su alta y selectiva capacidad de adsorción, su estabilidad en las condiciones de altas temperaturas y bajo pH, la clinoptilolita se ha utilizado como un aditivo en los alimentos. Una mayor problemática que enfrenta las zeolitas naturales es su escasa calidad, debido a que son minerales extraídos de yacimientos heterogéneos en sus propiedades físicas y químicas, de ahí surge la demanda de su purificación o beneficio. Se venden masivamente para la agricultura, pero es mas se requieren grandes volúmenes del producto a bajo costo, estos deben ser obtenidos cerca de las áreas de consumo ya que los costos de transporte encarecen su venta (Sand y Mumpton, 1978).

Las zeolitas son aluminosilicatos con cavidades de dimensiones moleculares de 3 a 10 angstrom. Contienen iones grandes y moléculas de agua con libertad de movimiento, para así poder permitir el intercambio iónico. Existen nueve tipos de zeolita en las rocas sedimentarias:

- | | |
|-------------------|---------------|
| 1. Chabazita | 6. Ferrierita |
| 2. Clinoptilolita | 7. Filipsita |
| 3. Erionita | 8. Huelandita |
| 4. Mordenita | 9. Laumantita |
| 5. Estilbita | |

Según Sand y Mumpton (1978) estas zeolitas se encuentran constituidas por aluminio, silicio, hidrógeno, oxígeno, calcio, sodio, potasio y un número variable de moléculas de agua, en el Cuadro 2.1 se mencionan las zeolitas más importantes.

Cuadro 2.1. Zeolitas más importantes, fórmula representativa y propiedades.

Zeolita	Fórmula	Estabilidad térmica	Capacidad intercambio
Heulandita	$\text{Ca}_4 (\text{Al}_8 \text{Si}_{28} \text{O}_{72}) 24 \text{H}_2\text{O}$	Baja	2.91 meq/g
Clinoptilolita	$(\text{Na}_4 \text{K}_4)(\text{Al}_8 \text{Si}_{40} \text{O}_{96}) 24 \text{H}_2\text{O}$	Alta	2.54
Mordenita	$\text{Na}_8 (\text{Al}_8 \text{Si}_{40} \text{O}_{96}) 24 \text{H}_2\text{O}$	Alta	2.29
Filipsita	$(\text{Na K})_{10}(\text{Al}_{10} \text{Si}_{22} \text{O}_{64}) 20 \text{H}_2\text{O}$	Baja	3.87

Fuente: Sand y Mumpton (1978).

Debido a sus poros altamente cristalinos a la zeolita se le considera un tamiz molecular, sus cavidades son de dimensiones moleculares por las cuales pasa el agua. Su estructura cristalina está formada por tetraedros que se reúnen dando lugar a una red tridimensional, en la que cada oxígeno es compartido por dos átomos de silicio, formando así parte de los minerales tectosilicatos. A la zeolita se le dan múltiples usos en agricultura, acuicultura y alimentación de ganado así como intercambiador iónico y como catalizador en la industria química. En la actualidad se utiliza como suplemento alimenticio para el ganado, pues los hace aprovechar más el alimento. Su aplicación intenta 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. Durante la digestión atrae y atrapa a las micotoxinas que puedan estar presentes en el alimento; fuera del animal al accionar con el amonio generado por el proceso digestivo, elimina o reduce los malos olores de las excretas (Sand y Mumpton, 1978).

Sirve como estimulante de crecimiento y para tratar las diarreas en cerdos antes del destete, a los que ayuda a recuperar peso y reduce la mortalidad. Según Moya

(2000), cada día que el animal tenga diarreas, equivale a cinco días de retraso en la velocidad de crecimiento con respecto a los animales sanos.

El empleo de zeolitas naturales en la elaboración de dietas 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 micotoxinas contaminantes de alimentos (Zaldívar *et al.*, 2006).

2.3. La zeolita en el consumo, incremento de peso y conversión alimenticia

Según Ly y Castro (1997), la zeolita puede mejorar a nivel ileal, el aprovechamiento digestivo de dietas para cerdos y en general los rasgos de comportamiento de interés económico del ganado porcino. Encontraron que al añadir 5 % de zeolita a la dieta hizo que la concentración ileal de AGCC (ácidos grasos de cadena corta) y amoníaco aumentara, por lo que hay una captura de productos finales del metabolismo microbiano en el intestino delgado de los cerdos, semejante a lo que se muestra en el Cuadro 2.2. Con esto se dedujo que el amoníaco constituye una sustancia tóxica que al ser absorbida por el animal, debe ser transformada en urea para su posterior eliminación principalmente por la vía renal. Esto a su vez, tiene un costo energético indeseable.

Cuadro 2.2. Zeolita en cerdos (utilización proteica).

Variable	Zeolita Dietética	
	0 %	5 %
Digestibilidad N, % Ileal	71.2	76.3
Retención del N, % del consumo	43.7	49.5
Retención del N, % del digerido	61.5	64.7

Fuente: Castro (2003).

En el Cuadro 2.3 se concentran los datos de los trabajos realizados en Cuba, sobre el comportamiento de cerdos al sustituir parte de la dieta por zeolita.

Cuadro 2.3. Comportamiento de cerdos al adicionar zeolita en la dieta.

Variable	Zeolita Natural (%)		
	0	3	6
Peso inicial, kg	30.1	30.0	30.1
Peso final, kg	95.1	105.8	101.8
Ganancia, g/día	609	722	686
Conversión	4.7	3.8	3.9

Fuente: Castro (2003).

De los trabajos realizados se tiene que con la adición de 2 % de clinoptilolita en cerdos, en la etapa de iniciación se obtienen altas ganancias de peso en las primeras semanas de prueba, que posteriormente estas ganancias decrecen. Los parámetros de nitrógeno en plasma no presentan diferencias significativas. Para este estudio se ocuparon 32 cerdos de 8 kilogramos de peso vivo, divididos en dos grupos (el tratamiento testigo y el tratamiento del 2 % de zeolita), la prueba duro 36 días (Malagutti *et al.*, 2002).

La aplicación del 5 % de zeolita natural incrementa la ganancia de peso y eficiencia alimenticia en cerdos destetados (9 a 23 kg), pero tiene poco efecto sobre cerdos en crecimiento y finalización (Coffey y Pilkington, 1989).

Oguz y Kurtoglu (2000) sugieren que una concentración del 1.5 % de zeolita en la dieta de cerdos en la etapa de inicio, es eficaz para el incremento de peso, mejora el estado de salud de los animales, desintoxica el organismo y previene las diarreas.

Castro y Mas (1989) utilizaron 32 cerdas (Yorkshire x Duroc x Hampshire) con un peso promedio de 21 kg para estudiar el efecto de diferentes niveles de zeolita en el balance de nutrientes. Los tratamientos fueron: A) alimento de crecimiento, B) 97 % alimento + 3 % de zeolita, C) 94 % alimento + 6 % de zeolita y D) 91 % alimento + 9

% zeolita. De acuerdo a los resultados encontrados ellos sugieren que el mejor valor de zeolita para las dietas de crecimiento es el 3 %, debido a que se obtienen mejores rendimientos productivos.

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 normales para cerdos. Se estudiaron tres niveles de inclusión de 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 y la conversión de alimento: A) 609 g y 4.7; B) 722 g y 3.9; C) 686 g y 3.9 respectivamente. Ellos concluyeron que es posible sustituir el 6 % del alimento por zeolita para la producción de cerdos en finalización con este tipo de alimentación.

