

**EFFECTO DE LA ZEOLITA (CLINOPTILOLITA) EN DIETAS DE OVINOS
SOBRE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, METABOLITOS
SANGUINEOS, ACIDOS GRASOS VOLATILES Y NITRÓGENO FECAL**

JESÚS LEÓN CORONEL

Tesis

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

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

Buenavista, Saltillo, Coahuila México
Agosto 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

EFFECTO DE LA ZEOLITA (CLINOPTILOLITA) EN DIETAS DE OVINOS
SOBRE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, METABOLITOS SANGUINEOS,
ACIDOS GRASOS VOLATILES Y NITRÓGENO FECAL

TESIS

POR:

JESUS LEÓN CORONEL

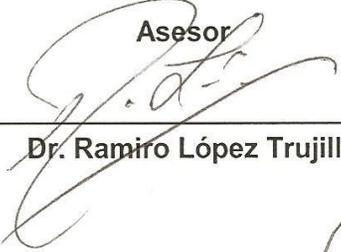
Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN ZOOTECNIA

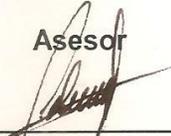
COMITÉ PARTICULAR


Dr. Roberto García Elizondo

Asesor


Dr. Ramiro López Trujillo

Asesor


Dr. Fernando Ruíz Zárate

Asesor


Dr. Ramón F. García Castillo


Dr. Fernando Ruíz Zárate
Subdirector de Posgrado

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Agosto 2012

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la oportunidad de culminar esta nueva etapa de mi vida y por permitir la presencia de todas esas personas que siempre me apoyaron.

A mi asesor principal el Dr. Roberto García Elizondo por el apoyo y principalmente por la confianza depositada en mí para realizar este trabajo.

A los doctores; Ramiro López Trujillo, Ramón F. García Castillo, Fernando Ruiz Zárate por compartir sus conocimientos y colaboración en la elaboración de este proyecto y por sus atinadas observaciones en el transcurso de mi formación

Al M.C. Bulmaro Méndez Arguello, por su apoyo y disposición en la revisión del presente trabajo.

A la Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez y al M.C. Alberto Guerrero Rodríguez, por su apoyo en la elaboración de este proyecto.

Agradezco también a la preciada colaboración de los laboratoristas L.C.N. Laura Maricela Lara López y T.L.Q. Carlos Arévalo Sanmiguel, quienes permitieron los análisis químicos de las diferentes muestras generadas en esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

A la empresa ZEOMEX por la donación de la materia prima.

Además, agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme todo lo necesario para mi superación profesional.

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad de culminar esta nueva etapa de mi vida y por permitir la presencia de todas esas personas que siempre me apoyaron.

A MI FAMILIA

Padres:

Sr. Pedro León López

Sra. Zenaida Coronel López

Hermanos:

Germán, Francisco, Pedro, y Francisca

Tíos y primos:

Pablo, Marisa, David, Guadalupe, Teresa, Gregorio, etc.

Porque son lo más valioso que he tenido y porque son el motivo de mi superación profesional. Gracias por confiar en mí, por todos sus sacrificios y apoyo incondicional para la culminación de este trabajo.

Y a mi novia Elvia L. C. por su apoyo, comprensión, paciencia y sobre todo por su amor incondicional.

A las personas que también contribuyeron para mi superación profesional:

A los amigos

David, Juan, Yorfe, Carlos, Gumaro, Rolando, Víctor, Gloria, Alejandro, Elizabeth, Santiago, Lucy, etc. y en especial a la Sra. M. Teresa y familia por sus consejos y apoyo incondicional.

COMPENDIO

EFFECTO DE LA ZEOLITA (CLINOPTILOLITA) EN DIETAS DE OVINOS SOBRE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, METABOLITOS SANGUINEOS, ACIDOS GRASOS VOLATILES Y NITRÓGENO FECAL

Por: Jesús León Coronel

Maestría en Ciencias

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Agosto, 2012

Dr. Roberto García Elizondo - Asesor

Palabras clave: zeolita, ovinos, alimentación, comportamiento, metabolitos sanguíneos, AGV, pH, nitrógeno fecal.

Se evaluó el efecto de 0, 3 y 6 % de zeolita natural (clinoptilolita) en la dieta, sobre el comportamiento productivo, perfiles metabólicos, concentración de ácidos grasos volátiles (AGV) en rumen, pH ruminal y nivel de N fecal en ovinos de 25 ± 6 kg de peso vivo por 56 días. Se utilizaron 12 ovinos machos cruzados con predominancia de Dorper. Para el análisis estadístico de las variables mediadas se utilizó el modelo de bloques al azar. No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$), de la inclusión de zeolita en la dieta en: ganancia diaria de peso, consumo de materia seca (CMS) ni conversión alimenticia. Sin embargo, con el 3 % se redujo la ganancia diaria de peso y CMS pero mejoró la

conversión alimenticia: con el 6 % se observó mayor CMS. La concentración de glucosa en suero sanguíneo se incrementó ($P < 0.05$) con la adición de zeolita; La zeolita, no afectó ($P > 0.05$) las concentraciones de urea, colesterol, creatinina y proteínas totales. Sin embargo, las concentraciones de urea y colesterol disminuyeron con la adición de 3 y 6 % de zeolita, la creatinina disminuyó con el 3 % y las proteínas totales aumentaron con el 3 y 6 % de zeolita en la dieta. Las concentraciones de ácido grasos (acético, propiónico y butírico) y totales en líquido ruminal no mostraron efecto significativo ($P > 0.05$) con la adición de zeolita. Sin embargo, la concentración de ácido acético y butírico incrementó ligeramente con la adición de 3 y 6 % de zeolita, y la de ácido propiónico con el 6 %. No se detectaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el pH ruminal.

La zeolita provocó una reducción notable ($P < 0.05$) en la concentración de nitrógeno en heces. Se concluyó que la adición de la zeolita a la dieta de ovinos no mejora el comportamiento productivo de los animales, las concentraciones de ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico), niveles de urea y creatinina en suero sanguíneo, y no cambia el pH ruminal, pero si los niveles de glucosa en sangre y el nitrógeno en heces.

