

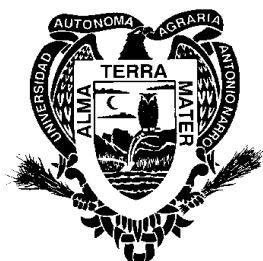
**UTILIZACIÓN DE ZEOLITA EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS,
POLLOS DE ENGORDA Y OVINOS PARA DISMINUIR LA EMISIÓN
DE N AL AMBIENTE**

BULMARO MÉNDEZ ARGÜELLO

TESIS

**Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de:**

DOCTOR EN CIENCIAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2012.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

**UTILIZACIÓN DE ZEOLITA EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS, POLLOS
DE ENGORDA Y OVINOS PARA DISMINUIR LA EMISIÓN DE N AL AMBIENTE**

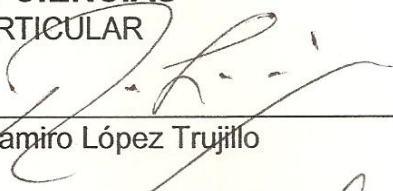
TESIS
POR:

BULMARO MÉNDEZ ARGÜELLO

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial para optar al grado de:

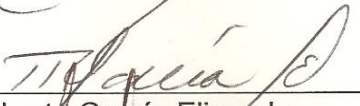
**DOCTOR EN CIENCIAS
COMITÉ PARTICULAR**

Director de tesis:



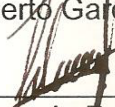
Dr. Ramiro López Trujillo

Co-director de tesis:



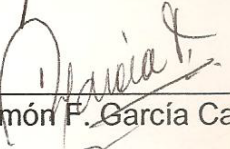
Dr. Roberto García Elizondo

Asesor:



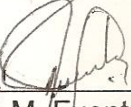
Dr. Fernando Ruiz Zarate

Asesor:

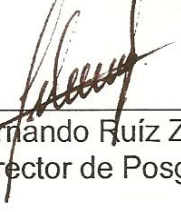


Dr. Ramón F. García Castillo

Asesor:



Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez



Dr. Fernando Ruiz Zárte
Subdirector de Posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre, 2012.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores:

Dr. Ramiro López Trujillo, Dr. Roberto García Elizondo, Dr. Fernando Ruiz Zarate, Dr. Ramón F. García Castillo y Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez por otorgar parte de su valioso tiempo en la asesoría de esta investigación.

Laboratoristas:

Al T. A. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel del Laboratorio de Nutrición y Alimentos por su excelente disposición y apoyo para el análisis bromatológico de las dietas de los animales.

Lic. Laura Maricela Lara Flores, del laboratorio de Producción Animal, por su valioso apoyo en el análisis de las muestras sanguíneas.

CONACYT

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme otorgado una beca que me permitió terminar mi doctorado satisfactoriamente.

ZEOMEX

A Zeolitas Mexicanas S.A. de C.V. por contribuir con la donación de la materia prima.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.

A mi Alma Mater, por ofrecerme la oportunidad de aprender y prepararme en sus aulas, donde adquirí conocimientos valiosos que han permitido culminar una etapa y la más importante en mi vida profesional.

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Sr. Antonio Méndez Alfaro

Sra. Angelina Argüello Gordillo

A ustedes, por sus noches y días de preocupación. A ti madre que me has apoyado y te has preocupado por mi, porque yo sea un profesionalista de éxito, por esas lagrimas que has derramado cuando mis fracasos se hacían presentes, pero también gracias por esas palabras que me alentaron a levantarme y que compartieras mis éxitos en esta vida. A ti padre, que me diste la oportunidad desde mi niñez a vivir y crecer en el campo, de aprender a cultivar la tierra, a pesar de lo difícil que ha sido vivir en el campo y a pesar de tu edad sigues trabajando en esas tierras que cada día recorriamos juntos, eres un agricultor ejemplar para mi, gracias también por enseñarme a ser un hombre de bien. Ahora termino una etapa en mi vida profesional, lo comparto con ustedes y este triunfo en mi vida es de ustedes. Muchas gracias.

A MI HIJA:

Jimena L. Méndez Galindo. A ti hija hermosa dedico este logro que hoy he visto llegar, tú fuiste mi inspiración tanto en los momentos mas difíciles como en los mas felices de esta trayectoria de mi vida. A ti con mucho cariño de tu Papá que te adora.

A MI ESPOSA. Por tratar de entender que los momentos mas valiosos que no estuve con ustedes fue por concluir esta etapa en mi vida. Gracias por tus palabras y tu apoyo que me ayudaron a seguir adelante. Comparto este logro contigo.

A MIS HERMANOS:

Álvaro, Rolando, Marlene, Lucerito, Esmeralda y Susi. A ustedes que en todo momento me apoyaron, a ustedes que a pesar de la distancia estuvieron siempre conmigo mostrándome muestras de cariño y apoyo. Gracias a todos.

A LA FAMILIA MENDEZ PEREZ. A mi hermano Álvaro, mi cuñada Rosario, sobrinas y mi sobrino. Con mucho cariño.

A MI HERMANA MARLENE Y MI CUÑADO ALFREDO. Con enorme afecto.

A TODA LA FAMILIA GALINDO CARRILLO Y GONZALEZ GALINDO

Comparto con ustedes este logro.

A MIS ABUELOS:

Ricardo Méndez[†] y Caralampia Alfaro

Emilia Arguello[†] y Hercilio Gordillo[†]

A todos ustedes con mucho cariño donde quiera que se encuentren.

COMPENDIO

UTILIZACIÓN DE ZEOLITA EN LA ALIMENTACIÓN DE CERDOS, POLLOS DE ENGORDA Y OVINOS PARA DISMINUIR LA EMISIÓN DE N AL AMBIENTE

Por: Bulmaro Méndez Argüello

Doctorado en Ciencias en Zootecnia
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre, 2012.

Dr. Ramiro López Trujillo- Asesor

Palabras Clave: zeolita, nutrición, pollos de engorda, cerdos, ovinos, comportamiento productivo, perfiles metabólicos, excreción de nitrógeno, ácidos grasos volátiles.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de 0, 3 y 6 % de zeolita tipo clinoptilolita en dietas de cerdos, pollos de engorda y ovinos sobre su comportamiento productivo, excreción fecal de N, perfiles metabólicos, además, pH y nivel de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal de los ovinos. Los trabajos se realizaron en la Granja Porcina, Unidad Avícola, Unidad Metabólica, laboratorios de Nutrición Animal y Reproducción de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. Para el caso de cerdos se trabajó con 54 cerdos (27 machos castrados y 27 hembras) de cruza comerciales de las razas Landrace, Yorkshire y Duroc en tres etapas de producción: de 11-30 kg para iniciación, 30-60 kg para crecimiento y 60-95 kg de PV para la etapa de finalización. Los animales se distribuyeron en 9 corraletas bloqueando por época de nacimiento, sexo, tipo racial y peso inicial, en un diseño experimental de bloques al azar, con tres tratamientos (0, 3 y 6 % zeolita) y tres repeticiones por tratamiento. El experimento duró 116 d más 15 d de adaptación al manejo y a la dieta (dieta preinicio). El alimento se ofreció a libre acce-

so e incluía como ingredientes base maíz o sorgo y soya molidos, los animales se pesaron al inicio y fin de cada etapa, la obtención de muestras de heces se hizo vía la manipulación directa del recto al final de cada etapa. Las muestras de sangre se obtuvieron de la vena yugular de dos machos y dos hembras, seleccionados al azar de cada repetición al final de cada etapa. La adición de zeolita no afectó el comportamiento productivo ($P>0.05$), pero si a los metabolitos y excreción de N en heces ($P<0.05$). Las proteínas totales se incrementaron en la etapa de crecimiento, la urea redujo su concentración en finalización y la excreción de nitrógeno disminuyó significativamente en las tres etapas de producción. En pollos de engorda se utilizaron 108 animales, no sexados de estirpe Ross, de 1 d de edad, con un PV inicial de 100 g. Las unidades experimentales se distribuyeron al azar en 9 jaulas de metal de 2.5 m², con piso de cemento, con cama de aserrín de madera. Los comederos fueron tipo bandeja y bebederos tipo galón. Se bloqueo por peso inicial de los pollos, bajo un diseño de bloques al azar, con 3 tratamientos (0, 3 y 6 % zeolita) y 3 repeticiones cada uno. La prueba duró 37 d más 5 d de adaptación a la dieta y al manejo. Se pesaron al inicio y al final del periodo experimental; los animales se vacunaron contra las enfermedades de Gumboro y Newcastle al iniciar la prueba. Se utilizó alimento comercial de inicio (1 a 21 d) y engorda (22 a 42 d). Tanto el alimento como el agua se ofrecieron a libre acceso, se obtuvo muestras de heces (manipulación directa del recto) y sangre (en vena radial o alar) de dos pollos al azar de cada repetición. Las aves recibieron 24 hr. de iluminación durante toda la crianza. La adición de zeolita en la dieta no afectó el comportamiento productivo, perfil metabólico ni la excreción de N en heces($P>0.05$). Con ovinos se utilizaron 12 machos sin castrar, de cruza tipo comercial con predominancia de la raza Dorper, con un PV inicial de 25 kg. Los animales se bloquearon por peso inicial y se distribuyeron al azar en 12 corraletas, bajo un diseño de bloques al azar, con 3 tratamientos (0, 3 y 6 % zeolita) y 4 repeticiones cada uno. La duración del experimento fue de 56 d más 14 d de adaptación al manejo y a la dieta. El alimento incluía como ingredientes base al maíz y harinolina y se ofreció a libre acceso. Los animales fueron pesados al inicio y final del periodo experimental. Las muestras de sangre fueron obtenidas de la vena cava anterior con agujas vacutainer de 0.8 x 38 ml en tubos de vacío. El muestreo del líquido ruminal se

hizo con la ayuda de una bomba de vacío y las heces se obtuvieron vía manipulación directa del recto al final del periodo experimental. Las muestras se tomaron por la mañana antes de ofrecer alimento al final del periodo experimental en todos los animales. El comportamiento productivo, pH y la concentración de ácidos grasos volátiles no se vieron afectados con la adición de zeolita ($P>0.05$), pero la concentración de glucosa en sangre incrementó y la excreción de nitrógeno fecal se redujo significativamente ($P<0.05$). Se concluye que la zeolita tipo clinoptilolita reduce significativamente la excreción de nitrógeno en heces de cerdos y ovinos; afecta el perfil metabólico de cerdos y ovinos, pero no mejora el comportamiento productivo de los animales y no afecta las concentraciones de ácidos grasos volátiles y pH ruminal en ovinos.

ABSTRACT

USING ZEOLITE ON FEEDING PIGS, BROILERS AND SHEEP TO REDUCE EMISSIONS OF NITROGEN THE ENVIRONMENT

By

Bulmaro Méndez Argüello

Doctor of Science in Animal Science

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. December, 2012

Dr. Ramiro López Trujillo- Advisor

Keywords: Zeolite, nutrition, broiler chickens, pigs, sheep, productive behavior, metabolic profiles, nitrogen excretion, volatile fatty acids.

Was evaluated in the pig farm, poultry unit, Metabolic Unit, Laboratory of Animal Nutrition and Reproduction at the University Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, Mexico, the effect of 0, 3 and 6% zeolite in diets for pigs, broilers and sheep on productive behavior, fecal nitrogen excretion, blood biochemical indicators also volatile fatty acid concentration and pH in rumen fluid in sheep. 54 pigs were used (27 barrows and 27 females) for Yorkshire by Duroc Landrace, 11-95 kg of live weight in a block design randomly into three stages (initiation, growth, completion) and three treatments (0, 3 and 6% zeolite) with three replicates each, during 116 days. The animals were fed a diet of corn or sorghum and soybeans *ad libitum*. The addition of zeolite did not affect growth performance, but if the metabolites and nitrogen excretion in feces. The proteins were increased in the growth stage, the urea end concentration in reduced nitrogen excretion and significantly decreased in the three

stages of production. In broilers 108 animals were used, lineage unsexed Ross, 1 day old, with an initial weight of 100 grams. The experimental units were randomly distributed into 9 metal cages, blocked by initial weight, under a randomized block design in two stages (start and grow), with three treatments (0, 3 and 6% zeolite) and three replications for each treatment. The trial lasted 42 days. We used commercial feed start (1-21 days) and fat (22-42 days) for free access to 24 hours of light. The addition of zeolite in the diet did not affect growth performance, metabolic profile and nitrogen excretion in feces. For the test with sheep were 12 entire males, of cross predominant commercial Dorper, with initial BW 25 kg. The animals were blocked by initial weight and randomly distributed in 12 pens, under a randomized block design with 3 treatments and 4 replications. The experiment lasted for 56 days. Food was provided ad libitum basis and included as ingredients corn and cottonseed meal. The animals were weighed at the beginning and end of the test, blood samples were obtained from the anterior vena cava vacutainer needle in vacuum tubes. The rumen fluid sampling was done with the aid of a vacuum pump and feces were collected from the rectum via direct manipulation. Sampling was done in the morning before offering food at the end of the experimental period in all animals. The productive performance, volatile fatty acid concentration and pH in rumen fluid were not affected ($p>0.05$) by the addition of zeolite, but the blood glucose concentration and increased fecal nitrogen excretion was significantly reduced. We conclude that the clinoptilolite type zeolite significantly reduces nitrogen excretion in feces of pigs and sheep ($P<0.05$); affects the metabolic profile of pigs and sheep, but does not improve the productive performance of the animals and does not affect the concentrations of volatile fatty acids and ruminal pH in sheep.

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Aditivos en nutrición animal.....	3
2.2. Propiedades del aditivo zeolita	4
2.3. Zeolita en la alimentación de cerdos	6
2.4. Uso de zeolita en dietas de pollos	9
2.5. Uso de zeolita en dietas de ovinos	11
2.6. Uso de zeolita en dietas de bovinos	13
2.7. Hipótesis.....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1. Ubicación del área de estudio	15
3.2. Metodología en cerdos	15
3.2.1. Análisis químicos	16
3.2.2. Análisis proximal del alimento	16
3.3. Metodología en pollos	18
3.3.1. Análisis químicos	19
3.3.2. Análisis bromatológico de las dietas.....	19
3.3.3. Análisis estadístico	20
3.4. Metodología en ovinos.....	20
3.4.1. Análisis bromatológico de la dieta	21
3.4.2. Análisis químicos	22
3.4.3. Análisis estadístico	22
4. RESULTADOS	23
4.1. Cerdos	23
4.2. Pollos de engorda.....	24
4.3. Ovinos	25
5. DISCUSIÓN.....	28
5.1. Cerdos	28
5.2. Pollos de engorda.....	31
5.3. Ovinos	33
6. CONCLUSIONES.....	37
7. RESUMEN.....	38
8. LITERATURA CITADA	40
9. APÉNDICE	48

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Pág.
1	Clasificación de los aditivos mas utilizados en la producción pecuaria.....	4
2	Métodos utilizados en la determinación de metabolitos sanguíneos en cerdos.....	16
3	análisis bromatológico de las dietas ofrecidas en las tres etapas de producción(maíz-soya).....	17
4	Análisis bromatológico de las dietas de iniciación y crecimiento (sorgo-soya) en base a Materia Seca.....	18
5	Análisis bromatológico de la dieta comercial de inicio en pollos.....	20
6	Análisis bromatológico de la dieta comercial de engorda en pollos.....	20
7	Análisis bromatológico de la dieta de ovinos utilizada en el periodo experimental.....	21
8	Métodos utilizados para la determinación de metabolitos sanguíneos en ovinos.....	22
9	Comportamiento productivo de cerdos alimentados niveles de zeolita en la dieta.....	23
10	Concentración de metabolitos en suero sanguíneo de cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita.....	24
11	Excreción de N en heces de cerdos alimentados con diferentes de zeolita en la dieta.....	24
12	Comportamiento productivo de pollos de engorda alimentados con zeolita....	25
13	Concentración de metabolitos en suero y N en heces de pollos alimentados con diferentes niveles de zeolita.....	25
14	Comportamiento productivo de ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita	26
15	Concentración de metabolitos en suero sanguíneo de ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita	26
16	Concentración de ácidos grasos volátiles y pH ruminal en ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.....	27
17	Niveles de N presente en heces de ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.....	27

1. INTRODUCCIÓN

Como todas las actividades humanas el desarrollo y uso de sistemas intensivos de producción animal, contribuyen a la contaminación ambiental debido a la emisión de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), amoníaco (NH₃), óxido nitroso (N₂O) y excreción de minerales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) (Morse, 1995; Tamminga, 1996). Esto debido a que todos los nutrientes que no son retenidos se eliminan en las excretas y la eficiencia con la que los animales usan, para su retención corporal, es generalmente baja (Ferket *et al.*, 2002). La retención corporal es altamente variable, como respuesta al nivel de inclusión de los nutrientes en el alimento, su digestibilidad, las interacciones con otros nutrientes, el estado productivo del animal, el estrés fisiológico y la capacidad de almacenamiento de su tracto digestivo (Ferket *et al.*, 2002).