Al estudiar el efecto de zeolita en dietas de alimento normal con sacarina, se utilizaron 120 cerdos de las cruzas Duroc x Yorkshire x Hampshire con un peso vivo inicial de 30 kg. Los animales fueron distribuidos en 5 tratamientos: 1) alimento normal sin zeolita; 2) 95 % de alimento normal + 5 % de zeolita; 3) 100 % de la dieta normal + 5 % de zeolita; 4) 90 % de la alimentación normal + 10 % de zeolita y 5) 100 % de la dieta normal + 10 % de zeolita. En el tratamiento 3 cuándo se aplicó el 100 % alimentación normal + 5 % de zeolita, mejoró significativamente el aumento de peso, y la conversión alimenticia con respecto al tratamiento control. Con esto se confirma que niveles del 5 % de zeolita es suficiente para este tipo de dieta, se mejora la conversión alimenticia y la rentabilidad, su inclusión podría ser lo mismo ya sea por la sustitución o la adición al tipo de alimento usado (Castro *et al.*, 1996).

Rodríguez *et al.* (2002) utilizaron 20 lechones machos castrados mestizos, provenientes del cruce entre las razas Landrace, Yorkshire, Hampshire y Duroc, con 25 ± 2 kg peso vivo, alojados en jaulas metabólicas. Los animales fueron ubicados en un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones y 5 tratamientos, en los que T1 es el control con 100 % de alimento normal basado en granos de cereales y proteicos. El resto de los tratamientos resultaron de sustitución de la dieta control por

follaje de batata (camote), aceite y zeolita: T2 (85 % de alimento + 15 % de follaje de batata), T3 (80 % de alimento + 15 % de follaje de batata + 5 % de aceite), T4 (80 % de alimento + 15 % de follaje de batata + 5 % de zeolita) y T5 (75 % de alimento + 15 % de follaje de batata + 5 % de aceite + 5 % de zeolita). El suministro de la dieta se restringió a un nivel de 8 % del tamaño metabólico ($PV^{0.75}$). Se determinó el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND), energía bruta (EB), Ca y P. El contenido de PC en el follaje de batata fue de 24.97 % y FND de 28.79 %. La digestibilidad total aparente no se afectó con la inclusión de aceite en las dietas con 15 % de follaje de batata. La zeolita, en dietas con follaje de batata disminuyó la digestibilidad total aparente de MS, PC y FND. Con esto se concluye que el follaje de batata es un recurso con alto contenido de PC y valores de digestibilidad aproximados a 70 %, la incorporación de aceite y la utilización de zeolita a niveles de 5 % no constituyen un factor importante en dietas para cerdos.

Castro y Elías (1978) trabajaron con treinta y cinco cerdos mestizos castrados con 35 kg de peso vivo, utilizaron un diseño completamente aleatorizado para evaluar el comportamiento biológico y las ventajas económicas de incluir zeolita en dietas de miel de caña. Los niveles del mineral utilizados fueron: 0 %; 2.5 %; 5.0 %; 7.5 % y 10 %. No se observaron diferencias significativas para la ganancia diaria de peso. La conversión del alimento durante la etapa de 35 a 65 kg mejoró significativamente al incluirse 5 % o más de zeolita en las raciones. Para esta misma etapa se logró una economía de alimento, así como un aprovechamiento en la capacidad de las instalaciones al utilizar la zeolita. De acuerdo a los resultados encontrados los autores sugieren que en la etapa de 35 a 65 kg es posible utilizar ventajosamente la zeolita en dietas con miel de caña.

2.4. La zeolita en la salud de los cerdos

La industria porcina es muy perjudicada por la presencia de las diarreas neonatales, lo que significa pérdidas económicas por el número de animales

muertos, reducción en la ganancia de peso, mala conversión alimenticia 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 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).

Moya (2000) ha sugerido que cada día que el animal tenga diarreas, equivale a cinco días de retraso en la velocidad de crecimiento con respecto a los animales sanos; ya que mientras más tiempo permanezca enfermo, más se deteriora su estado general, con una reducción sobresaliente en la ganancia de peso.

Por estas razones es que se han hecho estudios para mejorar y eficientizar la producción porcina. Mumpton (1999) señala que al tratar con zeolita a los animales diarreicos, el mayor número de animales enfermos se recupera en 72 hr debido al efecto positivo que tiene en la absorción de humedad en el tracto digestivo, que unido a su efecto astringente adicional, reduce la velocidad de tránsito intestinal de digesta (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. La zeolita como tratamiento antidiarreico.

Concepto	Ninguno	Zeolita	Eritromicina
Animales enfermos	33	32	33
Animales muertos	10	2	2
Mortalidad, %	30.30	6.25	6.16
Recuperación			
En tres días	8	25	19
En cinco días	15	5	12
Total	23	30	31

Fuente: Mumpton (1999).

También Peet - Schwering *et al.* (2000), señala que al emplear zeolita en la dieta se favorece el control de las diarreas y se reduce la mortalidad, debido al efecto desintoxicante que posee este material al arrastrar al exterior del tracto digestivo las enterotoxinas vertidas por la microflora natural de la zona. En el Cuadro 2.5 se resumen los trabajos realizados en Cuba, sobre la salud de los cerdos al sustituir parte de la ración por zeolita.

Cuadro 2.5. Efecto de la zeolita en la salud de los cerdos.

Concepto	0 %	6 %
Úlcera gástrica	77	22
Neumonía	128	51
Dilatación miocardio	8	4
Tasa mortalidad, %	4.0	2.6
Medicamentos, costo \$USD/cabeza	2.50	1.75

Fuente: Castro (2003).

Según Smith (1980), al utilizar zeolita en la dieta 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 y ejercen un efecto positivo en la efectividad enzimática al posibilitar un mejor desdoblamiento de los alimentos en sus formas asimilables.

2.5. Efecto de la zeolita en la sangre de cerdos

Fokas *et al.* (2004) trabajaron en una prueba con cerdos en crecimiento con el objetivo de medir el coeficiente de retención del plomo (Pb) con la zeolita (clinoptilolita). Para esto se ocuparon 12 cerdos destetados de 45 días de edad los cuales fueron divididos en dos grupos iguales, al primer grupo se le dio de comer una dieta 100 % de alimento normal y el segundo grupo se dio 98 % la dieta normal + 2 % de clinoptilolita. Se midió el consumo de alimento, la tasa de crecimiento y la

eficiencia de conversión de alimento, así como digestibilidad y retención de nitrógeno. La concentración de Pb fue medida en la sangre y partes claves de la canal (músculos, hígado, corazón y riñones), para determinar coeficiente de retención de Pb. No mostraron diferencia alguna en digestibilidad, la retención de nitrógeno fue más alta con la inclusión de zeolita, no hubo diferencia en el consumo de alimento, la tasa de crecimiento y la eficiencia de alimento. De acuerdo a los resultados obtenidos, sugieren que la zeolita (clinoptilolita) en dietas de cerdos en crecimiento, no tiene ningún efecto nocivo sobre el animal ni en el consumo humano. No aumenta la concentración de Pb en sangre y tejidos.

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 cruzas 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.

2.6. Zeolita en la canal

Se evaluó el efecto de 2 % de clinoptilolita 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, se encontró un significativo aumento de peso diario, eficiencia en el consumo de alimento y mejoro 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 (Sardi *et al.*, 2002).

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 en la dieta fueron: A) 0 %, B) 4 % y C) 6 %. Los valores de Cd y Pb en tejido del músculo, hígado, corazón y cerebro fueron normales; por esto se concluye que no existe peligro potencial al utilizar las zeolitas en la alimentación porcina.

Vrzgala y Bartko (1984) reportaron que la adición de clinoptilolita al 5 % en la dieta de cerdos, se tienen altas concentraciones de Zn, Cu, y Co en suero sanguíneo; no protege contra la acumulación de Cu y Zn en el hígado.

Sardi *et al.* (2002) evaluaron el efecto de 2 % de clinoptilolita en dietas de 40 cerdos de 55 kg de peso vivo, se asignaron dos grupos homogéneos. Fueron sacrificados con un peso de 160 kg, se tomaron muestras sanguíneas para determinar urea en sangre. Al final del experimento resultó en una mejora de los cortes y un aumento importante de la proporción entre cortes magros y grasosos.