ABSTRACT

EFFECT OF ZEOLITE (CLINOPTILOLITE) IN DIETS OF SHEEP ON PRODUCTIVE BEHAVIOR, METABOLITES, VOLATILE FATTY ACIDS, AND FECAL NITROGEN.

BY

JESUS LEÓN CORONEL

**MASTER OF SCIENCE IN ZOOTECHNICS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. June, 2012**

Dr. Roberto García Elizondo – Asesor –

Key words: zeolite, sheep, feeding, behavior, blood metabolites, VFA, pH, fecal nitrogen.

The effect was evaluated of 0, 3 and 6 % of natural zeolite (clinoptilolite) in diets on the productive behavior, metabolic profile, concentration of volatile fatty acids (VFA) in rumen, ruminal pH, and level of fecal N in live sheep of weight 25 ± 6 kg for 56 days. 12 male sheep, commercial breeding, were treated, with Dorper predominance. For the statistical analysis, the model of randomized blocks was used for all the variables. No significative effect was found ($P>0.05$) in the dairy gain of weight, consumption of dry matter or in food conversion, with the inclusion of zeolite to the diet. However, in the 3 % case, the daily gain, of weight and the consumption of dry matter were reduced, but the food conversion

improved. In the 6 % case, there were a larger consumption of dry matter. With the addition of zeolite, the concentration of glucose in blood serum increased ($P < 0.05$). The addition of zeolite to the diet didn't effects ($P > 0.05$) the concentrations of urea, cholesterol, creatinine, and total protein. However, the concentrations of urea and cholesterol went down with the addition of 3 and 6 % of zeolite. The creatinine went down with the 3 %, and the total proteins increased with the 3 and 6 % of zeolite in the diet. The concentrations of acetic, propionic, and butyric acids in liquid ruminal didn't present significative effect ($P > 0.05$) with the addition of zeolite. However, the concentration of acetic and butyric acids increased slightly with the addition of 3 and 6 % of zeolite. The concentration of propionic acid increased with the addition of 6 %. Significative differences ($P > 0.05$) were not detected in the ruminal pH.

The sheep which didn't receive diets, with zeolite presented a notable reduction ($P < 0.05$) in the concentration of fecal nitrogen. It was concluded that the addition of zeolite to the sheep diet does not improve the productive behavior of the seep, the concentrations of volatile fatty acids (acetic, propionic and butyric), levels of urea and creatinine in blood serum. The ruminal pH didn't change. But the levels of blood glucose and the nitrogen fecal did change.

INDICE

ÍNDICE DE CUADROS	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades de las zeolitas naturales.....	3
2.2. Principales tipos de zeolita.....	4
2.3. Efecto de la zeolita en la alimentación de rumiantes.....	5
2.4. Comportamiento productivo.....	6
2.5. Metabolitos sanguíneo.....	10
2.6. Efecto de la zeolita sobre la concentración de AGV y el pH ruminal.....	12
2.7. Efecto de la zeolita sobre la excreción de N.....	15
2.8. Hipótesis.....	16
3 MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1. Localización del área de estudio.....	17
3.2. Metodología.....	17
3.3. Análisis bromatológico de la dieta.....	18
3.4. Análisis químicos.....	19
3.5. Análisis estadístico.....	20
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.5. Efecto de la zeolita sobre el comportamiento productivo de los ovinos.....	21
4.6. Efecto de la zeolita en metabolitos sanguíneo.....	24
4.7. Efecto de la zeolita en los AGV y pH ruminal.....	27
4.8. Efecto de la zeolita sobre la excreción de N en heces.....	29
5 CONCLUSIONES	32
6 RESUMEN	33
7 LITERATURA CITADA	35
8 APÉNDICE	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
3.1	Análisis bromatológico de las dietas, en base a MS.....	19
3.2.	Métodos utilizados para la determinación de los metabolitos sanguíneos en ovinos.....	19
4.1	Comportamiento productivo de ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.....	21
4.2	Concentraciones de metabolitos en suero sanguíneo de ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.....	24
4.3	Concentraciones de ácidos grasos volátiles y pH ruminal en ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.....	27
4.4	Niveles de N presentes en heces de los ovinos, alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.....	29
8.1	Dieta base utilizada en el experimento.....	41
8.2	Análisis bromatológico del alimento rechazado en base a MS, por los ovinos en los diferentes tratamientos.....	41
8.3	Análisis de varianza para ganancia diaria de peso de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta	42
8.4	Análisis de varianza para consumo de materia seca de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	42
8.5	Análisis de varianza para conversión alimenticia de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	42
8.6	Análisis de varianza para la concentración de glucosa en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	42
8.7	Análisis de varianza para la concentración de urea en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Descripción	Página
8.8	Análisis de varianza para la concentración de creatinina en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	43
8.9	Análisis de varianza para la concentración de colesterol en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	43
8.10	Análisis de varianza para la concentración de proteínas totales en suero sanguíneo de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	43
8.11	Análisis de varianza para la concentración de ácido acético de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	44
8.12	Análisis de varianza para la concentración de ácido propiónico de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	44
8.13	Análisis de varianza para la concentración de ácido butírico de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	44
8.14	Análisis de varianza para la concentración de ácido grasos totales de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	44
8.15	Análisis de varianza para el pH en el líquido ruminal de los ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita en la dieta.....	45
8.16	Análisis de varianza para nivel de N en heces de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita.....	45

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación es un factor de vital importancia, por sus costos en la engorda intensiva de ovinos (Sánchez, 2001). A raíz de eso se ha propiciado la búsqueda de alternativas para disminuir estos costos, conduciendo a utilizar aditivos no nutricionales que mejoren el comportamiento productivo y el aprovechamiento de los nutrientes. Uno de ellos es la zeolita, aluminosilicato compuesto de sodio, potasio y calcio. Su principal propiedad es el intercambio iónico que puede ser modificado para poseer afinidad sobre compuestos orgánicos como aflatoxinas y nutrientes (Ramos y Hernández, 1997); gracias a esta propiedad, al ser incluida en la alimentación de animales, permite mejorar el comportamiento de los mismos, causa la disminución de la velocidad en el tránsito de la ingesta, origina menor consumo de agua, mejora la eficiencia alimenticia y peso corporal de los animales (Mumpton, 1999).