Los principales contaminantes de los sistemas ganaderos son el N y el P (Ferket *et al.*, 2002; Shriver *et al.*, 2003; Castro *et al.*, 2005; Herrero y Gil, 2008). Los animales excretan al ambiente entre 60 y 80% del N y P que ingieren, a través de la orina y las heces (Van Horn *et al.*, 1994). Los problemas ambientales de los sistemas de producción animal intensivos están casi totalmente relacionados al manejo de las excretas y en consecuencia, al manejo de nutrientes (Herrero y Gil, 2008).

Ante tal situación es necesaria la búsqueda de alternativas que ayuden a reducir las excreciones de nutrientes, mejoren la digestibilidad de las dietas y el comportamiento productivo de los animales. Se conoce que la utilización de las zeolitas naturales, como aditivos inorgánicos, regulan los procesos digestivos, mejoran el comportamiento productivo y el metabolismo del N en rumiantes y no rumiantes (Mumpton, 1999; Acosta *et al.*, 2005; Tiwari, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2008). Estos aluminosilicatos formados principalmente por hidrógeno, oxígeno, aluminio y silicio también se usan para tratar las heces fecales, debido a su capacidad para capturar el N amoniacal y evitar la volatilización del amoníaco (Acosta *et al.*, 2005).

Las zeolitas aparecen en forma natural en rocas volcánicas y comprenden un grupo de más de 40 clases. Entre ellos predominan por su aparición consecutiva y su diversidad de aplicación, la clinoptilolita y la mordenita (Lonwo *et al.*, 2010). Su armazón molecular, cuya estructura se encuentra atravesada por infinidad de canales, determina sus propiedades como intercambiador catiónico en el proceso físico de la adsorción. Además, la capacidad de hidratación y deshidratación habilitan varias aplicaciones en la producción animal (Martínez *et al.*, 2004).

Mumpton (1999) y Tiwari (2007) aseveran que existe eficacia de la zeolita sobre la utilización metabólica del N, tanto en rumiantes como en no rumiantes, lo que hace posible reducir la concentración de proteína de la dieta sin afectar el comportamiento animal y permite disminuir su emisión al ambiente, contribuyendo a reducir su contaminación (Castro *et al.*, 2005). En el mismo sentido, Poulsen y Oksbjerg (1995) señalan que la inclusión de zeolita en la dieta de cerdos reduce la excreción de N en las heces y orina. Tanto Shurson *et al.* (1984) como Uygongco y Bundy (1999) reportaron una reducción del 7 % en la emisión de N en la orina como efecto de la dilución de la dieta con 2 % de zeolita.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de tres niveles de zeolita tipo clinoptilolita (0, 3 y 6 %) en dietas de cerdos, pollos de engorda y ovinos, en base a su comportamiento productivo (incremento de peso, consumo, conversión alimenticia), excreción fecal de N y perfiles metabólicos, además de la concentración de ácidos grasos volátiles y pH ruminal en ovinos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aditivos en nutrición animal

La producción animal ha aumentado debido a la demanda de alimentos causada por el crecimiento de la población. Esto ha ocasionado que los animales se mantengan en condiciones de confinamiento, buscando que aumenten de peso en menor tiempo. Esto causa un desequilibrio metabólico que puede afectar la salud y comportamiento productivo de los animales, encontrándose obligados a buscar una mejora constante en la eficiencia productiva y en la relación costo-beneficio, además de la protección del ambiente, para ello la mejora genética y el desarrollo de aditivos no nutricionales han ayudado a lograr estos fines (Echeverry *et al.*, 2008).

Mejía *et al.* (2007) y Yácela *et al.* (2009) señalan que los aditivos mejoran la eficiencia alimenticia, promueven la tasa de crecimiento de los animales y previenen enfermedades. Sin embargo, no son indispensables en el sentido de que no son nutrientes y por lo tanto, no forman parte esencial del organismo ni participan en procesos metabólicos, substituyendo a los nutrientes conocidos, pero son necesarios para mejorar o preservar la calidad original de los ingredientes, evitando su deterioro, aspectos importantes para imprimir en el animal que los consume mejoramientos en los aumentos diarios de peso, en la conversión alimenticia o previniéndolo contra las enfermedades, reduciendo consecuentemente la mortalidad. Su presencia en el alimento obedece estrictamente a razones económicas (Ávila *et al.*, 1990).

Los cerdos requieren para un mayor desempeño productivo, el empleo de aditivos tales como promotores y drogas específicas que previenen contra problemas digestivos. La avicultura intensiva requiere de alimentos balanceados que incluyen una variedad de productos: promotores de crecimiento, coccidiostatos, antioxidantes, fungicidas y pigmentantes. Para los rumiantes, en especial para los bovinos la utilización de aditivos vía el alimento, o por medio de implantes es una práctica común (Ávila *et al.*, 1990), no obstante, su utilización está regida por organismos nacionales e inter-

nacionales, para evitar daños a la salud humana. Así, en México se incorporan sustancias o aditivos registrados por la SAGARPA (SAGARPA-SENASICA, 2004).

Existe una gran variedad de aditivos utilizados en la dieta de animales rumiantes y no rumiantes y para su estudio se han clasificado en grupos. Ávila *et al.* (1990) proponen la clasificación del Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de los aditivos más utilizados en la producción pecuaria

Clase	Grupo
Preservadores de los alimentos	Antioxidantes Antimicrobianos Mejoradores de forrajes
Modificadores del consumo	Aglutinantes Saborizantes y odorizantes
Moduladores de la digestión	Amortiguadores del pH Ionoforos y manipuladores de fermentación ruminal Antibióticos
Alteradores del metabolismo y de la salud	Anabólicos y hormonas. Agentes antimicrobianos y drogas afines. Isoácidos, hidróxidos y compuestos similares Coccidiostatos y otros antiparasitarios de uso en el alimento. Vitaminas.
Otros aditivos	Pigmentantes

Tomado de Ávila et al. (1990)

2.2. Propiedades del aditivo zeolita

Las zeolitas son minerales aluminosilicatos, formados principalmente por aluminio, silicio, hidrógeno y oxígeno, hidratados de sodio, calcio, magnesio y potasio, poseen infinitas estructuras tridimensionales que le confieren la capacidad de ganar y perder agua reversiblemente y de cambiar algunos cationes constituyentes por otros. Tienen cargas negativas de manera natural y poseen alta capacidad de intercambio iónico (Mumpton y Fishman, 1977).

La zeolita se ha utilizado en la alimentación animal, ya que mejora la eficiencia de utilización de los nutrientes como los carbohidratos y grasas, específicamente del N y el comportamiento productivo (Mumpton, 1999; Acosta *et al.*, 2005; Tiwari, 2007; Ruiz *et al.*, 2007). Tienen la propiedad de adsorber varias toxinas en los alimentos animales, particularmente la aflatoxina y la zearalenona (Nesic *et al.*, 2010), existe evidencia con efecto positivo en la fermentación ruminal de los alimentos fibrosos, al mejorar la actividad celulolítica y la proteólisis ruminal (Rodríguez *et al.*, 2008).

Este mineral aparece en forma natural en rocas volcánicas. Su armazón molecular, cuya estructura se encuentra atravesada por infinidad de canales, hace la función de tamiz, a la vez que determina, en gran medida, sus importantes propiedades como intercambiador catiónico en el proceso físico de la adsorción (Martínez *et al.*, 2004). Además, su capacidad de hidratación y deshidratación lo involucran en diversas aplicaciones en la producción animal. Entre los beneficios, Martínez *et al.* (2004) puntualizan que mejora la eficiencia de utilización de los nutrientes (carbohidratos, grasas y proteínas), mejora la tasa de crecimiento, controla los problemas entéricos (diarreas y úlceras), evita olores indeseables en las instalaciones y previene el desarrollo de hongos y secuestra las micotoxinas que algunos de estos producen.

Collazos (2010) señala que los efectos de la zeolita sobre la eficiencia alimenticia podrían ser debidos a una reducción en la velocidad de paso del alimento, la inmovilización de enzimas, reducción o redistribución de la microflora del intestino. Pueden facilitar el drenaje de sangre de las vellosidades y aumentar la actividad de las células que las bordean, las cuales a su vez podrían mejorar la digestión y absorción de nutrientes.

Las zeolitas se caracterizan por la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica, intercambian cationes como calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y amonio (NH₄), así como diversos compuestos de fosfatos (Chica *et al.*, 2006).

Existen cerca de 50 tipos de zeolita y las mas utilizados son la Clinoptilolita, Mor-denita, Chabazita, Fillipsita, Haulandita, en cada una de ellas varían las propiedades físicas y químicas originando diferentes densidades, selectividad catiónica y tamaño de poros. Por ejemplo la Clinoptilolita, tiene un 16 % más de volumen de poros que la Analcima (Chica *et al.*, 2006).

2.3. Zeolita en la alimentación de cerdos

Leung (2004) condujo una prueba con cerdos de 23 a 110 kg de PV con diferen-tes niveles de proteína bruta y energía (alta y baja) en la dieta. Probó el efecto de cuatro niveles de zeolita (0, 2, 4 y 6 %), sobre el comportamiento productivo y calidad de la canal. No reportó diferencia significativa en incremento de peso, consumo, ni conversión alimenticia para los diferentes niveles de proteína, energía y zeolita, pero indica que en la etapa inicial (23 kg) las dietas bajas en proteína con 4 % de zeolita promovieron un comportamiento similar a los animales alimentados con exceso de proteína. Señala que la zeolita tiene potencial para mejorar la utilización de los nu-trientes sobre todo del N, ya que reduce sus pérdidas en heces y orina.

Shurson *et al.* (1984) experimentaron con cerdos en etapa de crecimiento (25-65 kg de PV), alimentados con una dieta a base de maíz y soya conteniendo tres niveles de zeolita (0, 3 y 5 %). Reportaron que la adición de zeolita no afectó el consumo ni el incremento de peso. En una segunda prueba estos autores trabajaron con los mismos cerdos pero con un PV inicial de 65 kg (etapa de finalización) ahora conte-niendo en la dieta 0 y 1 % de zeolita sintética y 5 % de zeolita natural (clinoptilolita), observaron que no hubo diferencia significativa para incremento de peso ni consumo y para el nivel 5 % la conversión alimenticia empeoró.

Otros autores como Hatieganu *et al.* (1979) experimentaron con 3 % de zeolita en dieta de cerdos de 12 a 30 kg de PV, encontrando efectos significativos ($P < 0.05$) en incrementos de peso, reducción en consumo y mejor conversión alimenticia. Por otra

parte, Castro e Iglesias (1989) obtienen efectos positivos con 3 y 6 % en cerdas de 21 kg de PV.

Castro y Elías (1978) utilizaron treinta y cinco cerdos mestizos castrados para evaluar el comportamiento productivo y las ventajas económicas de incluir 0, 2.5, 5, 7.5 y 10 % de zeolita en dietas con melaza de caña en etapa de crecimiento (35 a 65 kg). No encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) para la ganancia de peso. Sin embargo, la conversión alimenticia mejoró significativamente en relación a la dieta testigo con 5 % o más de zeolita. Además, encontraron que hay una mejor rentabilidad del alimento, así como un aprovechamiento en la capacidad de las instalaciones. Sugieren que es posible utilizar zeolita ventajosamente.

Kiriakis *et al.* (2002) realizaron un estudio con 240 cerdas en edad reproductiva, adicionaron 2 % de zeolita en la dieta durante todo el ciclo reproductivo y encontraron que se produce un efecto positivo en cuanto a la salud, esto porque las cerdas que recibieron zeolita en su dieta parieron lechones más pesados y observaron en ellos una mayor resistencia contra la diarrea, además no encontraron efectos adversos con el uso de la proteína cruda ni alteración en la concentración sérica de ciertas vitaminas (A, E) y minerales (P, K, Cu, Zn).

Castro *et al.* (2008) trabajaron con cerdos de 33-61 días de edad, sustituyendo el 6 % de la dieta por zeolita. Observaron que la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia fueron mejores al incluir zeolita. Meléndez y Rodríguez (2005) utilizaron 16 cerdos híbridos (Landrace x Yorkshire) machos castrados y hembras de 18 a 75 kg de PV, para evaluar el efecto de cuatro niveles (0, 2, 4 y 6 %) de zeolita tipo clinoptilolita sobre el comportamiento productivo. Reportan que el aumento diario de peso, los consumos de alimento y la conversión alimenticia mostraron diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$) para los tratamientos con 4 y 6 %. El consumo y el aumento de peso fueron mayores con el nivel 6 %, además la mejor conversión alimenticia se presentó para éste nivel.

Se ha señalado que la zeolita puede mejorar a nivel ileal, el aprovechamiento digestivo de dietas para cerdos (Ly y Castro, 1997) y contribuye a mejorar la eficiencia de utilización de los nutrientes, especialmente del N (Mumpton y Fishman, 1977).

Castro *et al.* (2005) al trabajar con cerdos destetados de 7.5 kg de PV a los cuales suministraron una dieta a base de maíz y soya con menor proteína respecto al testigo (18 contra 16 %) pero adicionando zeolita, como alternativa para reducir la excreción nitrogenada, demostraron que la emisión de N por las excretas (heces y orina) fue significativamente menor para el tratamiento con zeolita.

En pruebas de digestibilidad llevadas a cabo con 12 cerdos de 55 a 85 kg de PV, donde se ofreció dietas con cuatro niveles de zeolita (0, 2, 5 y 10 %), se reportó que la suplementación de este aluminosilicato incrementó la retención de N al final de la engorda, además de incrementar la digestibilidad de la energía y de la materia orgánica respecto al testigo (Thielemans y Bodart, 1983).

En cerdos de 7 kg de PV, alimentados con 2 % de zeolita se ha reportado reducción de urea y creatina en la sangre, por lo tanto en orina (Zannotti *et al.*, 1999). Esto trae beneficios porque disminuye las pérdidas de nitrógeno (Hartog y Sijtsma, 2009).

En otros experimentos se reporta un descenso en la digestibilidad de la materia seca (83.9 contra 82.7 %) en cerdos alimentados con una dieta diluida con 2 % de zeolita, disminución que fue parcialmente compensada por la mejora de retención de N (Monetti *et al.*, 1996).

Por su parte, Castro y Mas (1989) estudiaron el efecto de diferentes niveles de zeolita en el balance de nutrientes. Utilizaron 32 cerdas Yorkshire x Duroc x Yorkshire con un peso promedio de 21 kg. Los tratamientos experimentales fueron 0, 3, 6 y 9 % de zeolita. Encontraron que los animales que consumieron el aluminosilicato presentaron una mayor retención de N. En este sentido Castro (2003) señala que en cerdos en crecimiento el empleo de zeolita natural permite incrementar la eficiencia de utilización de la energía y la proteína.

Rodríguez *et al.* (2003) trabajaron con 16 cerdos machos castrados, de cruza comerciales (Yorkshire, Hampshire y Duroc) de 25 kg de peso vivo, para evaluar el efecto de la incorporación de lípidos y zeolita en la dieta sobre la digestibilidad total aparente. Encontraron que la zeolita al 5 % de inclusión no afectó la digestibilidad de las dietas sin embargo, encontraron valores altos de FDN. Esto se debe a la presencia de alto contenido de mineral, que sobreestima el valor de la fibra.

Alexopoulos *et al.* (2007) condujeron una prueba con 48 cerdos de 25 a 161 d de edad, a los cuales les suministraron 2 % de zeolita en la dieta, para evaluar variables bioquímicas y hematológicas. Encontraron que en las etapas de crecimiento y finalización las concentraciones de urea y colesterol en sangre disminuyeron y hubo una elevada concentración de glucosa.