2.7. La zeolita en el mejoramiento ambiental

La estructura física de clinoptilolita permite mejorar las propiedades de absorción de gases y cationes. Tiene la capacidad de adsorción de moléculas, tales como: NH_3 , H_2S , SO_2 , CO , N_2 y CH_4 ; porque son lo suficientemente pequeños para poder entrar en sus poros (Cincotti *et al.*, 2001).

Debido a la fuerte estabilidad en su estructura y valores bajos de pH en el tracto gastrointestinal las zeolitas tienen una fenomenal adsorción de amoníaco, así también actúa como agente desintoxicante a lo largo del tracto gastrointestinal (Sardi *et al.*, 2002).

Este mineral evita ciertos olores que vienen de las operaciones agrícolas (CH_4 , H_2S y CO) y ganaderías intensivas (NH_3). Gases que generan los animales en confinamiento y que puede ser una amenaza en la vida, tanto de humanos como de los animales cuando llega a un cierto nivel crítico (Chénard *et al.*, 1998).

Montalvo *et al.* (2005) hicieron estudios de zeolita natural en la digestión anaeróbica a nivel laboratorio sobre el procesamiento de los desechos en la granja de cerdos. El proceso anaeróbico favoreció la adición de zeolita natural en niveles de entre 5 % y 30 % en materias solidas, el nivel óptimo encontrado fue del 10 %. Se descubrió que bajo condiciones experimentales, la zeolita tiene una capacidad alta para la inmovilización de microorganismos en anaerobismo y para reducir la concentración de nitrógeno tóxico (NH_3), en los desechos de la granja.

Venglovsky *et al.* (1996) estudiaron en laboratorio el efecto de dos adiciones diferentes de clinoptilolita (1 % y 10 %) en las heces de los cerdos. Esta prueba duro 45 días, se hicieron las determinaciones químicas. El contenido de amoníaco fue reducido por 48 % para el 1 % de zeolita y 56 % para el 10 %, así como nitrógeno total por 43 % y 47 % respectivamente.

La aplicación de zeolitas en excrementos de cerdos contribuye a mejorar la sedimentación de partículas y a reducir el olor. Debido a sus propiedades de adsorción y afinidad alta a iones de amonio, es capaz de retirar amonio y olores no deseados del ambiente (Venglovsky *et al.*, 1999).

En este sentido la hipótesis planteada es que la adición de zeolita en la dieta de cerdos en las etapas de iniciación y crecimiento, mejora el comportamiento productivo (incremento de peso, consumo y conversión alimenticia) y perfil sanguíneo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de trabajo

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la granja porcina de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila a 8 km al sur de la ciudad de Saltillo, por la carretera Saltillo–Zacatecas. Las coordenadas geográficas son 25° 22' 44" N, 100° 00' 00" O, con una altura de 1,770 m.; temperatura media anual de 17.7 °C y una precipitación anual media de 309.9 mm. El clima se caracteriza por ser seco o árido y con frío muy extremo (García, 1973).

3.2. Animales experimentales

El trabajo se efectuó con cerdos en dos etapas del ciclo de producción: 1) Iniciación.- desde los 13 kg PV en promedio al iniciar la prueba y con 72 días de edad en promedio, en un periodo experimental de 21 días y 2) Crecimiento.- desde los 25 kg PV en promedio al iniciar la prueba y con 93 días de edad en promedio, en un periodo experimental de 49 días; las dietas contenían 19.88 % de proteína cruda (PC) y 3.249 Mcal EM / kg de MS en iniciación. Así como 15.31 % de PC y 3.728 Mcal EM / kg de MS en la etapa de crecimiento. Para esta prueba se utilizaron 42 cerdos híbridos (Hampshire, Yorkshire, Landrace y Duroc) de la misma granja; 24 machos castrados y 18 hembras. Cada unidad experimental consistió de un animal (macho castrado o hembra). Los cuales fueron distribuidos y alojados en 3 corraletas de concreto por cada tratamiento, equipadas con sus respectivos comederos y bebederos automáticos.

3.3. Procedimiento experimental

Los tratamientos fueron diferentes niveles de zeolita (0%, 2% y 4%). Se bloquearon considerando el periodo en que ingresaron al experimento. Al inicio del experimento todos los animales fueron desparasitados y vitaminados; tuvieron un periodo de adaptación al manejo y a la dieta de una semana.

Durante el experimento se estuvo pesando a los cerdos individualmente al inicio y al final de cada etapa de producción, por las mañanas y en ayunas. Así como midiendo el rechazo del alimento al final de cada semana, tomando en cuenta un horario para todas las mediciones. El alimento fue ofrecido a libre acceso utilizando como ingrediente base al maíz y soya en la etapa de inicio; en la etapa de crecimiento se utilizaron por disponibilidad 2 diferentes cereales (maíz y sorgo). A las cuales se les adiciono el 2 % y 4 % de zeolita.

La mezcla de la zeolita con el alimento se hizo con la ayuda de palas, a modo que el alimento y la zeolita estuvieran bien mezclados. La respuesta a los tratamientos se estimo vía variables de comportamiento productivo (incremento de peso, consumo y conversión alimenticia), nivel de metabolitos (glucosa, urea, creatinina, colesterol y proteínas totales) y minerales en plasma sanguíneo (calcio, fosforo y magnesio).

3.3.1. Análisis bromatológico del alimento

El análisis bromatológico del alimento utilizado en el experimento, se llevó acabo en el laboratorio de Nutrición Animal, con la ayuda del manual de técnicas utilizadas por la AOAC (1997). En el análisis de Wendy, proximal ó bromatológico, el alimento se divide en seis fracciones: humedad, cenizas, proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta y extractos libres de nitrógeno. La determinación de energía bruta se hizo con la bomba calorimétrica.

Todas las determinaciones descritas anteriormente se hicieron con tres repeticiones por cada dieta, tal se resume en los Cuadros 3.1, 3.2 y 3.3.

Cuadro 3.1. Análisis bromatológico del alimento para la dieta de INICIO Maíz + Soya, con sus respectivos tratamientos.

Determinación	T1 (zeolita 0 %)	T2 (zeolita 2 %)	T3 (zeolita 4 %)
Humedad	9.92	9.75	10.55
MST	90.08	90.25	89.45
Cenizas	7.36	9.20	10.04
Proteína Cruda	20.59	19.98	19.07
Fibra Cruda	2.52	2.63	2.20
EE	2.70	3.11	3.02
ELN	66.83	65.09	65.67
EM calculada (Mcal/kg)	3.477	3.170	3.101

Donde:

T= Tratamiento

MST= Materia Seca Total

EE= Extracto Etéreo

ELN= Extracto Libre de Nitrógeno

EM= Energía Metabolizable

Cuadro 3.2. Análisis bromatológico del alimento para la dieta de CRECIMIENTO Maíz + Soya, con sus respectivos tratamientos.

Determinación	T1 (zeolita 0 %)	T2 (zeolita 2 %)	T3 (zeolita 4 %)
Humedad	9.60	10.48	10.13
MST	90.4	89.52	89.87
Cenizas	7.69	7.82	8.96
Proteína Cruda	17.36	16.35	16.17
Fibra Cruda	2.08	2.36	2.41
EE	3.99	3.36	3.81
ELN	69.19	70.37	69.80
EM calculada (Mcal/kg)	4.152	3.565	3.500

Cuadro 3.3. Análisis bromatológico del alimento para la dieta de CRECIMIENTO Sorgo + Soya, con sus respectivos tratamientos.