Algunos estudios señalan que la adición de zeolitas causa cambios en los patrones de fermentación ruminal, afectando las proporciones molares e incrementando la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV; Galyean y Chabot, 1981; Galindo *et al.*, 1982).

También se ha encontrado que las zeolitas naturales pueden eficientar el uso del N de la dieta, esto es gracias a sus propiedades de intercambio iónico y su capacidad de absorción de nutrientes (Shurson *et al.*, 1984).

La importancia del presente estudio radica en la utilización de la clinoptilolita (zeolita) como aditivo en dietas para ovinos, ya que este mineral permite mejorar la utilización de N e incrementar los niveles de AGV y, por lo tanto, mejorar el comportamiento productivo de los animales.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de tres niveles de zeolita (0, 3 y 6 %) en dieta para ovinos, sobre el comportamiento productivo, metabolitos sanguíneo, pH, concentración de AGV, y Nitrógeno fecal.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de las zeolitas naturales

Las zeolitas fueron descubiertas en 1756 por Axel Fredrick Cronstedt, quien las nombró piedras hirvientes (del griego zeo: hiervo y lithos, piedra) en alusión a su peculiar característica espumosa caliente (Galindo, 1988).

Las zeolitas son minerales aluminosilicatos, formados principalmente por aluminio, silicio, hidrógeno y oxígeno, hidratados de sodio, calcio, magnesio y potasio (Galindo, *et al.*, 1990), poseen infinitas estructuras tridimensionales que le confieren la capacidad de ganar y perder agua reversiblemente y de cambiar algunos cationes constituyentes por otros (Mumpton y Fishman, 1977). La clinoptilolita es un aluminosilicato compuesto de sodio, potasio y calcio, su principal propiedad es el intercambio iónico que puede ser modificado para poseer afinidad sobre compuestos orgánicos como aflatoxinas o nutrientes (Ramos y Hernández, 1997).

Una de las propiedades más importantes de las zeolitas es su gran estabilidad térmica y el aumento de su capacidad de adsorción con la temperatura, la cual aumenta al calentarse. Las zeolitas tienen una estructura con diámetros de poro mínimos (3 a 10 angstroms), es esta porosidad,

usualmente ocupada por moléculas de agua, la que les confiere a las zeolitas propiedades notables (Bosch y Schifter, 1988).

Johnson *et al.* (1988) detectaron capacidad buffer de las zeolitas en el ambiente ruminal. Cada tipo de zeolita posee un modelo selectivo específico y diferente de intercambio iónico, por ejemplo la clinoptilolita intercambia con preferencia amonio (NH_4^+) en relación con el Na^+ (Mumpton y Fishman, 1977; Pond y Mumpton, 1984).

Las aplicaciones de las zeolitas naturales en la agricultura y en la industria dependen básicamente de sus propiedades físicas y químicas entre las cuales podemos citar las siguientes: Intercambio catiónico, adsorción, actuar como amortiguador o estabilizador del equilibrio ácido-básico, catálisis, deshidratación y rehidratación y reactividad biológica (Mumpton, 1999; Pond *et al.*, 1988).

2.2. Principales tipos de zeolita

En los sedimentos de origen volcánico se han logrado clasificar 40 clases de zeolitas naturales. Dentro de ellas se pueden encontrar naturales y sintéticas. Las principales zeolitas naturales son: clinoptilolita, modernita, chabacita, erionita, faujasita, ferrierita, heulandita, laumantita y filipsita (Cosma, 2008). En la actualidad, sólo 10 tipos de zeolita se han probado en la alimentación animal, aunque la clinoptilolita y la modernita son las zeolitas más

abundantes e importantes a escala mundial y con mayor número de referencias bibliográficas (Castaing, 1998).

2.3. Efecto de la zeolita en la alimentación de rumiantes

Pond *et al.* (1995), señalan que en investigaciones hechas en Japón, Rusia, Yugoslavia, Checoslovaquia, Estados Unidos, y otros países proveen evidencia de que suplementando con dietas de 1 a 5 % de clinoptilolita se mejora la ganancia de peso y eficiencia de utilización de alimentos en rumiantes.

Las propiedades físicoquímicas de las zeolitas naturales influyen favorablemente en la eficiencia nutricional de los rumiantes, ya que son capaces de atrapar los iones amonio (NH_4^+) que se encuentren concentrados en el líquido ruminal, para luego ser liberados lentamente. Como consecuencia, hay mayor eficiencia en el uso del N por la microflora ruminal (Gutiérrez *et al.*, 2004), favorece la degradación de los nutrientes en el rumen, y aumenta el consumo de alimento (Forouzani *et al.*, 2004). Reduce la velocidad de tránsito de los nutrientes por el aparato digestivo, por lo tanto el animal aprovecha de una manera más eficaz los nutrientes (Mumpton, 1999).

El amonio es la principal fuente para sintetizar proteína microbiana en el rumen y con la capacidad de las zeolitas para atrapar los iones amonio que están concentrados en el líquido ruminal, estas pueden funcionar como

reservas de amonio e incrementar la utilización de N en la dieta por rumiantes (Sanders *et al.*, 1997; Buendía *et al.*, 2009).

2.4. Comportamiento productivo

Buendía y Pérez (2011) trabajaron con 30 ovinos cruzado (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.* (2010) 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.

En otros estudios realizados por (Coutinho *et al.*, 2002) con 24 becerros machos, con peso inicial de 280 kg, y con 2.4 % de zeolita en la dieta no observaron diferencia significativa ($P > 0.05$) en el incremento de peso, CMS y conversión alimenticia, pero señalan que la zeolita puede ayudar a mejorar la digestibilidad de la dieta.