2.4. Uso de zeolita en dietas de pollos

En pollos de engorda el empleo de zeolita natural en la dieta 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, también ha demostrado mejorar la calidad de la canal y promueve mejores rendimientos productivos (Smith y James, 1980; González *et al.*, 1996).

González *et al.* (1996) reportaron que la incorporación de 5 % de zeolita en dietas destinadas a pollos de engorda aumentó 6 % la digestibilidad de la materia orgánica y 6 % la retención de N.

Lema (2008) reporta que la inclusión de 4 % de zeolita en la dieta final para pollos de engorda, mejora los índices productivos (incremento de peso, consumo y conversión), mejora el rendimiento de la canal e incrementa el tiempo de retención del alimento en el tracto gastrointestinal.

Acosta *et al.* (2005) utilizaron 1400 pollos para evaluar el efecto de la adición de zeolita natural (clinoptilolita) sobre la ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento y calidad de la canal. Encontraron que la inclusión de la zeolita no tuvo efecto significativo en el incremento de peso, pero sí en la conversión alimenticia, encontraron además, mayor rendimiento en canal y menor deposición de grasa abdominal. Esto determinó una interacción significativa favorable al uso de zeolita. Los resultados indicaron que con el uso de zeolita, se puede obtener mayor rendimiento en carne con canales más magras.

Arroyo *et al.* (2002) utilizaron 1600 pollos de 1 a 47 d de edad, para estudiar el efecto de la adición de 2.5 y 5 % de zeolita en la dieta sobre el comportamiento productivo y calidad de la canal. Concluyeron que con la adición de 2.5 % se obtiene un máximo rendimiento de la canal en machos y hembras, en tanto que los niveles 2.5 y 5.0 % disminuye el consumo de alimento y mejora la conversión alimenticia en las diversas etapas de producción.

Strakova *et al.* (2008) experimentaron con 400 pollos de engorda del Híbrido Ross 308 de 1-40 d de edad, adicionaron 0.5, 1.5 y 2.5 % de zeolita en la dieta, para evaluar el comportamiento productivo, calidad de la canal y deposición de calcio y fósforo en los huesos, encontraron un mejor comportamiento productivo, mejor utilización de los nutrientes, sin presentar acumulación de minerales en los huesos con 2.5% zeolita.

Collazos (2010) revisó 30 artículos sobre utilización de zeolita en dietas de pollos productores de carne y gallinas ponedoras, en todos los artículos se concluye que la zeolita puede facilitar el drenaje de sangre de las vellosidades de los intestinos y aumenta la actividad de las células que las bordean, las cuales a su vez podrían mejorar la digestión y absorción de nutrientes. Además mejoran la digestión de la proteína en el tracto digestivo, así como el número, tamaño y forma de las vellosidades intestinales.

La mayoría de los artículos que se revisaron para el presente trabajo señalan que los efectos de la zeolita sobre la eficiencia alimenticia podrían ser debidos a una disminución de la tasa de paso del alimento, la inmovilización de enzimas y su influencia en la microflora del tracto gastrointestinal. Por su parte, Olver (1997) observó que la inclusión de 5 % de clinoptilolita mejora de forma significativa ($P < 0.05$) la tasa de postura en diferentes estirpes de ponedoras y tiende a reducir la humedad de heces.

Los estudios anteriores indican efectos positivos con el uso de zeolita; sin embargo, algunos autores señalan que el beneficio de agregar zeolita dependerá del origen geográfico de las fuentes, tamaño de la partícula, especie, condiciones ambientales y nivel de proteína en la dieta (Pond y Yen, 1982), en este sentido Poulsen y Oksbjerg (1995) señalan que es importante ajustar los niveles de proteína cuando se añade zeolita ya que ésta la diluye y los cerdos no compensan el consumo y por lo tanto el crecimiento es inferior.

2.5. Uso de zeolita en dietas de ovinos

Buendía y Pérez (2011) al trabajar con 30 ovinos cruzados (Dorper x Pelibuey) de 22 ± 3 kg de peso vivo, a los cuales suministró una dieta (83 % de concentrado y 17 % de forraje), con la inclusión (0, 1.5 y 2.0 %) de zeolita. Reporta que la ganancia diaria de peso, el consumo de alimento y la conversión alimenticia no mostraron efecto significativo ($P > 0.05$) por la inclusión de zeolita. Sin embargo con el 2 % mostró mayor ganancia diaria de peso.

Estrada *et al.* (2009) condujeron una prueba con 20 ovinos de 32.6 kg de peso vivo, a los cuales les suministraron cuatro niveles (0, 0.5, 1.0 y 1.5 %) de zeolita. Encontraron que la inclusión de zeolita no tuvo efecto significativo ($P > 0.06$) en la ganancia de peso. Sin embargo, se obtuvo mayor peso de la canal, en los tratamientos con zeolita respecto al testigo.

Ghaemnia, *et al.* (2010) utilizaron ocho borregos de 35 ± 2 kg de peso vivo, con una dieta a base de harina de soya, trigo, heno de alfalfa y ensilaje de maíz con niveles (0, 3, 6, y 9 %) de zeolita. Reportaron que al adicionar este aluminosilicato se redujo la digestibilidad de la MS ($P < 0.05$). No observó diferencia ($P > 0.05$) en consumo; sin embargo, se incrementó el consumo de MS, para los animales que recibieron zeolita. Por otra parte se incrementó la digestibilidad de la PC y la FDN con el tratamiento de 6 % de zeolita ($P < 0.05$).

Forouzani *et al.* (2004) trabajaron con ovinos machos para evaluar el efecto de tres niveles (0, 3 y 6 %) de zeolita. Reportan que los coeficientes de digestibilidad de la MS y la PC, mostraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) para los tratamientos con 3 y 6 %. Además encontraron mayor ($P < 0.05$) digestibilidad de la FDN con el nivel del 3 %. También el consumo de materia seca (CMS) fue significativamente ($P < 0.05$) mayor con el nivel 6 % con respecto al control.

Al suplementar Cu en una dieta para ovinos con altos niveles de PC (9 ó 14 %) y con dos niveles (0 y 2 %) de zeolita tipo clinoptilolita a la dieta, Pond (1989) reportó que la inclusión de la zeolita, incrementó ($P < 0.01$) la ganancia diaria de peso en ovinos alimentados con alto nivel de PC pero no con bajo nivel de PC.

Ruiz *et al.* (2007) llevaron a cabo un experimento con cuatro ovinos Pelibuey canalados en rumen, en un diseño de cuadrado latino, para evaluar los efectos de cuatro niveles de zeolita (0, 1.5, 3 y 4.5 %) adicionados a la ración sobre la digestibilidad y consumo de nutrientes. No encontraron diferencias significativas para la digestibilidad de la materia seca, digestibilidad de la materia orgánica ni la digestibilidad de la fibra ácido detergente. Tampoco los consumos de materia seca, materia orgánica, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente y proteína cruda mostraron significancia. Sin embargo, hubo efecto cuadrático significativo para las medias de consumo de fibra detergente ácido digestible. Los autores sugieren que es factible utilizar la zeolita en 1.5 y hasta 3 %, como aditivo en dietas de henos de alfalfa y concentrado,

destinadas a la alimentación de ovinos, ya que mejora el consumo de fibra detergente ácido digestible.

2.6. Uso de zeolita en dietas de bovinos

Gutiérrez *et al.* (2008) utilizaron cuatro vacas mestizas Holstein x Cebú no lactantes, con cánulas simples colocadas en el rumen, para estudiar los efectos de la suplementación con zeolita y bentonita en la protección de la proteína ruminal. Los tratamientos evaluados fueron: forrajes de gramíneas con predominio de pasto estrella y 1 kg de harina de soya como dieta basal. Le adicionaron 0, 100 y 300 gr. de bentonita natural y 100 gr. de zeolita para estudiar el efecto de los aluminosilicatos en la degradación ruminal de los compuestos nitrogenados. La producción de NH_3 varió en el tiempo con la aplicación de la zeolita. Fue inferior para los tratamientos en los que se empleó la bentonita natural. La digestibilidad aparente de la materia seca y el nitrógeno difirió entre los tratamientos y resultó inferior en los animales tratados con 300 gr. de bentonita. Los resultados mostraron diferencias en los mecanismos de acción entre estos dos complejos minerales. Mientras las zeolitas fueron capaces de retener NH_3 como producto de degradación de los compuestos nitrogenados y liberarlos posteriormente, la bentonita pareció proteger las proteínas ante el ataque de los microorganismos. Esto garantizó cierta cantidad de proteína sobrepasante. En este sentido, las zeolitas pueden recomendarse cuando se utilizan alimentos fibrosos de mala calidad, mientras que la bentonita debe sugerirse para dietas con proteínas de alto valor biológico destinadas a rumiantes (Gutiérrez *et al.*, 2008).

Reyes *et al.* (2003) estudiaron el efecto de la zeolita y el carbonato de calcio como aditivos en la calidad de la leche, utilizaron nueve vacas Holstein comerciales, entre los 100 y 120 d de lactancia promedio, con tres y cuatro partos. Los animales pastaron en pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) y se aplicaron tres tratamientos en la suplementación: a) 100 % de concentrado, b) 50 % de concentrado y 50 % de melaza, más 4 % de zeolita y c) 50 % de concentrado y 50 % de melaza, más 4 % de carbonato de calcio. Los resultados mostraron que no hubo diferencia en la producción

de leche; sin embargo, los costos por kilogramo, por el concepto de suplementación, fueron mayores en 22 y 18 %, cuando se utilizó solamente el concentrado en comparación con la mezcla de melaza más zeolita y carbonato. Los autores sugieren utilizar la mezcla de melaza más zeolita para estabilizar la calidad de la leche.

Sweeney *et al.* (1980) demostraron mejorar la digestibilidad del N, materia orgánica y fibra detergente ácido con 5 % de clinoptilolita en la dieta con proteína altamente soluble para becerros y vaquillas en crecimiento. En otro trabajo, alimentaron a becerros en engorda con una dieta a base de 70 % de sorgo con clinoptilolita (0, 1.25 y 2.5 % de la dieta). La digestibilidad en el tracto digestivo fue mejor con 1.25 % clinoptilolita; la digestión ruminal de materia seca, materia orgánica, almidón y proteína cruda tendió a ser mas alta con clinoptilolita en la dieta (McCollum y Galyean, 1983).

2.7. Hipótesis

La zeolita tipo clinoptilolita mejora el comportamiento productivo, afecta el perfil metabólico y reduce la excreción fecal de N en cerdos, pollos de engorda y ovinos; además, afecta el pH ruminal y la concentración de ácidos grasos volátiles en ovinos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

El experimento se realizó con cerdos para abasto, pollos de engorda y ovinos. Se llevó a cabo en la Granja Porcina, Unidad Avícola, Unidad Metabólica, Laboratorios de Nutrición Animal y Reproducción de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México. La localización geográfica de la Universidad es 25° 22' 44" N y 100° 00' 00" O, con altitud de 1770 m. El clima de la región es BSo kx' (e') que se caracteriza por ser seco o árido, con régimen de lluvias entre el verano e invierno, precipitación media anual de 303.9 mm y temperatura media anual de 17.7° C (García, 1973).

3.2. Metodología en cerdos

Se evaluaron tres tratamientos (0, 3 y 6 % de zeolita) con tres repeticiones en cada tratamiento. Las unidades experimentales fueron cerdos en tres etapas de producción: iniciación, crecimiento y finalización. Estas etapas estuvieron caracterizadas por el nivel de proteína cruda en la dieta y peso de los animales. Se utilizaron 54 cerdos (27 machos castrados y 27 hembras) de cruza comerciales de las razas Landrace, Yorkshire y Duroc. El peso promedio para la primera etapa fue de 11 ± 2 kg, de 30 ± 2 kg para la segunda y de 60 ± 2 kg para la tercera, la cual se concluyó con un peso promedio de 95 ± 5 kg.

Los animales se distribuyeron en 9 corraletas bloqueando por época de nacimiento, sexo, tipo racial y peso inicial. El experimento duró 116 d más 15 d de adaptación al manejo y a la dieta (dieta preinicio). Los animales se pesaron al inicio y fin de cada etapa; se desparasitaron y vitaminaron antes de iniciar la prueba. El alimento se ofreció a libre acceso e incluía como ingredientes base al maíz o sorgo y soya. La mezcla de la zeolita y la dieta se hizo con la ayuda de palas. El consumo de alimento se estimó restando el rechazo a lo ofrecido, dividiendo esta diferencia entre el número

ro de animales y días de la etapa, la obtención de muestras de heces se hizo vía la manipulación directa del recto y las de sangre se obtuvieron de la vena yugular de dos machos y dos hembras, seleccionados al azar de cada repetición al final de cada etapa, con agujas y tubos vacutainer, las que posteriormente se centrifugaron a 2500 rpm por 10 minutos para separar el suero sanguíneo.

3.2.1. Análisis químicos

Los metabolitos (urea, creatinina, glucosa, proteínas totales y colesterol) se determinaron en suero por espectrofotometría, de acuerdo a las instrucciones del “kit” correspondiente y el N fecal se determinó de acuerdo a los métodos que se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Métodos utilizados en la determinación de metabolitos sanguíneos en cerdos.

Metabolito	Método
Proteínas totales	Biuret modificado
Creatinina	Jaffe sin desproteinización
Urea	Berthelot modificado
Colesterol	CHOD-PAP
Glucosa	GOD-POD (Glucosa-Oxidasa-Peroxidasa)
Nitrógeno en heces	A.O.A.C. (1997)

3.2.2. Análisis proximal del alimento

El análisis bromatológico realizado a las dietas de las tres etapas de producción fue de acuerdo a la metodología propuesta por la A.O.A.C (1997; Cuadros 3 y 4).

3.1.1. Análisis estadístico

Las variables analizadas fueron: consumo de alimento (MS), incremento de peso, conversión alimenticia, concentración de metabolitos en suero sanguíneo (colesterol, creatinina, glucosa, proteínas totales y urea) y concentración de N en heces.

Para el análisis de incremento de peso y metabolitos, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con submuestreo. En tanto que para consumo y conver-

sión alimenticia se utilizó el modelo de bloques al azar sin submuestreo (Steel y Torrie, 1980).

Cuadro 3. Análisis bromatológico de las dietas maíz-soya en las tres etapas experimentales

Determinación (%)	Zeolita (%)		
	0	3	6
	Iniciación		
Humedad	7.8	7.9	7.9
Materia seca	92	92	92
Cenizas	6.1	9.6	8.9
Proteína cruda	16.1	15.6	15.3
Fibra cruda	2.8	4.8	3.5
Extracto etéreo	3.5	3.4	3.3
Extracto libre de N.	71.4	66.4	68.9
	Crecimiento		
Humedad	9.1	9.3	8.9
Materia seca	90	90	91
Cenizas	6.2	8.1	9.2
Proteína cruda	16.8	16.4	16
Fibra cruda	3.6	5.9	6.1
Extracto Etéreo	3.8	3.4	3.7
Extracto libre de N.	69.5	66	64.9
	Finalización		
Humedad	9.9	9.3	8.2
Materia seca	90	90	91
Cenizas	10	10.7	10.6
Proteína Cruda	16.6	16	15.7
Fibra Cruda	2.9	4.6	5.5
Extracto Etéreo	5.1	3.5	4.8
Extracto libre de N	65.2	65	63.2

(MS) Materia seca
N Nitrógeno

Cuadro 4. Análisis bromatológico de las dietas sorgo-soya de iniciación y crecimiento (base MS).

Determinación (%)	Zeolita (%)		
	0	3	6
	Iniciación		
Humedad	9.1	8.9	8.6
Materia seca	90.9	91	91.3
Cenizas	12.6	11	11.9
Proteína Cruda	16.6	16	15.6
Fibra Cruda	5.2	5.1	4.4
Extracto Etéreo	2.8	3.3	3.4
Extracto libre de N	62.6	64.4	64.4
	Crecimiento		
Humedad	9.6	9.7	9.3
Materia seca	90.3	90.2	90.6
Cenizas	10.8	9.5	9.6
Proteína Cruda	16.7	16	16
Fibra Cruda	6.5	6.7	6.1
Extracto Etéreo	4.4	4.2	4.3
Extracto libre de N	61.4	63.3	63.7

(N) nitrógeno

3.3. Metodología en pollos

Las unidades experimentales fueron 108 pollos de engorda, no sexados de estirpe Ross, de 1 d de edad, con un PV inicial promedio de 100 ± 10 gr. Las unidades experimentales se distribuyeron al azar en 9 jaulas de metal de 2.5 m^2 , con piso de cemento, cama de aserrín, equipadas con comederos tipo bandeja y bebederos tipo galón, bloqueando por peso inicial, bajo un diseño de bloques al azar, con 3 tratamientos (0, 3 y 6 % de zeolita) y 3 repeticiones en cada uno.