Determinación	T1 (zeolita 0 %)	T2 (zeolita 2 %)	T3 (zeolita 4 %)
Humedad	9.7	10.28	10.32
MST	90.3	89.72	89.68
Cenizas	6.61	7.13	8.70
Proteína Cruda	14.98	13.85	13.17
Fibra Cruda	1.94	2.90	2.38
EE	4.70	4.39	4.44
ELN	71.77	71.72	71.32
EM calculada (Mcal/kg)	3.849	3.777	3.523

3.3.2. Análisis de suero sanguíneo

Las muestras de sangre fueron obtenidas de 2 hembras y 2 machos de cada tratamiento por cada repetición al finalizar la primera y segunda etapa (a los 25 y 57 kilogramos de peso vivo aproximado); por la vena yugular o de la carótida, con agujas vacutainer de 0.8 x 38 ml en tubos de vacío. Se recolectaron 15 ml de sangre por cada animal. Las muestras sanguíneas fueron llevadas al laboratorio, se centrifugaron a 2,000 rpm por 15 minutos, se separó el suero y posteriormente se congeló para su posterior análisis.

Las determinaciones se obtuvieron con la ayuda del espectrofotómetro y siguiendo las instrucciones del kit correspondiente para cada tipo de análisis. Durante las determinaciones químicas en suero, la glucosa fue analizada mediante el método de GOD – PAP (glucosa oxidasa - peroxidasa). Las concentraciones de proteínas totales en suero se analizó por el método de Biuret. El nivel de urea se determinó por el método Ureasa – Berthebt modificado. El nivel de colesterol por el método enzimático de punto final. La creatinina fue obtenida por reactivos para la determinación cuantitativa in vitro de creatinina en suero, plasma u orina en los sistemas fotométricos. El nivel de calcio se obtuvo por el método Orto Cresoftaleina. El nivel

de fosforo se obtuvo por el método del Fosfomolibdato. Y el nivel de magnesio se obtuvo por el método azul de xilidil. Todo teniendo como apoyo al manual de Merck (2000) de análisis sanguíneo.

Para las dos etapas de producción las variables de estudio fueron:

VARIABLES DE PRODUCCION

- Incremento de peso
- Consumo
- Conversión alimenticia

VARIABLES EN SANGRE

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

3.4. Diseño experimental

En cuanto al variable consumo no se analizó estadísticamente, por lo que solo se estimaron las medias de los niveles de zeolita. Para el análisis estadístico de la variable conversión alimenticia se utilizo un diseño estadístico bloques al azar. En cambio para las variables; incremento de peso, glucosa, urea, creatinina, colesterol, proteínas totales, calcio, fosforo y magnesio se utilizó un diseño estadístico bloques al azar con submuestras, con arreglo factorial de 3x 2 (3 para los niveles de zeolita y 2 para las etapas), Steel y Torrie (1986). Utilizando un paquete estadístico JMP (versión 2002), para el análisis estadístico de los datos.

Las dietas se conformaron de la siguiente manera:

T1 = 100 % dieta basal + 0 % de zeolita

T2 = 98 % dieta basal + 2 % de zeolita

T3 = 96 % dieta basal + 4 % de zeolita

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente trabajo de investigación se analizan y se discuten en dos fases de producción (iniciación y crecimiento), donde fue probada la zeolita en la dieta de cerdos.

Cuadro 4.1. Incremento de peso, consumo y conversión alimenticia de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Zeolita (%) \ Fase	0	2	4
Incremento de peso (kg)			
Inicio	0.547	0.575	0.542
Crecimiento	0.672	0.629	0.640
Consumo (kg)			
Inicio	1.191	1.163	1.301
Crecimiento	2.113	1.946	2.119
Conversión alimenticia			
Inicio	2.179	2.024	2.402
Crecimiento	3.143	3.094	3.311

Incremento de peso

Al analizar estadísticamente la variable incremento de peso (como se muestra en el Cuadro 4.1), notamos que no existe diferencia significativa entre los niveles de zeolita ($P>0.05$), en las dos etapas de producción (iniciación y crecimiento). En la etapa de inicio numéricamente se nota que hay un pequeño aumento en el T2 (2 % de zeolita) con 0.575 kg y una ligera disminución con 0.542 kg en el T3 (4 % de zeolita) comparado con el tratamiento testigo que fue de 0.547 kg. Comportándose diferente en la etapa de crecimiento con valores de 0.672, 0.629 y 0.640 kg en los niveles de zeolita 0, 2 y 4 % respectivamente, resultando con el menor incremento en peso el T2 (2 % de zeolita) y con mejores incrementos en el T1 y T3.

En cuanto al sexo de los animales hubo efecto en el incremento de peso en las dos etapas de producción, resultando los machos con mayor incremento de peso. También está influenciado por el peso inicial, ya que entre más pesado sea el animal mayor incremento de peso tendrá al finalizar la etapa. Entre etapas evaluadas se encontraron diferencias, resultando en la etapa de inicio menor incremento de peso y de mayor incremento en la etapa de crecimiento, debido a que los cerdos ganan más peso de acuerdo a su tamaño. Entre repeticiones en el experimento también hubo significancia en cuanto al incremento de peso de los animales, ya que en la tercera repetición se obtuvo un mejor incremento, esto se atribuye gran parte en la experiencia que se obtuvo en el manejo.

En los trabajos realizados por Malagutti *et al.* (2002) reportaron que con la adición de 2 % de clinoptilolita en cerdos en la etapa de iniciación se obtienen altas ganancias de peso en las primeras semanas de prueba, que posteriormente estas ganancias decrecen.

También Coffey *et al.* (1989), reportan que en la aplicación del 5 % de zeolita natural incrementa la ganancia de peso en cerdos destetados (9 a 23 kg), pero tiene poco efecto sobre cerdos en crecimiento. Así también Oguz y Kurtoglu (2000),

sugieren que una concentración del 1.5 % de zeolita en la dieta de cerdos en la etapa de inicio, es eficaz para el incremento de peso.

Castro e Iglesias (1989) sugieren que con 3 % de zeolita en la dieta se obtienen buenos incrementos de peso en cerdos de 30 kg PV inicial.

Sardi *et al.* (2002) evaluaron el efecto de clinoptilolita al 2 % en dietas de cerditos, se encontró un significativo aumento de peso diario, eficiencia en el consumo de alimento y mejoró la salud de los cerdos.

Prvulovic *et al.* (2007) concluyeron que la adición del 5 % de clinoptilolita en las dietas de inicio y crecimiento los cerdos tienen altas ganancias de peso en comparación con el grupo control.

Consumo de alimento

La estimación del consumo de alimento se describe en el Cuadro 4.1, lo cual nos indica que en el T3 (4 % de zeolita) se tiene un ligero aumento (1.301 kg) en el consumo de alimento diario en la etapa de inicio, en comparación con el T2 (2 % de zeolita) que se tiene un menor consumo de alimento (1.163 kg).

En los valores de consumo para la etapa de crecimiento se refleja numéricamente que el T1 (testigo) y el nivel 4 % de zeolita se obtuvieron valores semejantes 2.113 kg y 2.119 kg respectivamente. Obteniéndose en el T2 (2 % de zeolita) un bajo consumo de alimento 1.946 kg, podemos decir que este nivel de zeolita en la dieta influye en el consumo. En general estos valores se asemejan a lo recomendado por la NRC (1998), donde se reportan consumos de 1.855 kg tratándose con cerdos de 20-50 kg de PV.

Estos resultados concuerdan con Fokas *et al.* (2004), quienes trabajaron con cerdos destetados de 45 días de edad. Llegaron a la conclusión que no existe diferencia alguna en el consumo de alimento entre 0 y 2 % de zeolita.

Conversión alimenticia

Al efectuar el análisis de varianza de los datos en conversión alimenticia (Cuadro 4.1), para las etapas de iniciación y crecimiento no existió diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los niveles de zeolita. En cuanto a la etapa de inicio numéricamente se nota que hay una pequeña disminución con 2.024 en el T2 (2 % de zeolita) y un pequeño aumento con 2.402 en el T3 (4 % de zeolita) comparado con el tratamiento testigo que fue de 2.179. Se obtuvo el mismo comportamiento en la etapa de crecimiento, obteniéndose valores de 3.143, 3.094 y 3.311 para los niveles de zeolita de 0, 2 y 4 %, resultando con mayor conversión alimenticia el T3 (4 % de zeolita).