Buendía *et al.* (2009) trabajaron con 21 novillos (*Bos taurus* x *Bos indicus*) de 300 ± 12 kg de peso vivo, para evaluar el efecto de tres niveles (0, 1.5 y 2 %) de zeolita tipo clinoptilolita. No encontraron diferencias significativas

($P>0.05$) para la ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia.

Sherwood *et al.* (2006) trabajaron con 96 becerros, con los cuales probaron dos niveles (0 y 1.2%) de zeolita, con una dieta de 62 % maíz roado, 7.5 % de heno de alfalfa y 5 % de suplemento. Reportan que no hubo diferencias significativas, en la ganancia de peso, consumo de alimento ni conversión alimenticia.

Koknaroglu *et al.* (2006) utilizaron 40 becerros de raza suiza, para evaluar el efecto de dos niveles (0 y 1 %) de zeolita. Encontraron que la inclusión de zeolita no tuvo efecto significativo ($P>0.05$) en incremento de peso, consumo ni conversión alimenticia, aunque con el 1 % de zeolita, los animales aumentaron ligeramente su consumo y ganancia de peso. Concluyen que al adicionar zeolita a la dieta para animales de engorda en corral, aumenta el rendimiento y sugieren hacer más investigaciones con diferentes niveles de zeolita.

Sanders *et al.* (1997) utilizaron novillos para determinar el efecto de diferentes concentraciones (0, 2, 4, y 8%) de clinoptilolita. Encontraron que esta no afectó el incremento de peso ($P>0.05$), en animales de engorda en corral. Los tratamientos 2 y 8 %, afectaron el CMS ($P<0.05$) y además, con 8 % produjo mayor consumo de alimento.

En otro trabajo, con becerros en engorda y una dieta a base de 70 % de sorgo, McCollum y Galyean (1983) evaluaron el efecto de tres niveles de zeolita (0, 1.25 y 2.5 %) tipo clinoptilolita. No encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) en ganancia de peso, consumo ni conversión alimenticia, aunque la digestión ruminal de MS, MO, almidón y PC mejoró ligeramente con clinoptilolita en la dieta.

Pulido y Fehring (2004) condujeron una prueba con 24 becerras de lechería de la raza Holstein, alimentadas con una ración post-destete. La prueba experimental se dividió en dos periodos de 30 y 35 días cada una. Los tratamientos experimentales fueron 0, 3 y 5 % de zeolita. No reportó diferencia significativa ($P>0.05$) en incremento de peso en el primer periodo. Sin embargo, en el segundo periodo mostró diferencia significativa ($P<0.05$) cuando se adicionó 3 % de zeolita a la ración. Tampoco encontró diferencia significativa ($P>0.5$) en consumo, ni conversión alimenticia.

Dschaak *et al.* (2010) utilizaron 30 vacas Holstein primíparas y multíparas en lactancia, con dieta a base de heno de alfalfa y concentrado. Conteniendo tres tratamientos (0 y 1.4 % NaHCO_3 y 1.4 % zeolita). Estos autores reportan que el CMS no mostró efecto significativo ($P>0.05$) entre tratamientos.

Katsoulos *et al.* (2009) utilizaron 72 caprinos Saanen productoras de leche. Los tratamientos experimentales fueron 0 y 2.5 % de zeolita tipo clinoptilolita. Encontraron que las cabras que consumieron el aluminosilicato, parieron crías trillizas y cuatrillizas con mayor peso al nacimiento. Reportan que no hubo cambio en las concentraciones en las vitaminas liposolubles.

Erwanto *et al.*, (2011) utilizaron cuatro caprinos machos. Los tratamientos experimentales fueron 0, 2, 4 y 6 % de zeolita con una dieta base (70 % pasto elefante y 30 % de concentrado). Estos autores mencionan que el CMS no se vio afectado ($P>0.05$) al suplementar zeolita amoniacal a la dieta

2.5 Metabolitos sanguíneo

En el plasma sanguíneo, algunos nutrientes se encuentran en libre solución, como la glucosa o los aminoácidos, así mismo los glóbulos rojos en la sangre contienen sustancias de importancia nutricional cuyos niveles están determinados según la especie animal, estado individual y etapa de desarrollo. La composición celular es influenciada por la relación existente entre el volumen celular y el volumen plasmático, pero es la concentración de nutrientes en el plasma la que aporta mayor información sobre el metabolismo del animal. Es por esto que la mayoría de los perfiles metabólicos se obtienen a través del suero sanguíneo (Rook, 1983).

Con la determinación de metabolitos sanguíneos es posible predecir el estado nutricional del animal en diferentes estados fisiológicos, lactancia, preñez, crecimiento, etc., en diferentes épocas del año (Roberts *et al.*, 1997).

Ghaemnia *et al.* (2010) utilizaron ocho borregos de 35 kg de peso vivo, donde probaron cuatro niveles (0, 3, 6, y 9 %) de zeolita. Reportan que no se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) en la concentración de glucosa entre tratamientos. Sin embargo, el contenido de urea-N fue menor ($P < 0.05$) con la adición de zeolita.

Mohri *et al.* (2008) condujeron una prueba con 30 becerros, a los cuales les suministraron 2 % de zeolita tipo clinoptilolita vía el calostro, durante 42 días. Encontraron que la adición de zeolita, mostro un efecto significativo ($P > 0.05$) en la concentración de proteínas totales en sangre.

Pond (1984) probó con 63 borregos machos y hembras, de 33 kg de peso vivo, alimentados con maíz, harina de soya y heno de alfalfa, sustituyendo el 2 % de zeolita tipo clinoptilolita a la dieta. No observó efecto significativo ($P > 0.01$), en la concentración de urea en plasma.