La prueba duró 37 d más 5 d de adaptación a la dieta y al manejo. Los pollos se pesaron al inicio y final del periodo experimental; se les vacunó contra las enfermedades de Gumboro y Newcastle al iniciar la prueba. Se utilizó alimento comercial de inicio (1 a 21 d) y engorda (22 a 42 d), tanto el alimento como el agua los recibieron a

libre acceso. La mezcla de la zeolita y la dieta se hizo manualmente con la ayuda de palas y el consumo se estimó restando el rechazo a lo ofrecido, la obtención de muestras de heces se hizo vía la manipulación directa de la cloaca. Se obtuvo una muestra sanguínea (de la vena radial o alar) de 2 pollos seleccionados al azar de cada repetición al final del periodo experimental con agujas y tubos vacutainer centrifugándose a 2500 RPM por 10 minutos para separar el suero sanguíneo. Las aves recibieron 24 hr de iluminación durante toda la crianza, la ventilación fue natural debido a las condiciones climáticas favorables.

Se realizó limpieza y desinfección inicial de la caseta con agua, jabón y cal. La investigación terminó con el sacrificio de los pollos, por medio del corte de la yugular para propiciar el desangrado del ave. Luego de la muerte, se les sumergió en agua caliente a una temperatura aproximada de 60 a 80 °C para eliminar las plumas y obtener una carne limpia y proceder al eviscerado, y así obtener el peso de la canal compuesta por alas, pechuga y muslos.

3.3.1. Análisis químicos

Al igual que en cerdos, los metabolitos (urea, proteínas totales y creatinina) se determinaron en suero por espectrofotometría y de acuerdo a las instrucciones del “kit” correspondiente. El nivel de N en heces fue determinado de acuerdo a la metodología descrita por la A.O.A.C. (1997).

3.3.2. Análisis bromatológico de las dietas

Las características químicas de las dietas utilizadas se reportan en los Cuadros 5 y 6 las cuales fueron determinadas de acuerdo a la metodología propuesta por la A.O.A.C (1997).

Cuadro 5. Análisis bromatológico de la dieta comercial de inicio de pollos.

Determinación (%)	Zeolita (%)		
	0	3	6
Humedad	8.1	8.0	8.2
Materia seca	91.8	91.9	91.7
Cenizas	12.5	17.6	18.9
Proteína cruda	17.8	15.9	14.9
Fibra cruda	3.9	3.9	3.9
Extracto etéreo	3.9	3.8	3.3
Extracto libre de nitrógeno	58.4	53.9	56.0

Cuadro 6. Análisis bromatológico de la dieta comercial de etapa de engorda de los pollos

Determinación (%)	Zeolita (%)		
	0	3	6
Humedad	9.5	9.0	8.9
Materia seca	90.4	90.4	90.9
Cenizas	8.0	11.4	20.4
Proteína cruda	15.8	14.1	13.5
Fibra cruda	3.5	3.7	4.3
Extracto etéreo	2.9	2.5	2.6
Extracto libre de nitrógeno	65.9	62.4	52.7

3.3.3. Análisis estadístico

Las variables de estudio fueron: consumo de alimento (MS), incremento de peso, conversión alimenticia, concentración de metabolitos en suero sanguíneo (urea, creatinina, proteínas totales) y concentración de N en heces.

Los resultados experimentales obtenidos se sometieron a un análisis de varianza con un diseño experimental de bloques al azar (Steel y Torrie, 1980)..

3.4. Metodología en ovinos

Se utilizaron 12 ovinos machos sin castrar, de cruce tipo comercial con predominancia de la raza Dorper. El peso promedio inicial fue de 25 ± 6 kg de peso vivo (PV).

Los animales se bloquearon por peso inicial y distribuyeron al azar en 12 corraletas, bajo un diseño de bloques al azar, con 3 tratamientos (0, 3 y 6 %) y 4 repeticiones.

La duración del experimento fue de 56 d más 14 d de adaptación al manejo y a la dieta. Los ovinos fueron desparasitados y vitaminados antes de iniciar la prueba. El alimento incluía como ingredientes base maíz y harinolina y se ofreció a libre acceso. El alimento se retiraba cada 3 d con la finalidad de medir el rechazo y determinar el consumo. Los animales fueron pesados al inicio y final del periodo experimental para calcular la ganancia diaria de peso. La conversión alimenticia se calculó dividiendo el consumo de alimento diario entre la ganancia diaria de peso. La incorporación de la zeolita fue de forma manual (pala) en sustitución de la dieta.

Las muestras de sangre fueron obtenidas de la vena cava anterior con agujas vacutainer de 0.8 x 38 ml en tubos de vacío. El muestreo del líquido ruminal se hizo con la ayuda de una bomba de vacío y las heces se obtuvieron vía manipulación directa del recto, los muestreos se hicieron por la mañana, antes de ofrecer alimento, al final del periodo experimental en todos los animales.

3.4.1. Análisis bromatológico de la dieta

En el Cuadro 7 se presenta el análisis bromatológico de la dieta utilizada (A.O.A.C., 1997).

Cuadro 7. Análisis bromatológico de la dieta de ovinos utilizada en el periodo experimental.

Determinación (%)	Zeolita (%)		
	0	3	6
Humedad	5.5	4.2	5.5
Materia Seca	94.5	95.8	94.5
Cenizas	6.3	9.9	13.7
Proteína Cruda	12.9	11.4	10.4
Fibra Cruda	12.2	15.6	17.8
Fibra Detergente Ácida	17.0	19.0	21.7
Fibra Detergente Neutra	62.8	61.9	63.1
Extracto Etéreo	3.2	3.1	3.0
Extracto Libre de Nitrógeno	61.4	56.12	51.35
Nutrientes Digestibles Totales	75.51	73.14	68.99

3.4.2. Análisis químicos

Los metabolitos glucosa, urea, proteínas totales, creatinina y colesterol se determinaron en suero por espectrofotometría y de acuerdo a las instrucciones del “kit” correspondiente usando los métodos que se mencionan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Métodos utilizados para la determinación de los metabolitos sanguíneos en ovinos.

Variable	Método
Glucosa	GOD-POD (Glucosa-Oxidasa-Peroxidada)
Urea	Berthelot modificado
Proteínas totales	Biuret modificado
Creatinina	Jaffe sin desproteinización
Colesterol	CHOD-PAP

La proporción molar del ácido acético, propiónico y butírico se midió en cromatógrafo de gases (Tejada, 1992). Los niveles de N en heces, se determinaron por el método A.O.A.C. (1997).

3.4.3. Análisis estadístico

Las variables de estudio: consumo de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, concentración de glucosa, urea, creatinina, colesterol y proteínas totales en suero sanguíneo, concentración de AGV, nivel de N en heces y pH ruminal, fueron analizados estadísticamente por medio de un diseño de bloques al azar (Steel y Torrie, 1980).

4. RESULTADOS

4.1. Cerdos

El comportamiento productivo (incremento de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) de los cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta se muestran en el Cuadro 9. El nivel de zeolita en la dieta no influyó ($P>0.05$) en el comportamiento productivo en ninguna de las etapas experimentales.

Cuadro 9. Comportamiento productivo de cerdos alimentados con diferentes niveles de inclusión de zeolita en la dieta.

Variable	Zeolita (%)			
	0	3	6	P>F
	Iniciación			
Incremento de peso (kg/día)	0.542 ^a	0.558 ^a	0.495 ^a	0.089
Consumo MS (kg/día)	1.319 ^a	1.361 ^a	1.327 ^a	0.847
Conversión alimenticia	2.529 ^a	2.528 ^a	2.769 ^a	0.089
	Crecimiento			
Incremento de peso (kg/día)	0.707 ^a	0.711 ^a	0.716 ^a	0.446
Consumo MS (kg/día)	2.517 ^a	2.547 ^a	2.511 ^a	0.866
Conversión alimenticia	3.717 ^a	3.697 ^a	3.548 ^a	0.856
	Finalización			
Incremento de peso (kg/día)	0.934 ^a	0.949 ^a	0.987 ^a	0.525
Consumo MS (kg/día)	3.435 ^a	3.507 ^a	3.492 ^a	0.887
Conversión alimenticia	3.770 ^a	3.766 ^a	3.566 ^a	0.448

^{a,b} Promedios con igual literal dentro de filas no son significativos ($P>0.05$)

^{MS} Materia Seca

Los indicadores sanguíneos (Cuadro 10) mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) solo para proteínas totales en la etapa de crecimiento, las cuales tendieron a incrementarse y la urea en finalización se observó una marcada reducción ($P<0.05$) con la adición de zeolita en la dieta.

Hubo reducción ($P<0.05$) de los niveles de N excretados, de los cerdos alimentados con los diferentes niveles de zeolita con respecto al grupo control en todas las etapas de producción (Cuadro11).

Cuadro 10. Concentración de metabolitos en suero sanguíneo (mg/dl) de cerdos alimentados con diferentes niveles de inclusión de zeolita en la dieta.

Variable	Zeolita (%)			
	0	3	6	P>F
Iniciación				
Colesterol	122.3 ^a	114.6 ^a	102.3 ^a	0.270
Creatinina	2.1 ^a	2.2 ^a	2.3 ^a	0.163
Glucosa	106.9 ^a	100.5 ^a	102.1 ^a	0.843
Proteínas totales	6.4 ^a	6.7 ^a	6.5 ^a	0.135
Urea	32.7 ^a	28.7 ^a	31.7 ^a	0.188
Crecimiento				
Colesterol	93.0 ^a	124.6 ^a	119.9 ^a	0.107
Creatinina	2.3 ^a	2.3 ^a	2.2 ^a	0.083
Glucosa	97.2 ^a	94.1 ^a	96.6 ^a	0.898
Proteínas Totales	6.4 ^b	7.3 ^a	6.8 ^{ab}	0.003*
Urea	36.1 ^a	34.7 ^a	36.3 ^a	0.786
Finalización				
Colesterol	162.7 ^a	169.0 ^a	178.5 ^a	0.628
Creatinina	2.2 ^a	2.3 ^a	2.2 ^a	0.426
Glucosa	115.3 ^a	113.7 ^a	115.1 ^a	0.864
Proteínas totales	7.5 ^a	7.1 ^a	7.2 ^a	0.975
Urea	36.3 ^a	30.9 ^{ab}	28.2 ^b	0.016*

^{a,b} Promedios con igual literal dentro de filas no son significativos ($P>0.05$)

* $P<0.05$

Cuadro 11. Excreción de N en heces de cerdos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

Etapa	Zeolita (%)			P>F
	0	3	6	
N en heces (%)				
Inicio	1.53 ^a	1.32 ^b	1.25 ^b	0.0001*
Crecimiento	1.49 ^a	1.31 ^{ab}	1.21 ^b	0.005*
Finalización	1.39 ^a	1.22 ^b	1.07 ^c	0.0001*

^{a,b} Promedios con igual literal dentro de filas no son significativos ($P>0.05$)

* $P<0.05$

4.2. Pollos de engorda

Los resultados obtenidos de 1 a 42 d (Cuadro 12) muestran que el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento de la canal no tuvieron respuesta a la adición de zeolita ($P>0.05$).

Cuadro 12. Comportamiento productivo de pollos de engorda alimentados con zeolita

Variable	Zeolita (%)			
	0	3	6	P>F
Incremento de peso(kg/etapa)	2.254 ^a	2.185 ^a	2.159 ^a	0.673
Consumo (kg/etapa)	4.720 ^a	4.750 ^a	4.373 ^a	0.298
Conversión alimenticia	2.092 ^a	2.175 ^a	2.031 ^a	0.526
Rendimiento de la canal (kg)	1.773 ^a	1.688 ^a	1.828 ^a	0.704

^{a,b} Promedios con igual literal dentro de filas no son significativos ($P>0.05$)

Los datos de la concentración de metabolitos en suero y excreción de N en heces (Cuadro 13) muestran que no existió diferencia significativa ($P>0.05$) con la adición de zeolita en la dieta durante todo el periodo experimental, sin embargo, numéricamente la excreción de N tuvo una tendencia a reducir.

Cuadro 13. Concentración de metabolitos en suero y N en heces de pollos alimentados con diferentes niveles de zeolita

Variable	Zeolita (%)			
	0	3	6	P>F
Urea (mg/dl)	14.7 ^a	18.1 ^a	18.2 ^a	0.287
Proteínas totales (mg/dl)	2.4 ^a	2.4 ^a	3.1 ^a	0.743
Creatinina (mg/dl)	2.3 ^a	2.0 ^a	2.4 ^a	0.274
Nitrógeno en heces (%)	3.1 ^a	2.5 ^a	2.2 ^a	0.149

^{a,b} Promedios con igual literal dentro de filas no son significativos ($P>0.05$)

4.3. Ovinos

El comportamiento productivo de los ovinos alimentados con diferentes niveles (0, 3, y 6 %) de zeolita en la dieta, se muestran en el Cuadro 14. La inclusión de zeolita a la dieta, no mostró efecto significativo ($P>0.05$) en la ganancia diaria de peso (GDP), consumo de materia seca (CMS), ni conversión alimenticia (CA)..

Cuadro 14. Comportamiento productivo de ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

Variable	Zeolita (%)			
	0	3	6	P>F
Ganancia de peso (kg/día)	0.234 ^a	0.215 ^a	0.224 ^a	0.505
Consumo MS (kg/día)	1.359 ^a	1.241 ^a	1.385 ^a	0.062
Conversión Alimenticia	5.819 ^a	5.754 ^a	6.238 ^a	0.474

^{a,b} Promedios con igual literal dentro de filas no son significativos ($P>0.05$)

* $P<0.05$

Los indicadores sanguíneos (Cuadro 15) mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) solo para glucosa, la cual se incrementó con la adición de zeolita en la dieta.

Cuadro 15. Concentraciones de metabolitos en suero sanguíneo de ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

Determinación (mg/dl)	Zeolita (%)			
	0	3	6	P>F
Glucosa	54.1 ^b	73.1 ^a	81.0 ^a	0.014*
Urea	19.0 ^a	18.2 ^a	16.3 ^a	0.193
Creatinina	1.9 ^a	1.9 ^a	2.0 ^a	0.846
Proteínas totales	5.8 ^a	6.3 ^a	7.121 ^a	0.483
Colesterol	181.5 ^a	147.7 ^a	152.7 ^a	0.121

^{a,b} Promedios con igual literal dentro de filas no son significativos ($P>0.05$)

* $P<0.05$

La concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) y pH en ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita se muestra en el Cuadro 16. La zeolita no afectó la concentración de ácido acético, propiónico, butírico y pH ruminal ($P>0.05$).

Cuadro 16. Concentraciones de ácidos grasos volátiles y pH ruminal en ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

Determinación	Zeolita (%)			
	0	3	6	P>F
Ácido acético (mm/l)	34.9 ^a	38.6 ^a	42.5 ^a	0.5190
Ácido propiónico (mm/l)	7.9 ^a	7.2 ^a	9.3 ^a	0.5921
Ácido butírico (mm/l)	7.8 ^a	9.8 ^a	9.9 ^a	0.6725
¹ AGVs Totales	50.8 ^a	55.7 ^a	61.8 ^a	0.5078
pH ruminal	6.5 ^a	6.2 ^a	6.3 ^a	0.5910

a,b Promedios con igual literal dentro de filas no son significativos (P>0.05)

**P<0.05*

¹AGVs (Ácidos grasos volátiles)

Por otro lado, la inclusión de zeolita en la dieta de los ovinos redujo significativamente (P<0.05) la concentración de N en las heces (Cuadro 17).