En cuanto al sexo de los animales se nota que afecta en la conversión alimenticia en las dos etapas de producción, por lo que en machos se tiene una mayor eficiencia de alimento comparado con las hembras. El peso inicial de los cerdos influye en la conversión de alimento ya que en cerdos más pesados la conversión alimenticia es mayor en comparación con cerdos de menor peso, esta en función de la capacidad digestiva del animal. Entre las etapas de producción hubo efecto en la conversión alimenticia observándose menor conversión en la primera etapa y mayor conversión en la etapa de crecimiento, debido a que los cerdos en iniciación tienen la capacidad de aprovechar mejor el alimento que los cerdos en crecimiento. Así se tiene también que las repeticiones en el experimento hubo diferencias en la conversión de alimento obteniendo una alta conversión en la repetición 2 y siendo el de menor conversión alimenticia la tercera repetición.

Esto se relaciona a los trabajos de Sand *et al.* (1978), quienes deducen que la zeolita hace aprovechar más el alimento, intenta 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. Así también Zaldívar *et al.* (2006), al emplear zeolitas naturales en la elaboración de dietas para el consumo animal, se tiene una mayor eficiencia metabólica en la utilización de los nutrientes.

De igual manera Coffey *et al.* (1989), sugieren que en la aplicación del 5 % de zeolita natural tiene poco efecto sobre cerdos en crecimiento. Pero que en cerdos destetados (9 a 23 kg), sí tiene efecto en el incremento de la eficiencia alimenticia.

Situación similar a los resultados encontrados por Castro y Mas (1989), sugieren que el mejor valor de zeolita para las dietas de crecimiento es el 3 % de zeolita, debido a que se obtienen mejores rendimientos productivos. Para esto utilizaron 32 cerdas con un peso promedio de 21 kg.

Por otro lado Castro e Iglesias (1989), obtuvieron resultados que con el 3 % de zeolita en la dieta se tienen mejores rendimientos productivos. Para esto utilizaron 21 cerdos con un PV inicial de 30 kg.

Metabolitos

Glucosa en suero sanguíneo

En cuanto a la variable glucosa en suero sanguíneo, no se encontró diferencia significativa entre los niveles de zeolita ($P > 0.05$), evaluado para las etapas de iniciación y crecimiento (Cuadro 4.2). Numéricamente todos los datos fueron semejantes.

Cuadro 4.2. Glucosa en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Zeolita (%) \ Fase	0	2	4	Nivel normal en sangre (mg/dl)
Iniciación	60.41	57.74	59.20	64.4 - 106.4
Crecimiento	48.44	58.81	61.28	

El nivel de glucosa en suero sanguíneo tuvieron resultados ligeramente por debajo de lo normal según Merck (2000), esto puede deberse a errores como en la

extracción de muestras sanguíneas en ayunas, tiempo en separar el suero del coagulo (en los primeros 30 minutos para prevenir el metabolismo de la glucosa), el estrés o lesiones hepáticas.

Urea en suero sanguíneo

En cuanto a la urea no se encontró diferencia significativa entre los niveles de zeolita ($P>0.05$), evaluado para las etapas de iniciación y crecimiento (Cuadro 4.3). Se muestran valores similares de urea en suero sanguíneo en los diferentes niveles de zeolita en la dieta. Estando dentro del rango normal según Merck (2000).

Cuadro 4.3. Urea en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Zeolita (%) \ Fase	0	2	4	Nivel normal en sangre (mg/dl)
Iniciación	14.55	14.31	12.49	8.2 - 24.6
Crecimiento	11.40	12.06	12.98	

Esto se asemeja con los trabajos hechos por Lefcourt y Meisinger (2001), quienes mencionan que la zeolita contribuye al control de la contaminación ambiental y emisión de gases, debido a la adsorción de iones amonio y amoniaco, disminución de urea en sangre, y por lo tanto en orina (lo que disminuye la carga de N en los mantos freáticos) y de olores desagradables.

De igual manera en los trabajos realizados por Malagutti *et al.* (2002) se tiene que con la adición de 2% de clinoptilolita en cerdos, los parámetros de nitrógeno en plasma no presentan diferencias significativas. Para este estudio se ocuparon cerdos de 8 kilogramos de peso vivo.

En los trabajos de Ly y Castro (1997), encontraron que al añadir 5 % de zeolita a la dieta hizo que la concentración ileal de AGCC (ácidos grasos de cadena corta) y

amoníaco aumentara, por lo que hay una captura de productos finales del metabolismo microbiano en el intestino delgado de los cerdos, con esto se dedujo que el amoníaco constituye una sustancia tóxica que al ser absorbida por el animal, debe ser transformada en urea para su posterior eliminación principalmente por la vía renal.

Creatinina en suero sanguíneo

Estadísticamente se encontró diferencia significativa entre los niveles de zeolita ($P < 0.05$), evaluado para las etapas de iniciación y crecimiento (Cuadro 4.4), ya que en el nivel alto de zeolita (4 %) es menor el nivel de creatinina en la sangre.

Cuadro 4.4. Creatinina en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Zeolita (%) \ Fase	0	2	4	Nivel normal en sangre (mg/dl)
Iniciación	2.98	2.52	2.06	0.8 - 2.3
Crecimiento	1.78	1.34	1.25	

El factor sexo tuvo influencia en el nivel de creatinina en suero sanguíneo, los machos obtuvieron un nivel de creatinina más alto que las hembras. Así como la diferencia en el nivel de creatinina entre las etapas, resultando con un mayor nivel de creatinina en la etapa de iniciación que posteriormente este decrece, con esto se tiene que a mayor nivel de zeolita y a mayor edad, menor es el nivel de creatinina en sangre. El nivel de creatinina en suero sanguíneo de los cerdos del experimento, se encuentran en un nivel normal (Merck, 2000).

Colesterol en suero sanguíneo

Para la variable colesterol en suero sanguíneo no se encontró un grado de significancia ($P>0.05$) entre los niveles de zeolita para las etapas de iniciación y crecimiento (Cuadro 4.5). Pero en las repeticiones se tiene una significancia estadística ($P<0.05$) en el nivel de colesterol en sangre, obteniendo en la segunda repetición un incremento de colesterol comparado con la primera y tercera repetición, esta diferencia puede deberse al cambio de alimentación que sufrieron los cerdos. En general los valores para colesterol se encuentran dentro del rango normal según Merck (2000).

Cuadro 4.5. Colesterol en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Zeolita (%) \ Fase	0	2	4	Nivel normal en sangre (mg/dl)
Iniciación	105.77	96.55	94.47	81.4 - 134.1
Crecimiento	91.64	106.99	105.13	

De igual manera 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.

Proteína en suero sanguíneo

No se encontró diferencia estadística en los niveles de zeolita ($P>0.05$) en cuanto al nivel de proteína en suero sanguíneo, tanto en la etapa de iniciación como en crecimiento (Cuadro 4.6). En cuanto a la relación zeolita - etapa se encontró diferencia significativa ($P<0.05$) en las dos etapas de producción en cuanto al nivel de proteína en suero sanguíneo, resultando un mayor nivel en el testigo - inicio y un

menor nivel en el testigo - crecimiento. El nivel de proteína también está en función de la edad de los animales, siendo menos en cerdos grandes. Según Merck (2000), los valores encontrados para proteína en suero sanguíneo son los normales.

Cuadro 4.6. Proteínas totales en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Fase \ Zeolita (%)	0	2	4	Nivel normal en sangre (mg/dl)
Iniciación	6.94	6.10	6.17	5.8 - 8.3
Crecimiento	5.42	6.48	6.12	

Alexopoulos *et al.* (2007) estudiaron el efecto alimenticio de clinoptilolita en cerdos en crecimiento sobre ciertos parámetros bioquímicos y hematológicos. Concluyen que con la inclusión de 2 % de clinoptilolita en la dieta, no afecta el estado de salud y no hay efecto en suero sanguíneo sobre proteína total.