Sadeghi y Shawrang (2006) trabajaron con 45 becerros Holstein de 309 kg de peso vivo, se les suministró una dieta a base de maíz y harina de soya. Probaron tres tratamientos (0, 2 % urea y 2 % urea + 2 % zeolita). Reportan que a las tres horas después de la alimentación, el tratamiento con 2 % de urea

mostró mayor concentración de urea en el plasma ($P < 0.05$) respecto al testigo y al de 2 % de urea + 2 % zeolita.

Nesic *et al.* (2010) experimentaron con (0.2 y 0.5 %) de zeolita en dieta para terneros destetados, evaluando variables sanguíneas (glucosa, urea y proteínas totales), durante 90 días. No encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para la concentración de glucosa, urea ni proteínas totales en suero sanguíneo.

Por otra parte, Méndez (2009) experimentó con (0, 2 y 4 %) de zeolita tipo clinoptilolita en dieta al trabajar con 42 cerdos (24 machos castrados y 18 hembras) de cruce tipo comercial, durante 114 días. Reporta efecto significativo en la interacción ($P < 0.05$) para la concentración de glucosa, urea creatinina y proteínas totales.

2.6 Efecto de la zeolita sobre la concentración de AGV y el pH ruminal

Durante la fermentación en el rumen, los ácidos grasos que se producen sufren procesos de interconversión, lo cual puede explicarse tomando en cuenta que un ácido determinado, que es producto final de la actividad de algunos microorganismos, es utilizado a su vez como sustrato para la actividad de otros (Weston y Hogan, 1968). Estos autores reportan que del 40 a 80 % del ácido butírico deriva del acético y de 6 a 20 % del acético proviene del butírico.

Los ácidos AGV son los mayores productos de la fermentación ruminal, realizada por los microorganismos. Los microorganismos convierten una gran proporción de carbohidratos y proteínas de los alimentos a AGV, principalmente acetato, propionato y butirato. Así que el balance de los AGV, depende de la composición de la ración, la actividad microbiana, el pH del medio y la frecuencia de ingestión de alimentos (Dijkstra *et al.*, 2003).

Ruíz *et al.* (2007) utilizaron cuatro ovinos de la raza Pelibuey con 32.55 ± 1.34 kg de peso vivo, y una dieta de 70 % de heno alfalfa y 30 % de concentrado, para evaluar el efecto de cuatro niveles (0, 1.5, 3.0 y 4.5 %) de zeolita tipo clinoptilolita, sobre la concentración de AGV y el pH ruminal. Reportan que no hubo diferencias significativas ($P > 0.06$) en el ácido acético, ácido butírico ni en el pH ruminal. Sin embargo encontraron mayor concentración ($P < 0.06$) de ácido propiónico con el 1.5 % de zeolita, respecto a los otros tratamientos.

Narmandakh *et al.* (2006) utilizaron ocho ovinos fistulados bajo condiciones de pastoreo, a los que les introdujeron 10 g de zeolita por día/animal en el rumen, para evaluar el pH y la concentración de AGV. No encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la concentración de AGV ni en el pH ruminal.

Por otra parte Galyean y Chabot (1981) trabajaron con cinco bovinos fistulados, alimentados con cascarilla de algodón y concentrado. Señalan que la

concentración de AGV en rumen no fue influenciada ($P>0.05$) por la clinoptilolita mineral; sin embargo, la proporción molar de propionato tendió a ser alta ($P<0.05$) en becerros suplementados con clinoptilolita.

McCollum y Galyean (1983) trabajaron con becerros en engorda con una dieta a base de 70 % de grano de sorgo, para evaluar el efecto de tres niveles de zeolita (0, 1.25 y 2.5 %) tipo clinoptilolita. Observaron que la dieta suplementada con 2.5 % de clinoptilolita produjo mayor concentración ($P<0.05$) de ácido propiónico.

Galindo *et al.* (1982) experimentaron con vacas alimentadas con ensilaje de pasto estrella a libre acceso, conteniendo tres niveles de zeolita (0, 0.5 y 1.0 %). Reportan que el 0.5 % de zeolita mostró mayor concentración ($P<0.05$) de AGV totales en relación a la dieta testigo. Sin embargo, la dieta con 1.0 % de zeolita no mostró diferencias significativas ($P>0.05$).

Erwanto *et al.* (2011) utilizaron cuatro caprinos machos, en un diseño de cuadrado latino. La dieta base consistió de 70 % de pasto elefante y 30% de concentrado y los tratamientos experimentales fueron (0, 2, 4 y 6 %) de zeolita. Observaron que al suplementar con zeolita amoniacal aumentó significativamente ($P<0.05$) la concentración total de AGV en el rumen, siendo mejor el 6 %. Concluye que éste mineral podría ser utilizado como un buen aditivo para mejorar el metabolismo del rumen. La zeolita amoniacal no afectó ($P>0.05$) al pH ruminal.

Karatzia *et al.* (2011) trabajaron con 16 vacas Holstein fistulada, alimentadas con ensilaje de maíz, concentrado y melaza, para estudiar el efecto de la adición de 0 y 200 g de zeolita/día/animal sobre el pH ruminal y la concentración de AGV. Encontraron que la inclusión de zeolita aumentó significativamente ($P < 0.05$) el pH ruminal y la concentración del ácido acético y disminuyó la concentración del ácido propiónico.

2.7 Efecto de la zeolita sobre la excreción de N

Las proteínas o cualquier fuente de N no proteico (NNP) que llega al rumen, son degradadas a amoniaco y posteriormente a amonio (NH_4^+). Teniendo en cuenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de la zeolita y su capacidad para absorber compuestos nitrogenados es importante señalar que estos aluminosilicatos interactúan e intervienen directamente en el metabolismo proteico en las diferentes especies (Pond y Mumpton, 1984).

La cantidad de amonio (NH_4^+) en el contenido ruminal nos indica el grado de fermentación de la proteína en el rumen (Edelman, 1997) y por lo tanto, falta de amonio (NH_4^+) reduce la proliferación de las bacterias por ser el N esencial para la síntesis de proteína microbiana. En un intento por reducir los efectos tóxicos de altos niveles de amonio (NH_4^+) en el líquido ruminal, cuando se proporciona NNP, como urea o biuret en las dietas, White y Ohlrogge (1974) introdujeron zeolita natural y sintética al rumen de animales y señalan que aproximadamente el 15 % de amonio (NH_4^+) presente en el rumen fue captado por la zeolita, por lo tanto los rumiantes tuvieron una mejor utilización del N.