Cuadro 17. Niveles de N presentes en heces de los ovinos, alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

Variable	Zeolita (%)			
	0	3	6	P>F
N en heces (%)	3.3 ^a	2.7 ^b	2.5 ^b	0.0017*

a,b Promedios con igual literal dentro de filas no son significativos (P>0.05)

**P<0.05*

N= Nitrógeno

5. DISCUSIÓN

5.1. Cerdos

El comportamiento productivo de los cerdos no se afectó cuando fueron alimentados con zeolita, estos datos concuerdan con lo reportado por otros autores; en el experimento llevado a cabo por Prvulovic *et al.* (2007) con cerdos Landrace x Yorkshire se probaron dos niveles (0 y 5 %) de clinoptilolita en un programa de alimentación de tres fases, encontrando efectos positivos sólo en la etapa de crecimiento; en finalización la zeolita afectó negativamente los incrementos de peso.

Shurson *et al.* (1984) al probar cuatro niveles (0, 1, 3 y 5 %) en tres etapas de producción, no encontraron efectos significativos en ninguna de las etapas. De igual manera, Tiwari (2007) al trabajar con 0 y 4 % no encontró significancia, resultados que son similares a los encontrados en éste trabajo. Por otra parte, Defang y Nishov (2009) reportan altos incrementos de peso con 4 % en las etapas de crecimiento y finalización pero no en iniciación; señalan que los efectos benéficos se deben a la intervención de la zeolita en los mecanismos relacionados con la remoción y absorción de componentes nocivos derivados de la actividad microbiana específicamente amoníaco y la reducción de la velocidad de paso del alimento en los intestinos lo cual incrementa la actividad microbiana y enzimática dando como resultado mejor utilización de los nutrientes sobre todo del N.

Leung (2004) al trabajar con cerdos desde la fase de inicio a finalización con niveles de 0, 2, 4 y 6 % no encontró efectos significativos en incrementos de peso y conversión, pero observó una tendencia a incrementarse el consumo cuando se añadió zeolita. Alexopoulos *et al.* (2007) observaron incremento en el consumo con 2 %. De igual manera Meléndez y Rodríguez (2005), al trabajar con cerdos con un peso inicial de 18 kg durante ocho semanas utilizando 0, 2, 4 y 6 % de zeolita en la dieta encontraron que en los tratamientos con zeolita aumenta el consumo de materia seca y observaron una menor conversión alimenticia en los niveles 2 y 4 %. Sin embargo, encontraron que con 6 % se logra una mejor conversión alimenticia y mejores ga-

nancias de peso. Castro e Iglesias (1989) obtuvieron efectos positivos con 3 y 6 % de zeolitas. Castro y Mas (1989) sugieren un 3 %.

Poulsen y Oksbjerg (1995) y Trckova *et al.* (2009) señalan que la adición de zeolita aumenta la materia mineral en la dieta y reduce el coeficiente de digestibilidad de la materia seca y la energía, lo que ocasiona que los cerdos no compensen el consumo, la eficiencia de conversión y el crecimiento se reduzcan.

El incremento de las proteínas totales en sangre puede deberse a un aumento en el nivel de globulinas (inmunoglobulinas y diversas proteínas de transporte). La producción de anticuerpos puede ocasionar algunos cambios en la concentración de gamma-globulinas (Fenner, 1999), esto puede deberse a que la zeolita favorece el control de las diarreas, debido a su propiedad antibiótica y al efecto desintoxicante que posee este material al arrastrar al exterior del tracto digestivo las toxinas y ciertos metales pesados tóxicos como Pb, Cu y Cd, lo que ayuda a que los cerdos tengan un buen estado de salud, una mejor producción de anticuerpos y una mejor utilización de nutrientes (Prieto *et al.*, 2004).

Resultados similares a los aquí reportados fueron publicados por Alexopoulos *et al.* (2007) con cerdos de 25 a 161 d de edad y 2 % de zeolita en la dieta. Estos autores encontraron que en las etapas de crecimiento y finalización las concentraciones de urea y colesterol en sangre disminuyeron y hubo una elevada concentración de glucosa. Por otro lado Prvulovic *et al.* (2007) señalan que la adición de clinoptilolita no tiene efectos adversos sobre los parámetros bioquímicos séricos y no afecta a la homeostasis fisiológica normal de los animales.

Shurson *et al.* (1984), Malagutti *et al.* (2002) y Alexopoulos *et al.* (2007) aseveran que la reducción en la concentración de urea y creatinina en sangre se debe a que la zeolita tiene alta afinidad por los iones de amonio, es decir posee una alta capacidad de capturar iones de amonio producidos en la deaminación de las proteínas durante el proceso digestivo impidiendo así su absorción e incrementando la actividad enzi-

mática y microbiana, dando como resultado mejor utilización de los nutrientes especialmente del N. Una mejora significativa en la retención de N en cerdos de 12 a 35 kg de PV alimentados con una dieta comercial diluida con 2 % de zeolita fue señalada por Parisini *et al.* (1999).

Ha sido reportado que en no rumiantes prevalecen dos mecanismos muy importantes sobre la cual la zeolita pudiera estar relacionada con la mejor utilización del N de la dieta y su reducción en heces: la absorción de amoníaco (NH_3) y prolongación del tiempo de retención del alimento en el tracto digestivo (Alexopoulos *et al.*, 2007; Karamanlis *et al.*, 2008; Prvuloviae *et al.*, 2009; Trckova *et al.*, 2009).

El amoníaco es un agente toxico a nivel celular, y una vez absorbido, debe ser transformado en urea por el hígado para su eliminación renal posterior a través de mecanismos costosos desde el punto de vista energético (Ly *et al.*, 1996). En no rumiantes (cerdos y pollos) la propiedad de absorber el amoníaco (NH_3) por parte de las zeolitas demuestra el efecto benéfico que pueden ejercer durante el proceso digestivo, al evitar su posible absorción intestinal, disminuyendo de este modo la carga del hígado con sustancias tóxicas. La energía necesaria que se utilizaría para la desintoxicación se utilizaría para aumentar el rendimiento productivo expresado en incremento de peso (Strakova *et al.*, 2008; Trckova *et al.*, 2009). Prvuloviae *et al.* (2009) aseveran que la zeolita pudiera ayudar a la mejor utilización del aspartato y de la alanina en el tracto digestivo, o con algunos procesos metabólicos que requieren transformación de alanina en aspartato y de este modo hacer más eficiente la utilización del N procedente de la dieta.

Las propiedades de intercambio iónico de la zeolita podría alterar el pH y la composición iónica (incluyendo oligoelementos) de los fluidos gastrointestinales, incrementando con ello la actividad enzimática (Xia *et al.*, 2004), lo que contribuiría a mejorar la digestión y absorción de nutrientes como el N (Collazos, 2010).

5.2. Pollos de engorda

Se asevera que la razón por la cual no se encontró efecto significativo en la suplementación de zeolita sobre el comportamiento productivo y perfil metabólico de los pollos en este estudio puede ser debido a que la mezcla de zeolita no era homogénea por la característica que presentaba la dieta (tamaño de partícula grande), se observó que el mineral se concentraba en la parte baja de los recipientes. Lo que corrobora lo obtenido por Ozturk *et al.* (1998) en gallinas ponedoras alimentadas con una dieta que contenía 0, 2, 4, 6 y 8 % de clinoptilolita, no encontraron efectos significativos en peso corporal, consumo de alimento, eficiencia alimenticia, número de huevos puestos por gallina, grosor de la cáscara, la mortalidad u otros criterios de calidad de los huevos.

Similares resultados presentan Prvulovic *et al.* (2008), al trabajar con 300 pollos de engorda de 1 a 42 d y 5 % de zeolita, el efecto sobre la ganancia de peso y conversión alimenticia no fue significativo y los índices bioquímicos hematológicos no fueron afectados. Al respecto Cornejo *et al.* (1995) trabajaron con 160 pollos de 1 a 49 d de edad, con 2, 4 y 6 % de zeolita en la dieta, no detectaron diferencias significativas en incremento de peso, consumo, conversión alimenticia ni calidad de la canal, estos autores aseveran que los efectos pueden presentar variaciones debido a factores tales como la naturaleza, concentración y contenido de aluminio de la zeolita y el nivel de Ca y P en la dieta. Se debe tener en cuenta que 0.15% de aluminio en la dieta, puede ser tóxico para los pollos de engorda. Shariatmadari (2008) señala que la ausencia de resultados favorables en pollos podría deberse también a la falta de purificación del material, ya que es conocido que estos aluminosilicatos pueden contener cuarzo y otras eventuales impurezas que disminuirían fuertemente las propiedades fisicoquímicas que estas poseen.

Contrariamente, en otros trabajos se menciona que al agregar zeolita a la dieta, ya sea en sustitución o adición, ayuda a un mejor comportamiento productivo. Strakova *et al.* (2008), trabajaron con pollos de engorda del híbrido Ross 308 de 1 a 40 d de edad, suplementaron 0.5, 1.5 y 2.5 % de zeolita tipo clinoptilolita en la dieta; observa-

ron mayores pesos en animales que recibieron este aditivo en su dieta. Alvear *et al.* (2005) con 240 pollos de la línea Ross y niveles de 0, 2, 4 y 6 % de zeolita lograron que se mejorara el aprovechamiento del alimento, obteniéndose buenos niveles de conversión alimenticia para dietas mezcladas con un 4% de zeolita; buen aumento de peso en dietas mezcladas con un 2% y un mejor rendimiento económico en dietas mezcladas con 6 % de zeolita.

En otro estudio Acosta *et al.* (2005) utilizaron 1400 pollos desde 1 hasta 42 d de edad, a los que suministraron una dieta tradicional de maíz soya y harina de pescado con inclusión de 1 % de zeolita la cual no mejoró el incremento de peso, pero sí la conversión alimentaria con un menor consumo de alimento y de proteína, mayor rendimiento en canal y menor deposición de grasa abdominal. Lema (2008) evaluó tres niveles de zeolita (0, 2 y 4 %) en la dieta de 300 pollos de 1 a 56 d de edad. Reportó que con 4 %, se favoreció el comportamiento productivo, rendimiento de la canal y detectó reducción significativa de la presencia de amoníaco en las casetas.

Los resultados obtenidos de perfil metabólico y excreción de N en el presente experimento no fueron significativos, lo que coincide con Eleroglu *et al.* (2011) donde evaluaron los efectos de diferentes cantidades de zeolita (0, 1, 3, 5 %) en la dieta sobre algunos parámetros de la sangre con 240 pollos de 1 d de edad de la línea Ross. Estos autores reportan que no hubo efecto significativo sobre la concentración de glucosa, colesterol, proteínas totales, ácido úrico; concentraciones de Ca, P, Na, K, a los 21 y 42 días de edad. Señalan, que la zeolita no tiene efectos adversos en la sangre y huesos; Prvulovic *et al.* (2008), al trabajar con 300 pollos de engorda de 1 a 42 d y 5 % de zeolita indican que los índices bioquímicos hematológicos no fueron afectados y difiere con lo reportado por Safaeikatouli *et al.* (2011) al experimentar con 320 pollos de engorda 1 d de edad alimentados con 1.5 y 3 % de zeolita, para medir la concentración de metabolitos en suero sanguíneo (proteínas totales, urea, creatinina, colesterol, triglicéridos) tiroxina, tirotropina y hormona del crecimiento. Encontraron que las proteínas totales, glucosa y la hormona del crecimiento incrementaron significativamente en pollos que recibieron zeolita, pero no encontraron diferen-

cia en los niveles de urea, creatinina, colesterol, tiroxina, tiotropina. Los mecanismos de este efecto nos están claros, sin embargo, estos autores coinciden que la zeolita en la dieta aumenta el tiempo de retención del alimento en el intestino de los pollos, sometiendo así a los nutrientes a la acción enzimática por mas tiempo, o podría haber sido debido a la acción de la zeolita en mayor digestibilidad y absorción de nutrientes.

5.3. Ovinos

La alimentación de los ovinos con zeolita no afectó su comportamiento productivo, y estos resultados se le pueden atribuir a varios factores. Bailey *et al.* (2006) mencionan a los factores extrínsecos (especie animal, condiciones ambientales y el nivel nutricional) e intrínsecos (tipo, pureza, especie y tamaño de partícula) de la zeolita. Similares resultados fueron encontrados en diversos experimentos realizados tanto en bovinos, ovinos y caprinos. Buendía y Pérez (2011) probaron con ovinos Dorper x Pelibuey tres niveles (0, 1.5 y 2 %) de clinoptilolita, no encontraron efecto significativo ($P>0.05$) en ganancia de peso, consumo ni conversión alimenticia. Por su parte, Estrada *et al.* (2009) utilizaron 20 ovinos de 32.6 kg peso vivo, probaron cuatro niveles (0, 0.5, 1.0 y 1.5 %) de zeolita, sin reportar efecto significativo ($P>0.05$) en la ganancia de peso. Sin embargo, el rendimiento de la canal mejoró con los tratamientos que incluían zeolita.

Ghaemnia *et al.* (2010), al trabajar con borregos con 0, 3, 6, y 9 % de zeolita en la dieta, reportan que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) en el consumo de alimento. Sin embargo, encontraron que se incrementó el consumo al adicionar este aluminosilicato. Contrario a los resultados obtenidos por Forouzani *et al.*, (2004) quienes trabajaron con ovinos machos para evaluar el efecto de tres niveles (0, 3 y 6 %) de zeolita reportan efecto significativo ($P<0.05$) en el consumo, señalando que el 6 % fue el que promovió mayor consumo.

Por otro parte Coutinho *et al.* (2002) al trabajar con 24 bovinos con 2.4 % de zeolita en la dieta no observaron diferencia significativa ($P>0.05$) en el comportamiento

productivo. Sherwood y Erickson (2006) reportan que los aluminosilicatos en cantidades de 0 y 1.2 % en la dieta no afectan el comportamiento productivo de becerros.

Erwanto *et al.* (2011) con cabras utilizando los niveles 0, 2, 4 y 6 % de zeolita, reportan que el consumo de alimento no se vió afectado ($P>0.05$) al adicionar zeolita a la dieta, observaron que los animales del grupo testigo fueron los que más alimento consumieron. En bovinos, Pulido y Fehring (2004) trabajaron con vaquillas productoras de leche utilizando 0, 3 y 5 % de zeolita, en dos periodos, determinando que los consumos de alimento no mostraron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos.

En el presente experimento las concentraciones de ácidos grasos volátiles y pH ruminal no se vieron afectados; sin embargo, la concentración de glucosa se incrementó y la excreción de N en heces se redujo significativamente con la suplementación de zeolita en la dieta. A pesar de varios trabajos realizados, todavía no se ha indicado el mecanismo exacto mediante el cual actúa la zeolita en el uso eficiente del N y los carbohidratos de la dieta (Galyean y Chabot, 1981; Bazanova *et al.*, 1982; Galindo *et al.*, 1990; Forouzani *et al.*, 2004; Rivera, 2005 y Erwanto *et al.*, 2011), todos estos autores concuerdan en que la zeolita actúa como un intercambiador de iones por el amonio e iones metálicos y puede selectivamente absorber moléculas de gas simple y vapor. También esta propiedad de intercambio iónico puede llevar a iones como el Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} y Na^+ a ser más útiles. Las propiedades de intercambio iónico podrían llevar una acción buffer en el animal por la absorción de un catión y la liberación de otro, así como de adsorber metales pesados (Mumpton, 1999). Rivera (2005) indica que uno de los posibles mecanismos de acción de la zeolita en rumiantes puede ser por efectos en la peristalsis (movimiento de contracciones sucesivas a lo largo del estómago e intestinos, que impulsan el contenido del tubo digestivo de arriba hacia abajo) o en la presión osmótica del contenido intestinal.

Ruiz *et al.* (2007) y Gutiérrez *et al.* (2008) señalan que la zeolita en rumiantes, químicamente es capaz de atrapar los iones amonio (NH_4) que se liberan por la acción de las deaminasas y que están altamente concentrados en el líquido ruminal,

para luego ser liberados lentamente. Como consecuencia, hay mayor eficiencia en el uso del N por la microflora ruminal. Por otra parte, las zeolitas están compuestas por iones minerales móviles e intercambiables como el K, Na, Ca y Mg, que se consideran elementos necesarios para el crecimiento y reproducción de algunas bacterias celulolíticas ruminales. Esto permite mejor utilización del N, por parte de la microflora ruminal y favorece la degradación de los nutrientes en el rumen, con aumento de la velocidad del alimento y mayor consumo, apreciándose un mejor comportamiento productivo (Galindo y Marrero, 2005; Rivera, 2005; Ruiz *et al.*, 2008).