Minerales

Calcio en suero sanguíneo

En cuanto a la variable calcio (Cuadro 4.7), no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre los niveles de zeolita, para las etapas de iniciación y crecimiento.

Cuadro 4.7. Calcio en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Zeolita (%) \ Fase	0	2	4	Nivel normal en sangre (mg/dl)
Iniciación	5.98	6.50	6.31	9.3 - 11.5
Crecimiento	6.71	6.92	6.67	

Alexopoulos *et al.* (2007) reportan el efecto alimenticio de clinoptilolita sobre ciertos parámetros bioquímicos y hematológicos. Concluyen que con la inclusión de 2 % de clinoptilolita en la dieta no hay efecto en suero sanguíneo sobre el nivel de Calcio.

Fósforo en suero sanguíneo

En cuanto a la variable fósforo (Cuadro 4.8), no se encontró diferencia significativa ($P>0.05$) entre los niveles de zeolita en ninguna de las dos etapas de producción (iniciación y crecimiento).

Cuadro 4.8. Fósforo en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Zeolita (%) \ Fase	0	2	4	Nivel normal en sangre (mg/dl)
Iniciación	8.26	7.88	8.59	5.5 - 9.3
Crecimiento	7.63	8.14	8.13	

Alexopoulos *et al.* (2007), concluyen que con la inclusión de 2 % de clinoptilolita en la dieta no hay efecto en suero sanguíneo sobre el nivel de fosforo.

Magnesio en suero sanguíneo

Al analizar estadísticamente la concentración de magnesio en suero sanguíneo para la etapa de iniciación y crecimiento (Cuadro 4.9), se tiene que no existe diferencia significativa ($P>0.05$) entre los niveles de zeolita.

Cuadro 4.9. Magnesio en suero sanguíneo de cerdos en iniciación y crecimiento, alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Zeolita (%) \ Fase	0	2	4	Nivel normal en sangre (mg/dl)
Iniciación	1.81	1.81	1.75	2.3 - 3.5
Crecimiento	1.80	1.82	1.87	

Castro y Savon (1998) concluyen que no existe peligro potencial al utilizar las zeolitas en la alimentación porcina. De igual manera Fokas *et al.* (2004), sugieren que la zeolita (clinoptilolita) en dietas de cerdos en crecimiento, no tiene ningún efecto nocivo sobre el animal ni en el consumo humano.

5. CONCLUSIONES

Al hacer el análisis de varianza para la variable incremento de peso y conversión alimenticia, notamos que no existe diferencia significativa entre los niveles de zeolita ($P>0.05$) en las dos etapas de producción. Pero en cambio hubo factores que influenciaron en el incremento de peso y en la conversión alimenticia de los cerdos en iniciación y crecimiento, como tal es el sexo de los animales; en machos se tiene un mayor incremento de peso y una mayor eficiencia de alimento, comparado con las hembras. Además se obtuvo que el peso inicial de los cerdos en iniciación y crecimiento está influenciado por el incremento de peso y la conversión alimenticia, por lo que entre más pesado este el animal al iniciar la prueba mayor es el incremento de peso y la conversión alimenticia al finalizar dicho experimento. Entre las etapas de producción se notó diferencia tanto en el incremento de peso como en la conversión alimenticia resultando ser mayor en la etapa de crecimiento, debido a que los cerdos en iniciación tienen la capacidad de aprovechar mejor el alimento. Así se tiene también que las repeticiones en el experimento también obtuvieron un grado de significancia en cuanto al incremento de peso y la conversión de alimento, resultando mejor en la tercera repetición con mejores incremento de peso y mayor eficiencia del alimento.

Los metabolitos; glucosa, urea, colesterol y proteínas totales en suero sanguíneo no fueron afectados ($P>0.05$) por la inclusión de zeolita en la dieta para los cerdos en iniciación y crecimiento. Sin embargo, sí hubo efecto ($P<0.05$) en el nivel de creatinina, teniéndose que en el nivel alto de zeolita (4 %) es menor el nivel de creatinina en la sangre.

Los minerales calcio, fósforo y magnesio no fueron afectados estadísticamente ($P>0.05$) por la inclusión de zeolita en la dieta, en ninguna de las dos etapas del experimento.

De acuerdo a estos resultados se sugiere conducir nuevos experimentos con un estricto manejo en la alimentación, con mejor genética de los animales y bajo mejores condiciones de sanidad.

6. RESUMEN

Se evaluó el efecto de la zeolita sobre el comportamiento productivo y química sanguínea en cerdos, en las etapas de iniciación y crecimiento. Se utilizaron 42 cerdos de cruce comercial con peso promedio de 13 kilogramos al iniciar la etapa de iniciación y con 25 kilogramos al iniciar la etapa de crecimiento. Se utilizó el análisis de varianza con un diseño bloques al azar y un diseño bloques al azar con submuestras con un arreglo factorial 3x2 (3 para nivel de zeolita y 2 para etapa), para determinar el efecto de la adición de zeolita en las dietas de cerdos sobre el comportamiento productivo (incremento de peso, consumo y conversión alimenticia) y química sanguínea (metabolitos y minerales). Los tratamientos se formularon en base al factor zeolita con sus respectivos porcentajes en la dieta (0, 2 y 4 %). La sangre fue colectada al final de cada etapa de producción, cuando los cerdos pesaron aproximadamente 25 y 57 kilogramos de peso. La zeolita no tuvo efecto significativo ($P>0.05$) en ninguna etapa de producción en cuanto al comportamiento productivo. Los metabolitos: glucosa, urea, colesterol y proteínas totales en suero sanguíneo no fueron afectados ($P>0.05$) por la inclusión de zeolita en la dieta para los cerdos en iniciación y crecimiento. Sin embargo se notó efecto ($P<0.05$) en los niveles de creatinina, a niveles más alto de zeolita (4 %) menor es el nivel de creatinina en sangre. Los minerales en suero sanguíneo (calcio, fosforo y magnesio) de cerdos en iniciación y crecimiento no fueron afectados estadísticamente ($P>0.05$) por la inclusión de zeolita en la dieta.

Palabras clave: zeolita, clinoptilolita, cerdos, iniciación – crecimiento, metabolitos, minerales.

7. LITERATURA CITADA

- Alexopoulos, C., D. S. Papaioannou, P. Fortomaris, C. S. Kyriakis, A. 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(3): 230- 241.
- AOAC. 1997. *Official Methods of Analysis*. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 1018 pp.
- Carvajal, M.A. 2000. Problemas entéricos. *Cerdos*. 4(10):23-24.
- Castro, M. 2003. La nutrición y la fisiología digestiva en la producción de animales monogástricos y su impacto ambiental. *Nuevos Enfoques sobre el uso de Aditivos en la Alimentación Animal*. Instituto de Ciencia Animal. Cuba.
- Castro, M. y L. Savon. 1998. Efecto Acumulativo de la zeolita en la carne y vísceras de cerdos. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 32:59-63.
- Castro, M. y A. Elías. 1978. Efecto de la inclusión de zeolita en dietas de miel final sobre el comportamiento de cerdos en crecimiento-ceba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 12: 69-75.
- 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.* 23:49-50.
- Castro, M. y M. Iglesias. 1989. Efecto de la zeolita en dietas tradicionales para cerdos en ceba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 23:273-275.
- Castro, M., M. A. Guerra y Y. Rodríguez. 1996. Efecto de la zeolita en dietas de pienso líquido terminado (PLT) y pienso con sacarina para cerdos en ceba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 30:181-184.
- Chénard, L., L. Whittington y S.P. Lemay. 1998. An analysis of environmental issues and legislation impacting on the establishment and expansion of livestock production units in Ontario. *Environmental Issues Resource Centre. Monograph No. 98-02.*