El amonio (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. White y Ohlrogge (1974) señalan que aproximadamente el 15 % del amonio (NH_4^+) presente en el rumen puede ser captado por la zeolita, lo que permite una mejor utilización del N por los rumiantes (Sweeney *et al.*, 1980).

Sweeney *et al.*, (1980) demostraron mejora de la digestibilidad del N, cuando usaron 5 % de clinoptilolita agregada a una dieta con proteína altamente soluble para becerros y becerras en crecimiento. Así mismo, Sweeney (1983) al agregar zeolita (3.5 a 4.5 %) a una dieta alta en N soluble incrementó la digestibilidad aparente de la proteína y materia orgánica.

2.8 Hipótesis

La zeolita mejora el comportamiento productivo, aumenta la concentración de AGV en líquido ruminal y disminuye las concentraciones de N en excreciones fecales, urea y creatinina en sangre.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en la Unidad Metabólica y en los laboratorios de Nutrición Animal y de Reproducción de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila. La localización geográfica de la Universidad es 25° 22' 44" N y 100° 00' 00" O, con altitud de 1770 m. La temperatura promedio anual es de 17.7 °C y la precipitación media anual de 303.9 mm (García, 1973).

3.2. Metodología

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

El diseño de los tratamientos se realizó de acuerdo a los niveles de inclusión de zeolita (0, 3 y 6 %), con cuatro repeticiones por tratamiento.

Los animales se bloquearon por peso inicial y distribuyeron al azar en 12 corraletas. La duración del experimento fue de 56 días, además de un periodo de adaptación al manejo y a la dieta de 14 días. Los animales fueron desparasitados y se les inyectó vitaminas (ADE) antes de iniciar la prueba.

El alimento se ofreció a libre acceso e incluía como ingredientes base al grano de maíz y harinolina (Cuadro 8.1 del Apéndice). La incorporación de la zeolita (3 y 6 %) fue de forma manual (pala) en sustitución de la dieta. El alimento se ofreció a libre acceso, el cual se retiraba cada 3 días con la finalidad de medir el rechazo y determinar el consumo de alimento. Los animales fueron pesados al inicio y final del periodo experimental y se calculó la ganancia diaria de peso. La conversión alimenticia se calculó dividiendo el consumo de alimento diario entre la ganancia diaria de peso.

El muestreo sanguíneo se realizó al final del periodo experimental, obtenidas las muestras de la vena cava anterior en todos los animales. Se utilizó agujas vacutainer de 0.8 x 38 ml en tubos de vacío de vidrio. El muestreo del líquido ruminal se realizó al final del periodo experimental, utilizando bomba de vacío. El muestreo de heces también se realizó al final del periodo a todos los animales, se hizo de forma directa manipulando el recto del animal. Todas las muestras se obtuvieron por la mañana antes de ofrecer alimento a los animales.

3.3. Análisis bromatológico de la dieta

En el Cuadro 3.1 se presenta el análisis bromatológico de las dietas utilizadas en los diferentes tratamientos de zeolita de acuerdo con la metodología descrita por la (AOAC, 1997). En el Cuadro 8.2 del Apéndice se presenta el análisis bromatológico del alimento rechazado por los borregos de cada tratamiento.

Cuadro 3.1. Análisis bromatológico de las dietas, en base a MS.

Determinación	Zeolita (%)		
	0	3	6
Humedad (%)	5.5	4.2	5.5
Materia Seca Total (%)	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	56.125	51.35
Nutrientes Digestibles Totales (%)	77.515	73.14	68.99

3.4. Análisis químicos

Los metabolitos glucosa, urea, proteínas totales, creatinina y colesterol se determinaron en suero sanguíneo usando los métodos del Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. 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 (AOAC, 1997).

3.5. Análisis estadístico

Las variables de estudio: consumo de alimento en base a materia seca, 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 Y DISCUSIÓN

4.5 Efecto de la zeolita sobre el comportamiento productivo de los ovinos

El comportamiento productivo de los ovinos alimentados con diferentes niveles (0, 3, y 6 %) de inclusión de zeolita en la dieta, se muestran en el Cuadro 4.1. 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), los promedios fueron similares en todos los niveles. Sin embargo, con el 6 % de zeolita aumentó ligeramente el CMS, y con el 3 % se redujo el consumo y ganancia diaria de peso, pero mejoró la conversión alimenticia.

Cuadro 4.1. Comportamiento productivo de ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

Características	Zeolita (%)			P>F
	0	3	6	
Ganancia de peso (g/día)	234 ^a	215 ^a	224 ^a	0.5059
Consumo MS (kg/día)	1.359 ^a	1.241 ^a	1.385 ^a	0.0629
Conversión Alimenticia	5.819 ^a	5.754 ^a	6.238 ^a	0.4746

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

* $P<0.05$

Los resultados de este experimento demostraron que la zeolita no ayudó a incrementar la ganancia de peso de los ovinos durante el periodo de prueba 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.

Buendía y Pérez (2011) con ovinos cruzados (Dorper x Pelibuey) en donde probaron tres niveles 0, 1.5 y 2.0 % de clinoptilolita y no encontraron efecto significativo ($P>0.05$) en ganancia de peso. Por su parte, Estrada *et al.* (2010) 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 peso de la canal mejoró con los tratamientos que incluían zeolita.

En otros estudios (Coutinho *et al.*, 2002) realizados con bovinos, probaron 0 y 2.4 % de zeolita. No reportan diferencias significativas ($P>0.05$) en la ganancia de peso y señalan que la zeolita puede ayudar a mejorar la digestibilidad de la dieta.