Ha sido señalado también que las zeolitas manipulan la proteólisis ruminal (Rodríguez *et al.*, 2008), es decir, ejercen efectos reductores en la fermentación ruminal de las proteínas de la dieta. Respecto a los compuestos nitrogenados, Rivera (2005) informa que las proteínas y la urea o cualquier fuente de nitrógeno no proteico (NNP) que llega al rumen, son degradadas a NH_3 mientras que la mayoría de los aminoácidos son desaminados. Teniendo en cuenta la capacidad de intercambio catiónico de la zeolita y su capacidad para absorber compuestos nitrogenados es importante señalar que estos aluminosilicatos interactúan e intervienen directamente en el metabolismo proteico. Por ejemplo la clinoptilolita intercambia con preferencia NH_4 en relación con el Na^+ (Mumpton y Fischman, 1977).

El NH_4 retenido por la zeolita es liberado lentamente al ambiente ruminal en la misma magnitud que la zeolita regenera su estado normal debido a los cationes procedentes de la saliva o de los alimentos (Rivera, 2005). Sweeney *et al.* (1980) señalan que aproximadamente el 15 % del NH_3 presente en el rumen puede ser captado por la zeolita, lo que permite una mejor utilización del N por los rumiantes. La cantidad de amoniaco (NH_3) en el contenido ruminal nos indica el grado de fermentación de la proteína en el rumen y por lo tanto, la falta de NH_3 reduce la proliferación de las bacterias por ser el N esencial para la síntesis de proteína microbiana (Rivera, 2005).

El pH en el rumen es la consecuencia del balance entre la producción de ácidos a consecuencia de la fermentación. El pH puede variar en un rango de 5.0 a 7.0. Las bacterias celulolíticas que fermentan la celulosa son muy sensibles a la acidez exce-

siva, desarrollan mejor su actividad cuando el pH del rumen tiene un valor comprendido entre 6.4 y 7.0; su tasa de multiplicación empieza a disminuir si el pH desciende a un valor de 6.2, llegando a ser nula cuando el pH es inferior a 6.0. Por lo tanto, el pH del rumen nos indica cuales son las bacterias que predominan en éste. La estabilización del pH es uno de los beneficios que le atribuyen a la zeolita, estabiliza el pH y mejora las condiciones ruminales debido a la presencia de sales que liberan cationes como Ca, Mg, Na, K, Fe los que a su vez son requeridos por las bacterias ruminales, entonces la síntesis de proteína microbiana será mayor (Rivera, 2005).

6. CONCLUSIONES

Se concluye que en cerdos y ovinos la zeolita tipo clinoptilolita reduce significativamente la excreción de nitrógeno en heces y afecta el perfil metabólico; pero, no afecta el perfil metabólico de los pollos de engorda ni las concentraciones de ácidos grasos volátiles y pH ruminal de ovinos y no mejora el comportamiento productivo (incremento de peso, consumo y conversión alimenticia) de las tres especies animales estudiadas.

7. RESUMEN

Se evaluó, en la Granja Porcina, Unidad Avícola, Unidad Metabólica, laboratorios de Nutrición Animal y Reproducción de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila, México, el efecto de 0, 3 y 6 % de zeolita en dietas de cerdos, pollos de engorda y ovinos sobre su comportamiento productivo, excreción fecal de nitrógeno, indicadores bioquímicos sanguíneos, además, concentración de ácidos grasos volátiles y pH en líquido ruminal en ovinos. En cerdos se utilizaron 54 animales (27 machos castrados y 27 hembras) Landrace x Yorkshire x Duroc, de 11 a 95 kg de PV, en un diseño experimental de bloques al azar en tres etapas de producción (iniciación, crecimiento, finalización) y tres tratamientos (0, 3 y 6 % de zeolita) con tres repeticiones cada uno, durante 116 d. Los animales se alimentaron con una dieta a base de maíz o sorgo y soya a libre acceso. La adición de zeolita no afectó el comportamiento productivo, pero sí a los metabolitos y excreción de N en heces. Las proteínas se incrementaron en la etapa de crecimiento, la urea redujo su concentración en finalización y la excreción de nitrógeno disminuyó significativamente en las tres etapas de producción. En pollos de engorda se utilizaron 108 animales, no sexados de estirpe Ross, de 1 d de edad, con un PV inicial de 100 g. Las unidades experimentales se distribuyeron al azar en 9 jaulas de metal, bloqueando por peso inicial, bajo un diseño de bloques al azar en dos etapas de producción (inicio y engorda), con tres tratamientos (0, 3 y 6 % zeolita) y tres repeticiones en cada tratamiento. La prueba duró 42 d. a los pollos se les suministró alimento comercial de inicio (1 a 21 d) y engorda (22 a 42 d) a libre acceso, además, se les proporcionó 24 hr. de luz. La adición de zeolita en la dieta no afectó el comportamiento productivo, perfil metabólico ni la excreción de nitrógeno en heces. Para la prueba con ovinos se utilizaron 12 machos sin castrar, de cruce tipo comercial con predominancia de la raza Dorper, con PV inicial 25 kg. Los animales se bloquearon por peso inicial y distribuyeron al azar en 12 corraletas, bajo un diseño de bloques al azar, con 3 tratamientos y 4 repeticiones. La duración del experimento fue de 56 d. Se ofreció alimento a libre acceso e incluía como ingredientes base maíz y harinolina. Los animales se pesaron al inicio y fin de la prueba, las muestras de sangre fueron obtenidas de la vena cava anterior

con agujas vacutainer en tubos de vacío. El muestreo del líquido ruminal se hizo con la ayuda de una bomba de vacío y las heces se obtuvieron vía manipulación directa del recto. Los muestreos se hicieron por la mañana antes de ofrecer alimento al final del periodo experimental en todos los animales. El comportamiento productivo, concentración de ácidos grasos volátiles y pH en líquido ruminal no se vieron afectados con la adición de zeolita, pero la concentración de glucosa en sangre incrementó y la excreción de nitrógeno en heces se redujo significativamente. Se concluye que la zeolita tipo clinoptilolita reduce significativamente la excreción de nitrógeno en heces de cerdos y ovinos; afecta el perfil metabólico de cerdos y ovinos, pero no mejora el comportamiento productivo de los animales y no afecta las concentraciones de ácidos grasos volátiles y pH ruminal en ovinos.

8. LITERATURA CITADA

- Alexopoulos, C., D. S. Papaioannou, P. Fortomaris, C. S. Kyriakis, T. Goussi, A. Yannakopoulos y S. C. Kyriakis. 2007. Experimental study on the effect of in feed administration of a Clinoptilolite rich tuff on certain biochemical and hematological parameters of growing and fattening pigs. *J. Livestock Sci.* 111:230–241.
- Ávila G., E., S. A. Shimada y G. Llamas. 1990. Anabólicos y aditivos en la producción pecuaria. 1ra. Edición. Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México. México, D. F. 253. pp.
- Acosta, A., E. Lonwo y O. Dieppa. 2005. Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) y de diferentes esquemas de alimentación en el comportamiento productivo del pollo de ceba. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 39(3):319-325.
- Arroyo, L. A., M. A. Muñoz y H. R. Rojas. 2002. Inclusión de una zeolita (Clinoptilolita) en dietas de pollos de engorda. 15ª. Reunión Científica, Tecnológica, Forestal y Agropecuaria. Veracruz, México.
- Alvear, S. E., M. J. Quilambaqui, P. C. Álvarez y J. A. Rodríguez. 2005. Evaluación de zeolitas naturales mezcladas en la dieta para la alimentación de pollos de engorde (Broiler) en el Cenae-Espol. Tesis de licenciatura. Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. Pp. 100.
- Buendía, R. G. y S. M. Pérez. 2011. Efecto de la zeolita sobre el comportamiento productivo de ovinos en finalización. Órgano informativo de la Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios especialistas en bovinos. 9: 46-48.
- Bazanova, N. U., K. T. Tashenov, G. V. Tsitsishvili y T. G. Andronikashvili. 1982. Effect of natural zeolite on digestion in the rumen of ruminants. *J. Biologicheskaya* 8:88-93.
- Bailey, C. A., G. W. Latimer, A. C. Barr, W. L. Wigle, A. U. Haq, J. E. Balthrop y L. F. Kuben. 2006. Efficacy of montmorillonite clay (NovaSil PLUS) for protecting full-term broilers from aflatoxicosis. *J. Appl. Poult. Res.* 15:198-204.
- Buendía, R. G. y S. M. Pérez. 2011. Efecto de la zeolita sobre el comportamiento productivo de ovinos en finalización. Órgano informativo de la Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios Especialistas en Bovinos. 9:46-48.
- Coutinho, F. W., R. Henrique, R. Peres, C. Justo, P. Siqueira y P. Coser. 2002. Efeito da zeolite na engorda de bovinos em confinamento. *Rev. Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 10:93-96.

- Collazos, G. H. 2010. La aplicación de zeolita en la producción avícola: Revisión. *Rev. de Investigación Agraria y Ambiental* 1(1):17-23.
- Castro, M., J. Ly, M. Martínez y C. Gallego. 2005. Una reseña corta sobre la influencia de la zeolita en las emisiones de N en porcicultura. *Rev. Comp. Prod. Porcina*. 12 (3):162-167.
- Castro, M. 2003. Las zeolitas naturales en sistemas de alimentación con productos y subproductos de la industria azucarera para cerdos. VII Encuentro de Producción y Nutrición de Animales Monogástricos. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Chica, T. F., L. B. Londoño y M. Álvarez. 2006. La zeolita en la mitigación ambiental. *Rev. Lasallista Invest.* 3 (1):30-34.
- Castro, M. y M. Iglesias. 1989. Efecto de la zeolita en dietas tradicionales para cerdos en ceba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 23:273-276.
- Castro, M y A. Elías. 1978. Efecto de la inclusión de zeolita en dietas de miel final sobre el comportamiento de cerdos en crecimiento y ceba. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.*12:67-70.
- Castro, M., M. Martínez, L. Ayala, Y. Rodríguez, L. Savón, E. Adrien y J. Castañeda. 2008. Efecto de la zeolita natural en la prevención de problemas respiratorios en cerdos de preceba. *Rev. Cubana de Cienc. Agríc.* 42(2):177-179.
- 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. *Abstract. Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 23:49.
- Cornejo, S., A. E. Klohn, H. O. Hidalgo y J. R. Pokniak. 1995. Incorporación de una zeolita natural chilena (clinoptilolita) a dietas de pollos broiler. *Rev. Avanc. Cienc. Vet.* 10(1):1-5.
- Defang, H. F. y A. A. Nikishov. 2009. Effect of dietary inclusion of zeolite on performance and carcass quality of grower-finisher pigs. *Livestock Res. Rural Develop.* (abstract) 21: 6.
- Estrada, J. D., A. Angulo, M. J. Martínez, S. J. Bolado, G. E. Vázquez, R. F. Ríos y L. J. Portillo. 2009. Efecto de la inclusión de niveles crecientes de zeolita en dietas integrales en las características de la canal y cortes primarios de ovinos Pelibuey x Katahdin en engorda intensiva. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México.
- Eleroglu, H., H. Yalcin y A. Yildirim. 2011. Dietary effects of Ca-zeolite supplementation on some blood and tibial bone characteristics of broilers. *S. Afric. J. Anim. Sci.* 41(4):320-329.

- Echeverry, Z. J., Z. A. Gómez y S. J. Parra. 2008. Efectos de un β -adrenérgico comercial y varios niveles de lisina sobre la ganancia de peso de cerdos en finalización. *Rev. Lasallista Inv.* 5(1):45-50.
- Erwanto, W., A. Zacaria y M. Prayuwidayati. 2011. The use of ammoniated zeolite to improve rumen metabolism in ruminant. *J. Anim. Prod.* 13:138-142.
- Ferret, P. R., T. A. Heugten, T. G. Kempen y R. Angel. 2002. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *J. Anim. Sci.* 80(2):168-182.
- Fenner, R. W. 1999. Manual de medicina veterinaria de pequeñas especies. Segunda edición. Editorial Limusa. México. Pp. 535-545.
- Forouzani, R., E. Rowghani y M. J. Zamiri. 2004. The effect of zeolite on digestibility and feedlot performance of Mehraban male lambs given a diet containing urea-treated Maite silage. *J. Anim. Sci.* 78:179-184.
- Ghaemnia, L., M. Bojarpour, Kh. Mirzadeh, M. Chaji y M. Eslami. 2010. Effects of different levels of zeolite on digestibility and some blood parameters in Arabic lambs. *J. Anim. and Veterinary Advances.* 9:779-781.
- Gutiérrez, O., J. Galindo, A. Oramas y J. Cairo. 2008. Efecto de la suplementación con bentonita y zeolita en la protección de la proteína ruminal. Estudios in vivo. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 42(3):255-258.
- Galyean, M. I. y R. C. Chabot. 1981. Effect of sodium bentonite, buffer salts, cement kiln dust and clinoptilolite on rumen characteristics of beef steers fed a high roughage diet. *J. Anim. Sci.* 52:1197-1204.
- Galindo, J., A. Elías, J. B. Michelena y N. Morffi. 1990. Efecto de la zeolita en algunos grupos fisiológicos de bacterias ruminales en vacas que consumen ensilaje en pastoreo controlado. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 24:179-183.
- Galindo, J. y Y. Marrero. 2005. Manipulación de la fermentación microbiana ruminal. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 39:439-450.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köppen. 2ª Edición. Instituto de Geografía UNAM. México.
- González, L. M., M. Valdivia y E. Lon-Wo. 1996. Saccharine and Zeolite in broiler feeding. *Cuban J. Agric. Sci.* 30:309-313.
- Herrero, M. A. y S. B. Gil. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Rev. Ecología Austral.* 18:273-289.
- Hartog, D. L. y R. Sijtsma. 2009. Estrategias nutricionales para reducir la contaminación ambiental en la producción de cerdos. *Rev. Avanc. Tec. Porc.* 6(56):30-52.

- Hatieganu, V., I. Puia, O. Popa y G. Baltan. 1979. Use of natural zeolites in animal feeding (synthesis). *Rev. Zoot. Med. Vet.* 33:27-34.
- Karamanlis, X., P. Fortomaris, G. Arsenos, I. Dosis, D. Papaioannou, C. Batzios y A. Kamarianos. 2008. The effect of a natural zeolite (clinoptilolite) on the performance of broiler chickens and the quality of their litter. *Asian Aust. J. Anim. Sci.* 21(11):1642-1650.
- Kyriakis, S. C., D.S. Papaioannou, C. Alexopoulos, Z. Polizopoulou, E.D Tzika y C.S. Kyriakis. 2002. Experimental studies on safety and efficacy of the dietary use of a clinoptilolite-rich tuff in sows: a review of recent research in Greece. *Rev. Microporous and Mesoporous Materials* 51:65–74.
- Ly, J. y M. Castro. 1997. Total and ileal digestibility in pigs fed diets containing a Cuban natural zeolite Digestive physiology in pigs. In Proceedings of the 7th International Symposium Saint Malo, France. 26-28 May.
- Ly, J., M. Caron, M. Castro y E. Lonwo. 1996. Una nota sobre la absorción in vitro de amoniaco en zeolitas naturales Cubanas. *Rev. Computadorizada Produc. Porcina.* 3(2):59-62.
- Lonwo, E., A. Acosta y M. Cárdenas. 2010. Efecto de la zeolita natural (Clinoptilolita) en la dieta de la gallina ponedora. Su influencia en la liberación de amoniaco por las deyecciones. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 44(4):389-392.
- Leung, S. 2004. The effect of Clinoptilolite properties and supplementation levels on swine performance. MSc thesis. McGill University Montreal. Pp. 131.
- Lema, G. J. 2008. Utilización de zeolitas naturales y esquemas de alimentación con ahorro de proteína dietética para la alimentación de pollos de ceba con impacto ambiental favorable". Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Pp. 196.
- Meléndez, V. M. y A. J. Rodríguez. 2005. Evaluación de tres niveles de zeolita como promotor natural de crecimiento en dietas en las fases de inicio y acabado de cerdos confinados. Informe de investigación. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
- Malagutti, L., M. Zannotti y F. Sciaraffia. 2002. Use of clinoptilolite in piglet diets as a substitute for Colistine. *Italy. J. Anim. Sci.* 1:275-280.
- Mumpton, F. A. 1999. La roca magica: Uses of Natural zeolites in agriculture and industry. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 96:3463-3470.
- Mumpton, F. A y P. H. Fishman. 1977. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *J. Anim. Sci.* 45:5-10.