- Christaki, E. V., P. C. Florou-Paneri, P. D. Fortomaris, A. S. Tserveni-Gousi y A. L. Yannakopoulos. 2006. Effects of dietary inclusion of natural zeolite and flaxseed on broiler chickens' body fat deposition in an extended fattening period. *Archiv für Geflügelkunde* 70: 106-111.
- Cincotti, A., N. Lai, R. Orrù y G. Cao. 2001. Sardinian natural clinoptilolites for heavy metals and ammonium removal: experimental and modeling. *Chem. Engineering J.* 84: 275-282.
- Coffey, M. T. y D. W. Pilkington. 1989. Effect of feeding zeolite-A on the performance and carcass quality of swine. *J. Anim. Sci.* 67(Suppl.2):36 (Abstr.).
- Dritz, S. S., M. D. Tokach, R. D. Goodband y J. L. Nelssen. 1997. *Feed Additive Guidelines for Swine*. MF2303. Kansas State University.
- Fokas, P., G. Zervas, K. Fegeros y P. Zoiopoulos. 2004. Assessment of Pb retention coefficient and nutrient utilization in growing pigs fed diets with added clinoptilolite. *Anim. Feed Sci. Tech.* 117(1-2):121-129.
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Koppen*. Segunda Edición. Inst. de Geografía. UNAM, México.
- Gharagozlou, M. J., M. Modirsanei, A. R. Khosravi, y M. M. Kiaei. 2006. Occurrence of natural intestinal and bursal cryptosporidiosis and coccidiosis in broiler chickens in experimental aflatoxicosis. *Indian J. of Anim. Sci.* 76: 653-654.
- INIFAP. 2008. *Producción de carne de cerdo en México*.
- Lefcourt, A. M. y J. J. Meisinger. 2001. Effect of adding alum or zeolite to dairy slurry on ammonia volatilization and chemical composition. *J. Dairy Sci.* 84: 1814-1821.
- Ly, J. y Castro, M. 1997. Total and ileal digestibility in pigs fed diets containing a Cuban natural zeolite. In: J.P. Laplace, C. Février y A. Barbeau. Editores. *Digestive Physiology in Pigs*. Saint Malo. p 495-497.
- Malagutti, L., M. Zannotti y F. Sciaraffia. 2002. Use of clinoptilolite in piglet diets as a substitute for colistine. *Ital. J. Anim. Sci.* 1: 275-280.

- Mariscal, L. G. 2007. Tratamiento Excretas Cerdos. Capítulo 7. CENID Fisiología, INIFA, FAO.
- Martinez, M. 2004. Effective utilization of natural zeolite for diarrhea control. Cuban J. of Agric. Sci. 38: 387-390.
- Merck, 2000. Guía de referencia: Bioquímica sérica (criterios de valoración). Manual de Merck de veterinaria. 5 ed. Océano Grupo Editorial, S. A. Barcelona, España. p. 2454-2455.
- Montalvo, S., F. Diaz, L. Guerrero, E. Sanchez y R. Borja. 2005. Effect of particle size and doses of zeolite addition on anaerobic digestion processes of synthetic and piggery wastes. Process Biochemistry. 40 (3-4): 1475-1481.
- Moya, L. F. 2000. La importancia del control de diarreas en lechones. 3(36):36-37.
- Mumpton, F. A. 1999. Uses of natural zeolites in agriculture and industry. In: Proceedings of the National Academy of Science. 96: 3463- 3470.
- NRC. 1998. Nutrient requirements of swine. Tenth Revised Edition. Nutrient Requirements of Domestic Animals. National Academy Press. Washington, DC., USA. p. 51-52.
- Oguz, H., y V. Kurtoglu. 2000. Effect of clinoptilolite on performance of broiler chickens during experimental aflatoxicosis. Brit. Poult. Sci. 41: 512 - 517.
- Peet-Schwering, C. M., Van, D. C. y Hartog, L. A. 2000. Manipulation of pigs diets to minimize the environmental impact on pig production in the Netherlands. Pigs News and Information. 21:53-58.
- Prvulovic, D. A., Galovic, B. Stanitic y G. Grubor. 2007. Effects of a clinoptilolite supplement in pig diets on performance and serum parameters. Czech Republic. J. Anim. Sci. 52 (6): 159-164.
- Rodríguez, A., C. González, I. Díaz, H. Vecchionacce y E. Hurtado. 2002. Efecto de la incorporación de lípidos y zeolita en la digestibilidad total aparente de dietas con follaje de batata (Ipomoea batatas L.) en cerdos, Universidad Central de Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Venezuela.
- SAGARPA. 2006. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de porcino en México.

- Sand, L. S. y F. A. Mumpton. 1978. Natural Zeolites: Occurrence, Properties and Uses. Pergamon Oxford. pp 451-462.
- Sardi, L., G. Martelli, P. Parisini, E. Cessi y A. Mordenti. 2002. The effects of clinoptilolite on piglet and heavy pig production. *Ital. J. Anim. Sci.* 1: 103-111.
- Smith, T. K. 1980. Influence of dietary fiber, protein and zeolite on zearalenone toxicosis in rats and swine. *Journal of Animal Science* 50: 278-285.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1986. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2 ed. McGraw-Hill. USA. p. 132-165, 442-451.
- Taiganides, P. E., R. Pérez y E. Girón. 1996. Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México. 1996. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México.
- Venglovsky, J., P. Plachy, P. Juris y I. Placha. 1996. Use of hydrated lime for disinfection of model pathogens *Salmonella typhimurium* and *Ascaris suum* in sewage sludge. *Vet. Med.-Czech.* 41(8): 255-259.
- Venglovsky, J., Z. Pacajova, N. Sasakova, M. Vucemilo y A. Tofant. 1999. Adsorption properties of natural zeolite and bentonite in pig slurry from the microbiological point of view. Slovakia. *Vet. Med.* 44 (11): 339-344.
- Vrzgala, L. y P. Bartko. 1984. Effects of clinoptilolite on weight and some physiological parameters of swine. In: W. G. Pond y P. A. Mumpton. Ed. *Zeo-Agriculture. Use of natural zeolites in agriculture and aquaculture*. Westview Press. Boulder, CO.
- Zaldívar, V., E. Margolles y M. C. Muñoz. 2006. Utilización de las zeolitas naturales cubanas en la producción de monogástricos, Aspectos-metabólicos y de salud. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Habana. Cuba.

8. APÉNDICE

Dieta utilizada en el experimento en la etapa de iniciación (15 - 30)

Ingrediente	0 % zeolita	2 % zeolita	4 % zeolita	\$ / kg
Maíz molido ó sorgo	665	651.7	638.4	2.20
Pasta de soya (47 %)	230	225.4	220.8	4.77
Grasa animal	20	19.6	19.2	3.70
Calcio (38 %)	10	9.8	9.6	0.99
Vit-AA-Min 100 Forte VP MID	75	73.5	72	14.98
Zeolita		20	40	1.00
Total	1,000	1,000	1,000	
Costo / tonelada	\$ 3,768	\$ 3,712	\$ 3,657	

Dieta utilizada en el experimento en la etapa de crecimiento (30 - 70)

Ingrediente	0 % zeolita	2 % zeolita	4 % zeolita	\$ / kg
Maíz molido ó sorgo	780	764.4	748.8	2.20
Pasta de soya (47 %)	175	171.5	168	4.77
Grasa animal	15	14.7	14.4	3.70
Calcio (38 %)	10	9.8	9.6	0.99
Vit-AA-Min 35 Forte VP MID	20	19.6	19.2	9.88
Zeolita		20	40	1.00
Total	1,000	1,000	1,000	
Costo / tonelada	\$ 2,814	2,777.5	2,741.2	

ANALISIS DE VARIANZA: INICIACION Y CRECIMIENTO

Número de observaciones para incremento de peso y conversión alimenticia N = 84

Etapa	Total	0 % zeolita	2 % zeolita	4 % zeolita
Inicio	42	14	13	15
Crecimiento	42	14	13	15