Los consumos de materia seca obtenidos en el estudio, coinciden con los sugeridos por el NRC (1998). El CMS no mostró diferencia significativa ($P>0.05$) entre tratamientos. Estos resultados concuerdan con lo reportado por (Ghaemnia, *et al.*, 2010) al trabajar con borregos con (0, 3, 6, y 9 %) de zeolita. Reportan que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) en el CMS. 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 CMS, y que el 6 % fue el que promovió mayor consumo.

En otros estudios realizados por Erwanto *et al.*, (2011) al trabajar con cabras utilizando los niveles 0, 2, 4 y 6 % de zeolita, reportan que el CMS no se vio afectado ($P > 0.05$) al adicionar zeolita a la dieta, encontrando 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 tratamiento. Tampoco Buendía y Pérez (2011) encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en CMS al adicionar zeolita a la dieta de los ovinos.

En el trabajo que aquí se reporta no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la conversión alimenticia al adicionar zeolita a la dieta. Esto concuerda con Buendía y Pérez (2011) quienes trabajaron con 30 ovinos, reportan que la conversión alimenticia no mostró efecto significativo. Por otro parte (Coutinho *et al.*, 2002) reportan que al trabajar con 24 bovinos con 2.4 % de zeolita en la dieta no observaron diferencia significativa ($P > 0.05$) en la conversión alimenticia. Tampoco Sherwood y Erickson (2006) reportan efecto

significativo ($P>0.05$) en la conversión alimenticia en becerros, con niveles de 0 y 1.2 % de zeolita.

4.6 Efecto de la zeolita en metabolitos sanguíneo

La concentración de los metabolitos en suero sanguíneo de los ovinos, alimentados con diferentes niveles de zeolita en el presente experimento, se muestran en el Cuadro 4.2. De acuerdo a lo reportado por Merck, (2000) la concentración de metabolitos en el suero sanguíneo de los ovinos se encuentra dentro de los rangos normales. Sin embargo, al realizarse el análisis estadístico se encontró que la concentración de glucosa fue afectada por el nivel de zeolita en la dieta.

Cuadro 4.2. Concentraciones de metabolitos en suero sanguíneo de ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

Características	Zeolita (%)			P>F
	0	3	6	
Glucosa (mg/dl)	54.192 ^b	73.166 ^a	81.041 ^a	0.0145*
Urea (mg/dl)	19.092 ^a	18.209 ^a	16.359 ^a	0.1933
Creatinina (mg/dl)	1.968 ^a	1.917 ^a	2.042 ^a	0.8461
Colesterol (mg/dl)	181.500 ^a	147.750 ^a	152.750 ^a	0.1214
Proteínas totales (mg/dl)	5.825 ^a	6.306 ^a	7.121 ^a	0.4831

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

* $P<0.05$

La concentración de glucosa en suero sanguíneo aumentó ($P < 0.05$) con la adición de zeolita en la dieta (Cuadro 4.2). El incremento se puede deber a que la zeolita permite que exista una mayor utilización de los carbohidratos de la dieta (Alexopoulos *et al.*, 2007). Resultados diferentes fueron reportados por Ghaemnia, *et al.*, (2010) quienes trabajaron con ovinos y probaron los niveles 0, 3, 6, y 9 % de zeolita. Estos investigadores reportan que la concentración de glucosa no tuvo respuestas significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos, pero tendió a ser más baja con la adición de zeolita. Por otra parte Nesic *et al.* (2010) trabajaron con terneros con 0.2 y 0.5 % de zeolita. No encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para la concentración de glucosa.

En el presente estudio no se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) en la concentración de urea en suero sanguíneo. Resultados diferentes fueron reportados por Ghaemnia *et al.* (2010) con borregos alimentados con diferentes niveles 0, 3, 6, y 9 % de zeolita. Reportan que el contenido de urea en plasma fue menor ($P < 0.05$) con la adición de zeolita. Estos autores y Gutiérrez *et al.* (2004), mencionan que la disminución de la concentración de urea en el suero sanguíneo se le puede atribuir a que la zeolita tiene una alta afinidad por los iones de amonio, es decir que tiene una alta capacidad de capturar iones de amonio producidos en la desaminación de las proteínas de la dieta durante el proceso digestivo.

Por otra parte Jacobi *et al.* (1984) al trabajar con becerros de 300 kg de peso vivo, con 2.5 % de zeolita, reporta que la zeolita no afectó la concentración

de urea en plasma. Tampoco Pond (1984) trabajando con 63 borregos y sustituyendo el 2 % de zeolita tipo clinoptilolita a la dieta. No observó efecto significativo ($P>0.01$) para la concentración de urea en el plasma.

Los niveles de creatinina en suero sanguíneo, no presentaron efecto significativo ($P>0.05$). Sin embargo, con el 3 % se encontró concentraciones más bajas de creatinina respecto al 6 % y al testigo. El incremento de los niveles de creatinina en la sangre pueden deberse a un incremento en la síntesis proteica aumentando la producción de creatina para la formación de masa muscular (Merck, 2000).

La concentración de colesterol no mostró efecto significativo ($P>0.05$) entre niveles de zeolita. Los resultados muestran una respuesta lineal, ya que la concentración de colesterol en suero disminuyó al incrementar los niveles de zeolita. Por su parte Leung (2004) reporta que la adición de zeolita en la dieta no afecta el metabolismo de las grasas.

No se encontró efecto significativo ($P>0.05$) en la concentración de proteínas totales en suero. Estos resultados concuerdan con los trabajos realizados con becerros destetados. Nesic *et al.* (2010) probaron los niveles 0, 0.2 y 0.5 % de zeolita. No observaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos, respecto a las concentraciones de proteínas totales en suero sanguíneo. Por su parte, (Mohri *et al.*, 2008) trabajaron con becerros antes del destete suministraron 2 % de zeolita tipo clinoptilolita al calostro. Encontraron

que la adición de zeolita, mostro un efecto significativo ($P < 0.05$) en la concentración de proteínas totales en sangre.