- Monetti, P. G., M. Tassinari, G. Vignola y J. L. Gonzáles. 1996. Nitrogen balance and apparent digestibility coefficients of some nutrients in growing pigs fed diets containing a natural zeolite. *Zoot. Nutr. Anim.* 22:159-167.
- Morse, D. 1995. Environmental considerations of livestock producers. *J. Anim. Sci.* 73:2733-2740.
- Mejía, S. W., G. J. Rubio, M. D. Calatayud, C. A. Rodríguez y M. A. Quintero, 2007. Evaluación de dos probióticos sobre parámetros productivos en lechones lactantes. *Rev. Zootec. Trop.* 25(4):301-306.
- Martínez, M., M. Castro, K. Hidalgo, L. Ayala, R. Pérez, L. Hernández y L. Báez. 2004. La utilización efectiva de la zeolita natural para el control de las diarreas. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 38(4):395-398.
- Merck, 2000. Guía de referencia: Bioquímica sérica (criterios de valoración). Manual de Merck de veterinaria. Quinta edición. Grupo Editorial Océano. Barcelona, España. Pp. 2454-2455.
- McCullum, F. T. y M. L. Galyean. 1983. Effects of clinoptilolite on rumen fermentation, digestión and feedlot performance in beef steers fed high concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 56:517-524.
- Nesic, S., G. Grubic, M. Adamovic, N. Doroevic, B. Stojanovic y A. Boickovic. 2010. Uso de la zeolita como absorbente de la zearalenona en la nutrición de terneros. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 44(3):227-232.
- NRC. 1998. National Research Council. Nutrient requirements of swine. 10th Ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Ozturk, E., G. Erener y M. Sarica. 1998. Influence of natural zeolite on performance of laying hens and egg quality. *Tr. J. of Agriculture and Forestry.* 22:623-628.
- Olver, M. D. 1997. Effect of feeding clinoptilolite (zeolite) on the performance of three strains of laying hens. *British Poultry Sci.* 38:220-222.
- Prvulovic, D., D. Kojic, G. L. Grubor y S. Kosarcic. 2008. The effects of dietary inclusion of hydrated aluminosilicate on performance and biochemical parameters of broiler chickens. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 32(3):183-189.
- Prieto, P., D. Rodríguez y A. Rubio. 2004. Una nota sobre la utilización de una zeolita natural cubana en el tratamiento de la diarrea en cerditos lactantes. *Rev. Computarizada de Producción Porcina.* 11:1-5.

- Prvulovic, D., A. J. Galovic, B. Stanitic, M. Popovic y G. Gruborlajsic. 2007. Effects of a clinoptilolite supplement in pig diets on performance and serum parameters. *Czech J. Anim. Sci.* 52:159-164.
- Parisini, P., G. Martella, L. Sardi y F. Escribano. 1999. Protein and energy retention in pigs fed diets containing sepiolite. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 79:155-162.
- Prvuloviae, D., S. Kosareiae, M. Popoviae y G. L. Gordana. 2009. Efecto de los aluminosilicatos hidratados dietéticos en el crecimiento y los indicadores sanguíneos de cerdos. *Rev. Cub. Ciencia Agríc.* 43(1):61-66.
- Pond, W. G. y J. T. Yen. 1982. Response of growing swine to dietary clinoptilolite from two geographic sources. *Rev. Nutrition Reports International.* 25:837-848.
- Pond, W. G. 1989. Effect of dietary protein level and clinoptilolite on the weight gain and liver mineral response of growing lambs to copper supplementation. *J. Anim. Sci.* 67:2772-2781.
- Poulsen, H. D. y N. Oksbjerg. 1995. Effects of dietary inclusion of a zeolite (clinoptilolite) on performance and protein metabolism of young growing pigs. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 53:297-303.
- Pulido, R. G. y A. Fehring. 2004. Efecto de la adición de una zeolita natural sobre la respuesta productiva de terneras de lechería, postdestete. *Rev. Arch. Med. Vet.* 36(2):197-201.
- Rodríguez, R., C. C. García, A. Oramas, Y. Hernández y M. Domínguez. 2008. Empleo del polietilenglicol y la zeolita para mejorar el valor nutritivo de *Albizia lebbekoides* en condiciones in vitro. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 42(3):259-264.
- Rivera, M. T. 2005. La zeolita en la alimentación de ovinos: parámetros ruminales y producción de gas in vitro. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih., México. Pp. 100.
- Ruiz, O., Y. Castillo, A. Elías, C. Arzola, C. Rodríguez, J. Salinas, O. Lao y C. Holguín. 2008. Efecto de cuatro niveles de zeolita en la digestibilidad y consumo de nutrientes en ovinos alimentados con heno de alfalfa y concentrado. Nota técnica. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 42(4):367-370.
- Ruiz, O., Y. Castillo, M. Miranda, A. Elías, C. Arzola, C. Rodríguez y O. Lao. 2007. Niveles de zeolita y sus efectos en indicadores de la fermentación ruminal en ovinos alimentados con heno de alfalfa y concentrado. *Rev. Cub. Cienc. Agríc.* 41(3):253-257.
- Reyes, J. J., R. García y S. Rey. 2003. Utilización de la zeolita y el carbonato de calcio (CO₃Ca), como aditivos en las mezclas de mieles de caña de azúcar, enri-

- quecidas con aceite vegetal y harina proteica para vacas lecheras en pastoreo. Rev. Cub. Cienc. Agríc. 37(4):375-380.
- Rodríguez, A., C. González, L. Díaz, E. Hurtado y H. Vecchionacce. 2003. Effect of lipids and zeolite incorporation on total apparent digestibility of diets with sweet potato (*Ipomoea batata* L.) foliage in pigs. Cuban J. Agric. Sci. 37(4):421- 424.
- Safaeikatouli, M., Y. Jafariahangari y A. Baharlouei. 2011. An evaluation on the effects of dietary kaolin and zeolite on broilers blood parameters, T4, TSH and growth hormones. Pakistan Journal of Nutrition. 10(3):233-237.
- Strakova, E., R. Pospisil, P. Suchy, L. Steinhauser y I. Herzig. 2008. Administration of Clinoptilolite to Broiler Chickens During Growth and Its Effect on the Growth Rate and Bone Metabolism Indicators. Rev. Acta Vet. Brno. 77:199-207.
- Shariatmadari, F. 2008. The application of zeolite in poultry production. World's Poultry Science Journal. 64(1):76-84.
- Smith, T. K. y L. J. James. 1980. Mycotoxins in animal feeds. An update. Rev. Feedstuffs. 52:30-31.
- Sweeney, T. F, Bull, L. S. y Hemken, R. W. 1980. Effect of zeolite as a feed additive on growth performance in ruminants. Journal of Animal Science. 51:401-409.
- Shriver, J. A., S. D. Carter, A. L. Sutton, B. T. Richert, B. W. Senne y L. A. Pettey. 2003. Effects of adding fiber sources to reduced-crude protein, amino acid supplemented diets on nitrogen excretion, growth performance and carcass, traits of finishing pigs. J. Anim. Sci. 81:492-502.
- Steel, R. G. D. y J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A. Biometrical Approach. 2th. edition. McGraw-Hill book Co., New York.
- Shurson, G. C., P. K. Ku, E. R. Miller y M. T. Yokoyama. 1984. Effects of zeolite A or Clinoptilolite in diets of growing swine. J. Anim. Sci. 59(6):1536-1545.
- SAGARPA-SENASICA. 2004. Manual de buenas prácticas de producción en granjas porcícolas. Formato digital disponible en www.sagarpa.gob.mx. Consultado el 09 de febrero, 2011. Pp. 85.
- Tamminga, S. 1996. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. J. Anim. Sci. 4:3112-3124.
- Thielemans, M. F. y C. Bodart. 1983. Zeolite in the feeding of growing-finishing pigs. 2. Effect on the digestibility of nutrients. Rev. Agric. 36:1145-1151.

- Trckova, M., H. Vondruskova, Z. Zraly, P. Alexa, J. Hamrik, V. Kummer, J. Maskova, V. Mrlik, K. Krizova, I. Slana, L. Leva y I. Pavlik. 2009. The effect of kaolin feeding on efficiency, health status and course of diarrhoeal infections caused by enterotoxigenic *Escherichia coli* strains in weaned piglets. *J. Vet. Med.* 54(2):47-63.
- Tiwari, J. 2007. Zeolite as natural feed additives to reduce environmental impacts of swine manure. MSc Thesis. McGill University, Montreal.
- Uygongco, G. y D. Bundy. 1999. Effects of reduced nitrogen content and clinoptilolite supplementation of diets on growth performance, nitrogen excretion, and odor production. *Anim. Sci. Res. Reports.* 10:1-4.
- Van Horn, H. H., A. C. Wilkie, W. J. Powers y R. A. Nordstedt. 1994. Components of dairy manure management systems. *J. Dairy Sci.* 77(7):2008-2030.
- Xia, M. S., C. H. Hu y Z. R. Xu. 2004. Effects of copper-bearing montmorillonite on growth performance, digestive enzyme activities, and intestinal microflora and morphology of male broilers. *J. Poultry Sci.* 83:1868-1875.
- Yacela, Y. J., M. J. DeRouchey, D. M. Tokach, D. R. Goodband, L. J. Nelssen, G. D. Renter y S. S. Dritz. 2009. Feed additives for swine: Fact sheets acidifiers and antibiotics. *J. Swine H. Prod.* 17(5):270-275.
- Zannotti, M., R. Capalbo, L. Malagutti y F. Sciaraffia. 1999. Use of clinoptilolite in piglets diet and the effect on nitrogen metabolism. *Proceedings of the A.S.P.A. XIII Congress: Piacenza, Italy.* 120 Pp.

9. APÉNDICE

Cuadro 18. Análisis de varianza para incremento de peso en cerdos en la etapa de iniciación.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	0.338	0.028	3.244	
Bloques	2	0.135	0.067	7.761	0.001*
Tratamientos	2	0.045	0.022	2.572	0.089
Tratamiento*bloque	4	0.008	0.002	0.224	0.923
Zeolita	2	0.045	0.022	2.572	0.089
Peso inicial	1	0.127	0.127	14.565	0.001*
Sexo	1	0.007	0.007	0.817	0.372
Tipo Racial	2	0.039	0.019	2.222	0.122
Error	40	0.348	0.009		
C. Total	52	0.686			

Cuadro 19. Análisis de varianza para incremento de peso en cerdos en la etapa de crecimiento.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	0.407	0.034	3.914	
Bloques	2	0.064	0.032	3.695	0.034*
Tratamientos	2	0.014	0.007	0.824	0.446
Tratamiento*bloque	4	0.045	0.011	1.286	0.292
Zeolita	2	0.014	0.007	0.824	0.446
Peso inicial	1	0.241	0.241	27.835	<.0001*
Sexo	1	0.070	0.070	8.110	0.007*
Tipo Racial	2	0.039	0.019	2.224	0.122
Error	39	0.338	0.009		
C. Total	51	0.745			

Cuadro 20. Análisis de varianza para incremento de peso en cerdos en la etapa de finalización.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	0.366	0.030	1.881	
Bloques	2	0.130	0.065	4.009	0.026*
Tratamientos	2	0.021	0.011	0.656	0.525
Tratamiento*bloque	4	0.057	0.014	0.878	0.486
Zeolita	2	0.021	0.011	0.656	0.525
Peso inicial	1	0.026	0.026	1.600	0.213
Sexo	1	0.122	0.122	7.559	0.009*
Tipo Racial	2	0.009	0.005	0.283	0.755
Error	39	0.632	0.0162		
C. Total	51	0.998			

Cuadro 21. Análisis de varianza para consumo de materia seca de cerdos en la etapa de iniciación.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	4	0.157	0.039	3.072	
Bloque	2	0.153	0.076	5.970	0.063
Tratamiento	2	0.004	0.002	0.174	0.847
Zeolita	2	0.004	0.002	0.174	0.847
Error	4	0.051	0.013		
C. Total	8	0.208			

Cuadro 22. Análisis de varianza para consumo de materia seca de cerdos en la etapa de crecimiento.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	4	0.279	0.070	8.673	
Bloque	2	0.276	0.138	17.196	0.011*
Tratamiento	2	0.002	0.001	0.149	0.866
Zeolita	2	0.002	0.001	0.149	0.866
Error	4	0.032	0.008		
C. Total	8	0.0311			

Cuadro 23. Análisis de varianza para consumo de materia seca de cerdos en la etapa de finalización.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	4	0.467	0.117	3.325	
Bloque	2	0.459	0.229	6.525	0.055
Tratamiento	2	0.009	0.004	0.124	0.887
Zeolita	2	0.009	0.004	0.124	0.887
Error	4	0.141	0.035		
C. Total	8	0.608			

Cuadro 24. Análisis de varianza para conversión alimenticia de cerdos en la etapa de iniciación.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	4	0.426	0.107	19.765	
Bloque	2	0.376	0.188	34.833	0.003*
Tratamiento	2	0.051	0.025	4.696	0.089
Zeolita	2	0.051	0.025	4.696	0.089
Error	4	0.022	0.005		
C. Total	8	0.448			

Cuadro 25. Análisis de varianza para conversión alimenticia de cerdos en la etapa de crecimiento.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	4	0.068	0.017	0.413	
Bloque	2	0.055	0.027	0.664	0.564
Tratamiento	2	0.013	0.007	0.162	0.856
Zeolita	2	0.013	0.007	0.162	0.856
Error	4	0.165	0.041		
C. Total	8	0.234			

Cuadro 26. Análisis de varianza para conversión alimenticia de cerdos en la etapa de finalización.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	4	0.154	0.039	0.912	
Bloque	2	0.071	0.035	0.834	0.498
Tratamiento	2	0.084	0.042	0.990	0.448
Zeolita	2	0.084	0.042	0.990	0.448
Error	4	0.169	0.042		
C. Total	8	0.323			

Cuadro 27. Análisis de varianza para la concentración de colesterol en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de iniciación.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	10968.089	914.007	0.978	
Bloques	2	1298.604	649.302	0.695	0.509
Tratamientos	2	2587.961	1293.980	1.385	0.270
Tratamiento*bloque	4	4760.537	1190.134	1.274	0.309
Zeolita	2	2587.961	1293.980	1.385	0.270
Peso inicial	1	251.804	251.804	0.270	0.609
Sexo	1	1710.908	1710.908	1.831	0.189
Tipo Racial	2	1315.420	657.710	0.704	0.505
Error	23	21489.467	934.325		
C. Total	35	32457.556			

Cuadro 28. Análisis de varianza para la concentración de colesterol en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de crecimiento.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	23028.304	1919.03	1.387	
Bloques	2	1971.134	985.567	0.712	0.501
Tratamientos	2	6840.822	3420.41	2.471	0.107
Tratamiento*bloque	4	6117.411	1529.35	1.105	0.378
Zeolita	2	6840.822	3420.41	2.471	0.107
Peso inicial	1	148.833	148.333	0.108	0.746
Sexo	1	5967.522	5967.52	4.312	0.049
Tipo Racial	2	114.428	57.214	0.041	0.960
Error	23	31832.59	1384.03		
C. Total	35	54860.89			

Cuadro 29. Análisis de varianza para la concentración de colesterol en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de finalización.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	23147.597	1928.97	1.340	
Bloques	2	9043.948	4521.97	3.282	0.056
Tratamientos	2	1309.152	654.576	0.475	0.628
Tratamiento*bloque	4	6286.63	1571.66	1.141	0.362
Zeolita	2	1309.152	654.576	0.475	0.628
Peso inicial	1	240.375	240.375	0.174	0.680
Sexo	1	2348.197	2348.19	1.704	0.205
Tipo Racial	2	651.787	325.89	0.237	0.791
Error	23	31694.63	1378.03		
C. Total	35	54842.23			

Cuadro 30. Análisis de varianza para la concentración de creatinina en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de iniciación.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	0.259	0.022	0.846	
Bloques	2	0.035	0.018	0.694	0.510
Tratamientos	2	0.100	0.050	1.962	0.163
Tratamiento*bloque	4	0.031	0.008	0.303	0.873
Zeolita	2	0.100	0.050	1.962	0.163
Peso inicial	1	0.008	0.008	0.318	0.579
Sexo	1	0.010	0.010	0.384	0.542
Tipo Racial	2	0.011	0.005	0.207	0.814
Error	23	0.586	0.025		
C. Total	35	0.845			