Análisis de varianza para incremento de peso (kg/día)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	0.9101288	0.045506	6.6487	
Sexo	1	0.08272909	0.082729	12.0872	0.0009*
Tipo racial	1	0.00885969	0.008860	1.2944	0.2595
Peso Inicial (kg)	1	0.24228353	0.242284	35.3989	<.0001*
Etapa	1	0.11102916	0.111029	16.2220	0.0002*
Zeolita (%)	2	0.00878246	0.004391	0.6416	0.5299
Etapa*Zeo (%)	2	0.02104634	0.010523	1.5375	0.2229
Bloques	2	0.22522369	0.112612	16.4532	<.0001*
Trat*Bloq	10	0.07722763	0.007723	1.1283	0.3560
Error	63	0.4311956	0.006844		
C. Total	83	1.3413244			

Análisis de varianza para conversión alimenticia (kg)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	47.259317	2.36297	10.6487	
Sexo	1	2.580397	2.58040	11.6286	0.0011*
Tipo racial	1	0.015458	0.01546	0.0697	0.7927
Peso Inicial (kg)	1	5.720747	5.72075	25.7806	<.0001*
Etapa	1	16.336615	16.33662	73.6212	<.0001*
Zeolita (%)	2	0.407979	0.20399	0.9193	0.4041
Etapa*Zeo (%)	2	0.100042	0.05002	0.2254	0.7988
Bloques	2	8.373589	4.18680	18.8678	<.0001*
Trat*Bloq	10	2.053882	0.20539	0.9256	0.5161
Error	63	13.979766	0.22190		
C. Total	83	61.239083			

METABOLITOS Y MINERALES

Número de observaciones para metabolitos y minerales (mg/dl) N = 66

Etapa	Total	0 % zeolita	2 % zeolita	4 % zeolita
Inicio	33	11	11	11
Crec.	33	11	10	12

Análisis de varianza para glucosa (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	6653.130	332.656	2.1741	
Sexo	1	186.9389	186.9389	1.2218	0.2749
Tipo racial	1	45.8756	45.8756	0.2998	0.5867
Peso Inicial (kg)	1	453.6312	453.6312	2.9648	0.0920
Etapa	1	563.1663	563.1663	3.6807	0.0614
Zeolita (%)	2	426.2480	213.1240	1.3929	0.2589
Etapa*Zeo (%)	2	751.6129	375.8065	2.4562	0.0972
Bloques	2	538.2298	269.1149	1.7589	0.1839
Trat*Bloq	10	4285.6875	428.5688	2.8010	0.0088*
Error	45	6885.248	153.006		
C. Total	65	13538.378			

Análisis de varianza para urea (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	421.99274	21.0996	1.7454	
Sexo	1	12.79859	12.7986	1.0587	0.3090
Tipo racial	1	4.83926	4.8393	0.4003	0.5301
Peso Inicial (kg)	1	18.59337	18.5934	1.5381	0.2213
Etapa	1	34.50550	34.5055	2.8544	0.0980
Zeolita (%)	2	5.18095	2.5905	0.2143	0.8079
Etapa*Zeo (%)	2	47.68400	23.8420	1.9723	0.1510
Bloques	2	9.98948	4.9947	0.4132	0.6640
Trat*Bloq	10	288.95038	28.8950	2.3903	0.0227*
Error	45	543.99141	12.0887		
C. Total	65	965.98415			

Análisis de varianza para creatinina (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	30.003727	1.50019	5.3651	
Sexo	1	1.5529589	1.55296	5.5538	0.0229*
Tipo racial	1	0.1026644	0.10266	0.3672	0.5476
Peso Inicial (kg)	1	0.0354971	0.03550	0.1269	0.7233
Etapa	1	2.1612735	2.16127	7.7293	0.0079*
Zeolita (%)	2	5.6050107	2.80251	10.0225	0.0003*
Etapa*Zeo (%)	2	0.5882880	0.29414	1.0519	0.3577
Bloques	2	0.2415614	0.12078	0.4319	0.6519
Trat*Bloq	10	2.7320275	0.27320	0.9770	0.4764
Error	45	12.582990	0.27962		
C. Total	65	42.586717			

Análisis de varianza para colesterol (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	12453.161	622.658	1.4910	
Sexo	1	554.3080	554.308	1.3273	0.2554
Tipo racial	1	1388.4832	1388.483	3.3247	0.0749
Peso Inicial (kg)	1	13.6135	13.614	0.0326	0.8575
Etapa	1	24.0038	24.004	0.4558	0.6368
Zeolita (%)	2	380.7463	190.373	3.0330	0.0581
Etapa*Zeo (%)	2	2533.3028	1266.651	3.2523	0.0479*
Bloques	2	2716.4909	1358.245	3.2523	0.0479*
Trat*Bloq	10	5948.9805	594.898	1.4245	0.2007
Error	45	18793.008	417.622		
C. Total	65	31246.170			

Análisis de varianza para proteínas totales (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	24.174787	1.20874	2.2651	
Sexo	1	0.312831	0.31283	0.5862	0.4479
Tipo racial	1	0.619935	0.61994	1.1617	0.2869
Peso Inicial (kg)	1	0.919028	0.91903	1.7222	0.1961
Etapa	1	2.105016	2.10502	3.9447	0.0531
Zeolita (%)	2	0.162281	0.08114	0.1521	0.8594
Etapa*Zeo (%)	2	11.437283	5.71864	10.7163	0.0002*
Bloques	2	0.377227	0.18861	0.3534	0.7042
Trat*Bloq	10	7.116365	0.71164	1.3336	0.2425
Error	45	24.013699	0.53364		
C. Total	65	48.188486			

Análisis de varianza para calcio (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	28.944683	1.44723	0.9685	
Sexo	1	4.198690	4.19869	2.8098	0.1006
Tipo racial	1	0.258086	0.25809	0.1727	0.6797
Peso Inicial (kg)	1	0.085549	0.08555	0.0572	0.8120
Etapa	1	0.1597700	0.15977	0.1069	0.7452
Zeolita (%)	2	1.7524146	0.87621	0.5864	0.5605
Etapa*Zeo (%)	2	0.7348989	0.36745	0.2459	0.7830
Bloques	2	0.691386	0.34569	0.2313	0.7944
Trat*Bloq	10	13.372729	1.33727	0.8949	0.5453
Error	45	67.243961	1.49431		
C. Total	65	96.188644			

Análisis de varianza para fosforo (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	65.73025	3.28651	0.7684	
Sexo	1	9.587468	9.58747	2.2416	0.1413
Tipo racial	1	0.373211	0.37321	0.0873	0.7690
Peso Inicial (kg)	1	1.891874	1.89187	0.4423	0.5094
Etapa	1	1.098511	1.09851	0.2568	0.6148
Zeolita (%)	2	2.374067	1.18703	0.2775	0.7589
Etapa*Zeo (%)	2	2.761268	1.38063	0.3228	0.7258
Bloques	2	0.614524	0.30726	0.0718	0.9308
Trat*Bloq	10	40.549928	4.05499	0.9481	0.5001
Error	45	192.46732	4.27705		
C. Total	65	258.19758			

Análisis de varianza para magnesio (mg/dl)

F. V.	G. L	S. C	C. M	F. C	P > F
Modelo	20	2.0649611	0.103248	0.8374	
Sexo	1	0.0237344	0.023734	0.1925	0.6630
Tipo racial	1	0.0229255	0.022926	0.1859	0.6684
Peso Inicial (kg)	1	0.0661299	0.066130	0.5363	0.4678
Etapa	1	0.0503451	0.050345	0.4083	0.5261
Zeolita (%)	2	0.0008999	0.000450	0.0036	0.9964
Etapa*Zeo (%)	2	0.0611028	0.030551	0.2478	0.7816
Bloques	2	0.1311075	0.065554	0.5317	0.5913
Trat*Bloq	10	1.5476420	0.154764	1.2552	0.2841
Error	45	5.5485373	0.123301		
C. Total	65	7.6134985			