Cuadro 31. Análisis de varianza para la concentración de creatinina en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de crecimiento.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	0.465	0.039	1.946	
Bloques	2	0.190	0.095	4.776	0.018*
Tratamientos	2	0.110	0.055	2.773	0.083
Tratamiento*bloque	4	0.094	0.023	1.174	0.348
Zeolita	2	0.110	0.055	2.773	0.083
Peso inicial	1	0.006	0.006	0.281	0.601
Sexo	1	0.012	0.012	0.606	0.444
Tipo Racial	2	0.020	0.010	0.490	0.619
Error	23	0.458	0.020		
C. Total	35	0.923			

Cuadro 32. Análisis de varianza para la concentración de creatinina en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de finalización.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	0.575	0.048	1.452	
Bloques	2	0.292	0.146	4.420	0.024*
Tratamientos	2	0.059	0.029	0.887	0.426
Tratamiento*bloque	4	0.088	0.022	0.667	0.622
Zeolita	2	0.059	0.029	0.887	0.426
Peso inicial	1	0.042	0.042	1.263	0.273
Sexo	1	0.031	0.031	0.941	0.342
Tipo Racial	2	0.006	0.003	0.085	0.919
Error	23	0.760	0.033		
C. Total	35	1.335			

Cuadro 33. Análisis de varianza para la concentración de glucosa en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de iniciación.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	5388.398	449.033	0.906	
Bloques	2	3819.890	1909.945	3.851	0.036*
Tratamientos	2	171.154	85.577	0.173	0.843
Tratamiento*bloque	4	608.398	152.099	0.307	0.871
Zeolita	2	171.154	85.577	0.173	0.843
Peso inicial	1	96.427	96.426	0.194	0.663
Sexo	1	15.358	15.358	0.031	0.862
Tipo Racial	2	73.770	36.885	0.074	0.929
Error	23	11406.078	495.916		
C. Total	35	16794.476			

Cuadro 34. Análisis de varianza para la concentración de glucosa en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de crecimiento.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	9329.934	777.494	1.471	
Bloques	2	1085.322	542.661	1.027	0.374
Tratamientos	2	114.017	57.009	0.108	0.898
Tratamiento*bloque	4	7089.40	1772.35	3.354	0.027
Zeolita	2	114.017	57.009	0.108	0.898
Peso inicial	1	90.869	90.869	0.172	0.682
Sexo	1	32.966	32.966	0.062	0.805
Tipo Racial	2	3336.85	1668.42	3.157	0.061
Error	23	12154.87	528.47		
C. Total	35	21484.80			

Cuadro 35. Análisis de varianza para la concentración de glucosa en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de finalización.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	1242.91	103.576	0.628	
Bloques	2	219.507	109.754	0.665	0.524
Tratamientos	2	48.609	24.305	0.147	0.864
Tratamiento*bloque	4	322.256	109.754	0.665	0.524
Zeolita	2	48.609	24.305	0.147	0.864
Peso inicial	1	321.090	321.090	1.945	0.176
Sexo	1	563.917	563.917	3.417	0.077
Tipo Racial	2	221.564	110.782	0.671	0.521
Error	23	3796.203	165.052		
C. Total	35	5039.111			

Cuadro 36. Análisis de varianza para la concentración de proteínas totales en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de iniciación.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	5.051	0.421	2.153	
Bloques	2	2.437	1.218	6.232	0.007*
Tratamientos	2	0.854	0.427	2.185	0.135
Tratamiento*bloque	4	1.356	0.339	1.734	0.177
Zeolita	2	0.854	0.427	2.185	0.135
Peso inicial	1	0.335	0.335	1.714	0.203
Sexo	1	0.300	0.300	1.532	0.228
Tipo Racial	2	0.593	0.297	1.518	0.240
Error	23	4.497	0.196		
C. Total	35	9.547			

Cuadro 37. Análisis de varianza para la concentración de proteínas totales en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de crecimiento.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	10.188	0.849	2.257	
Bloques	2	2.294	1.147	3.049	0.067
Tratamientos	2	5.518	2.759	7.335	0.003*
Tratamiento*bloque	4	0.425	0.106	0.283	0.886
Zeolita	2	5.518	2.759	7.335	0.003*
Peso inicial	1	0.209	0.209	0.555	0.464
Sexo	1	1.337	1.337	3.554	0.072
Tipo Racial	2	0.436	0.218	0.579	0.568
Error	23	8.652	0.376		
C. Total	35	18.840			

Cuadro 38. Análisis de varianza para la concentración de proteínas totales en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de finalización.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	27.444	2.287	2.633	
Bloques	2	1.341	0.671	0.772	0.474
Tratamientos	2	0.044	0.022	0.025	0.975
Tratamiento*bloque	4	2.478	0.620	0.713	0.591
Zeolita	2	0.044	0.022	0.025	0.975
Peso inicial	1	1.588	1.588	1.828	0.190
Sexo	1	0.835	0.835	0.961	0.337
Tipo Racial	2	9.927	4.963	5.713	0.010*
Error	23	19.981	0.869		
C. Total	35	47.425			

Cuadro 39. Análisis de varianza para la concentración de urea en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de iniciación.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	697.823	58.152	2.417	
Bloques	2	74.196	37.098	1.542	0.235
Tratamientos	2	86.612	43.306	1.800	0.188
Tratamiento*bloque	4	73.005	18.251	0.759	0.563
Zeolita	2	86.612	43.306	1.800	0.188
Peso inicial	1	247.029	247.029	10.269	0.004
Sexo	1	49.541	49.541	2.059	0.165
Tipo Racial	2	14.818	7.109	0.308	0.738
Error	23	553.307	24.057		
C. Total	35	1251.13			

Cuadro 40. Análisis de varianza para la concentración de urea en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de crecimiento.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	591.255	49.271	1.076	
Bloques	2	32.871	16.435	0.359	0.702
Tratamientos	2	22.241	11.120	0.243	0.786
Tratamiento*bloque	4	274.629	68.657	1.500	0.235
Zeolita	2	22.241	11.120	0.243	0.786
Peso inicial	1	214.516	214.516	4.686	0.041*
Sexo	1	133.782	133.782	2.922	0.101
Tipo Racial	2	3.587	1.793	0.039	0.962
Error	23	1052.98	45.782		
C. Total	35	1644.232			

Cuadro 41. Análisis de varianza para la concentración de urea en suero sanguíneo de cerdos en la etapa de finalización.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	658.297	54.858	1.676	
Bloques	2	30.031	15.016	0.459	0.638
Tratamientos	2	328.90	164.45	5.025	0.016*
Tratamiento*bloque	4	108.44	27.111	0.828	0.521
Zeolita	2	328.90	164.45	5.025	0.016*
Peso inicial	1	31.180	31.180	0.953	0.339
Sexo	1	20.643	20.643	0.631	0.435
Tipo Racial	2	41.310	20.655	0.631	0.541
Error	23	752.70	32.726		
C. Total	35	1410.99			

Cuadro 42. Análisis de varianza para la excreción de nitrógeno en heces de cerdos en la etapa de iniciación.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	0.573	0.048	3.432	
Bloques	2	0.002	0.001	0.078	0.925
Tratamientos	2	0.398	0.199	14.297	<.0001*
Tratamiento*bloque	4	0.073	0.011	0.769	0.557
Zeolita	2	0.398	0.199	41.297	<.0001*
Peso inicial	1	0.0003	0.0003	0.025	0.876
Sexo	1	0.001	0.001	0.109	0.745
Tipo Racial	2	0.031	0.015	1.110	0.347
Error	23	0.320	0.014		
C. Total	35	0.893			

Cuadro 43. Análisis de varianza para la excreción de nitrógeno en heces de cerdos en la etapa de crecimiento.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	0.768	0.064	2.357	
Bloques	2	0.100	0.050	1.845	0.181
Tratamientos	2	0.368	0.184	6.770	0.005*
Tratamiento*bloque	4	0.082	0.021	0.759	0.563
Zeolita	2	0.368	0.184	6.770	0.005*
Peso inicial	1	0.000	0.000	0.000	0.999
Sexo	1	0.001	0.001	0.050	0.825
Tipo Racial	2	0.048	0.024	0.883	0.427
Error	23	0.624	0.027		
C. Total	35	1.392			

Cuadro 44. Análisis de varianza para la excreción de nitrógeno en heces de cerdos en la etapa de finalización.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Modelo	12	0.748	0.062	6.28	
Bloques	2	0.010	0.005	0.521	0.601
Tratamientos	2	0.578	0.289	30.748	<.0001*
Tratamiento*bloque	4	0.026	0.006	0.679	0.613
Zeolita	2	0.578	0.289	30.748	<.0001*
Peso inicial	1	0.011	0.011	1.207	0.283
Sexo	1	0.001	0.001	0.100	0.755
Tipo Racial	2	0.040	0.020	2.116	0.143
Error	23	0.216	0.009		
C. Total	35	0.964			

Cuadro 45. Dietas de cerdos a base de sorgo-soya utilizadas en las tres etapas de producción.

Ingredientes (kg)	Iniciación	Crecimiento
Sorgo molido	685	795
Pasta de soya	230	175
Calcio 38%	10	10
Vit-AA-Min 100 Forte VP MID	75	-
Vit-AA-Min 35 Forte VP MID	-	20
Klinofeed	3	-
Total	1003	1000

Cuadro 46. Dietas de cerdos a base de maíz-soya utilizadas en las tres etapas de producción.

Ingredientes (kg)	Iniciación	Crecimiento	Finalización
Maíz molido	650	770	750
Pasta de soya	235	180	210
Grasa animal	25	20	10
Vit-AA-Min 100 Forte VP MID	90	-	-
Vit-AA-Min 35 Forte VP MID	-	30	30
Klinofeed	3	-	-
Total	1003	1000	1000

Cuadro 47. Análisis de varianzas incremento de peso en pollos de engorda

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.014351	0.007175	0.4420	0.673
Bloques	2	0.059074	0.029537	1.8194	0.274
Error	4	0.064938	0.016234		
Total	8	0.138363			

Cuadro 48. Análisis de varianza para consumo de alimento en pollos de engorda

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.263901	0.131950	1.6652	0.298
Bloques	2	0.375610	0.187805	2.3701	0.209
Error	4	0.316956	0.079239		
Total	8	0.956467			

Cuadro 49. Análisis de varianza para conversión alimenticia en pollos de engorda

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.031471	0.015736	0.7617	0.526
Bloques	2	0.018848	0.009424	0.4562	0.665
Error	4	0.082634	0.020658		
Total	8	0.132954			

Cuadro 50. Análisis de varianza para rendimiento de la canal de los pollos

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.029699	0.014850	0.3877	0.704
Bloques	2	0.154905	0.077453	2.0224	0.247
Error	4	0.153191	0.038298		
Total	8	0.337795			

Cuadro 51. Análisis de varianza para urea en suero sanguíneo de pollos

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	24.002686	12.001343	1.7338	0.287
Bloques	2	5.081787	2.540894	0.3671	0.716
Error	4	27.688721	6.922180		
Total	8	56.773193			

Cuadro 52. Análisis de varianza para proteínas totales en pollos de engorda

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	1.108765	0.554382	0.3224	0.743
Bloques	2	1.201263	0.600632	0.3493	0.727
Error	4	6.878685	1.719671		
Total	8	9.188713			

Cuadro 53. Análisis de varianza para creatinina en pollos de engorda

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.248135	0.124067	1.8225	0.274
Bloques	2	0.017868	0.008934	0.1312	0.880
Error	4	0.272301	0.068075		
Total	8	0.538303			

Cuadro 54. Análisis de varianza para nitrógeno en heces de pollos de engorda

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	1.376492	0.688246	3.1874	0.149
Bloques	2	0.407589	0.203794	0.9438	0.537
Error	4	0.863720	0.215930		
Total	8	2.647800			

Cuadro 55. Dieta base utilizada en el experimento con ovinos¹.

Ingredientes	%
Heno de avena	30
Grano de maíz roado	50
Harinolina	8
Melaza	8
Cascarilla de trigo	4
Total	100

¹ A esta dieta se le adicionó el 3 y 6% de zeolita.

Cuadro 56. Análisis bromatológico del alimento, en base a MS, rechazado por los ovinos de los diferentes tratamientos.

Determinación (%)	Zeolita (%)		
	0	3	6
Humedad	4.2	4.9	4.4
Materia Seca	95.8	95.1	95.6
Cenizas	8.8	15.4	24.3
Proteína Cruda	8.2	7.9	6.9
Fibra Cruda	14.8	17.2	22.9
Fibra Detergente Ácida	30.5	19.1	19.7
Fibra Detergente Neutra	65.9	71.4	63.4
Extracto Etéreo	2.7	2.5	1.9
Extracto Libre de Nitrógeno	64.1	54.7	41.3

Cuadro 57. Análisis de varianza para ganancia diaria de peso de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	0.0007	0.0004	0.76	0.5059
Bloques	3	0.0014	0.0005	1.00	0.4560
Error	6	0.0028	0.0005		
Total	11	0.0049			

Cuadro 58. Análisis de varianza para consumo de materia seca de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	0.0472	0.0236	4.54	0.0629
Bloques	3	0.2724	0.0908	17.47	0.0023
Error	6	0.0312	0.0052		
Total	11	0.0350			

Cuadro 59. Análisis de varianza para conversión alimenticia de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	0.5525	0.2763	0.85	0.4746
Bloques	3	4.7932	1.5977	4.89	0.0472
Error	6	1.9594	0.3265		
Total	11	7.3052			

Cuadro 60. Análisis de varianza para la concentración de glucosa en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	1523.985	761.993	9.30	0.0145
Bloques	3	129.413	43.138	0.53	0.6801
Error	6	491.534	81.922		
Total	11	2144.931			

Cuadro 61. Análisis de varianza para la concentración de urea en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	15.5626	7.7813	2.19	0.1933
Bloques	3	2.2057	0.7353	0.21	0.8882
Error	6	21.3355	3.5559		
Total	11	39.1038			

Cuadro 62. Análisis de varianza para la concentración de creatinina en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	0.0321	0.0160	0.17	0.8461
Bloques	3	0.7078	0.2359	2.52	0.1542
Error	6	0.5608	0.0935		
Total	11	1.3008			

Cuadro 63. Análisis de varianza para la concentración de colesterol en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	2654.16	1327.08	3.06	0.1214
Bloques	3	2000.49	666.83	1.54	0.2989
Error	6	2603.80	433.96		
Total	11	7258.47			

Cuadro 64. Análisis de varianza para la concentración de proteínas totales en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	3.4317	1.7158	0.82	0.4831
Bloques	3	11.4606	3.8202	1.83	0.2417
Error	6	12.5057	2.0842		
Total	11	27.3980			

Cuadro 65. Análisis de varianza para la concentración de ácido acético de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	114.917	57.458	0.73	0.5190
Bloques	3	71.182	23.727	0.30	0.8228
Error	6	470.244	78.374		
Total	11	656.344			

Cuadro 66. Análisis de varianza para la concentración de ácido propiónico de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	8.5428	4.2714	0.57	0.5921
Bloques	3	13.3462	4.4487	0.60	0.6403
Error	6	44.7626	7.4604		
Total	11	66.6517			

Cuadro 67. Análisis de varianza para la concentración de ácido butírico de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	11.3778	5.6889	0.42	0.6725
Bloques	3	11.8299	3.9433	0.29	0.8287
Error	6	80.4817	13.4136		
Total	11	103.689			

Cuadro 68. Análisis de varianza para la concentración de ácido grasos totales de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	246.1539	123.0769	0.76	0.5078
Bloques	3	151.2827	50.4275	0.31	0.8169
Error	6	917.2775	161.8795		
Total	11	1368.7142			

Cuadro 69. Análisis de varianza para el pH en el líquido ruminal de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	0.1639	0.0819	0.57	0.5910
Bloques	3	0.6640	0.2213	1.55	0.2955
Error	6	0.8555	0.1425		
Total	11	1.6836			

Cuadro 70. Análisis de varianza para el nivel de N en heces de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita.

F.V.	G.L	S.C	C.M	F.C	P > F
Tratamientos	2	1.3194	0.6597	22.25	0.0017
Bloques	3	1.2409	0.4136	13.95	0.0041
Error	6	0.1778	0.0296		
Total	11	2.7382			