4.7 Efecto de la zeolita en los AGV y pH ruminal

La concentración de AGV en ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita se muestra en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Concentraciones de ácidos grasos volátiles y pH ruminal en ovinos alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

Características	Zeolita (%)			P>F
	0	3	6	
Ácido acético (mM/L)	34.995 ^a	38.698 ^a	42.574 ^a	0.5190
Ácido propiónico (mM/L)	7.955 ^a	7.274 ^a	9.304 ^a	0.5921
Ácido butírico (mM/L)	7.850 ^a	9.823 ^a	9.998 ^a	0.6725
AGVs Totales	50.800 ^a	55.795 ^a	61.877 ^a	0.5078
pH	6.560 ^a	6.290 ^a	6.342 ^a	0.5910

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

* $P < 0.05$

La inclusión de zeolita no tuvo efecto significativo ($P > 0.05$) en la concentración de ácido acético, propiónico y butírico. Sin embargo, en los animales que recibieron dietas con zeolita, mostraron una respuesta lineal

positiva, es decir que al incrementar el nivel de zeolita se incrementó ligeramente la concentración de ácido acético y butírico en el líquido ruminal y el 6 % fue el que mostró mayor concentración de ácido propiónico.

Ruíz *et al.* (2007) al trabajar con ovinos de la raza Pelibuey, probando cuatro niveles (0, 1.5, 3.0 y 4.5 %) de zeolita, quienes observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la concentración de ácido acético y ácido butírico. Por su parte, Karatzia *et al.* (2011) reportan que la inclusión de zeolita aumentó significativamente ($P < 0.05$) la concentración del ácido acético y disminuyó ($P < 0.05$) la concentración del ácido propiónico.

No se encontraron, diferencias significativas ($P > 0.05$) en la concentración de AGV totales en el líquido ruminal entre niveles de zeolita. Sin embargo, al adicionar zeolita a la dieta tendió a incrementar la concentración de ácidos grasos totales, siendo el 6 % el que mostró mayor concentración. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Galyean y Chabot (1981), Narmandakh *et al.* (2006) y Dschaak (2010) quienes reportan que no encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en la concentración de AGV, al añadir zeolita a la dieta. Sin embargo, Erwanto *et al.* (2011) mencionan que al suplementar zeolita a la dieta, aumentó significativamente ($P < 0.05$) la concentración de AGV en el rumen, siendo mejor el 6 %. Concluyen que éste mineral podría ser utilizado como un buen aditivo para mejorar el metabolismo del rumen.

En el pH ruminal no se encontró diferencia significativa ($P>0.05$), entre niveles de zeolita. Sin embargo, tendió a disminuir ligeramente con la adición de zeolita. Lo obtenido coincide con los trabajos realizados por Ruíz *et al.* (2007); Erwanto *et al.* (2011) quienes reportan que la zeolita no afectó el pH ruminal. Por otra parte, Karatzia *et al.* (2011) reporta que con la inclusión de zeolita en la dieta aumentó significativamente el pH ruminal. Nesic *et al.* (2010) reportan al trabajar con becerros Holstein, que encontraron que la zeolita afectó significativamente ($P<0.05$), de forma positiva el pH ruminal lo que confirma a la zeolita como agente buffer.

4.8 Efecto de la zeolita sobre la excreción de N en heces

La concentración de N en heces de ovinos alimentados con diferentes niveles de zeolita, se muestran en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Niveles de N presentes en heces de los ovinos, alimentados con dietas suplementadas con diferentes niveles de zeolita.

	Zeolita (%)			P>F
	0	3	6	
N en heces (%)	3.297 ^a	2.730 ^b	2.509 ^b	0.0017*

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

* $P<0.05$

La inclusión de zeolita en la dieta de los ovinos afectó ($P < 0.05$) la concentración de N en las heces excretado por los ovinos. Se observó una respuesta lineal negativa, ya que al incrementar el nivel de zeolita disminuyó la excreción de N.

Esto concuerda con los trabajos realizados en no rumiantes. Zimmerman (1996), al trabajar con cerdos, encontró que al incrementarse los niveles de zeolita a la dieta, se redujo la excreción de N. Por otro parte, trabajos realizados con ovinos machos fistulados (Ruíz *et al.*, 2007), con niveles de 0, 1.5, 3.0 y 4.5 % de zeolita en la dieta, demostraron que la concentración de N amoniacal (N-NH_3) fue diferentes en algunas horas con los diferentes tratamientos pero tendió a ser mayor con el 4.5 % de zeolita, lo cual puede atribuirse a la actividad microbial. Por su parte, Rivera (2005) recomienda incluir estos niveles de zeolita en raciones que contengan alimentos fibrosos de mala calidad, ya que este tipo de dietas es donde pudiera encontrarse mejores resultados.

Forouzani *et al.* (2004) alimentaron ovinos machos, a las cuales se les adicionó tres niveles (0, 3 y 6 %) de zeolita en la dieta, para estudiar el efecto de este aluminosilicato en la concentración de amoniacal (NH_3) en el rumen. Reportan efecto significativo ($P < 0.05$) en la concentración de NH_3 en rumen. Estos autores observaron que después de cuatro horas de alimentación, los niveles 3 y 6 % mostraron mayor concentración respecto al testigo. También Galyean y Chabot (1981) observaron mayores concentraciones de NH_3 en

rumen, después de cuatro horas de haber proporcionado el alimento con zeolita.

Por su parte, Ly y Castro (1977) mencionan que la zeolita permite mejorar la eficiencia de la utilización metabólica del N. Esto se debe a las propiedades físicoquímicas de las zeolitas, ya que son capaces de atrapar los iones amonio (NH_4^+) que se encuentren concentrados en el líquido ruminal, para luego ser liberados lentamente (White y Ohlrogge 1974) y por ende una mayor eficiencia en el uso del N por la microflora ruminal (Gutiérrez *et al.*, 2004).

5 CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente experimento, se puede concluir lo siguiente:

La adición de zeolita a la dieta de los ovinos no mejora el comportamiento productivo ni modifica la concentración de urea, colesterol, creatinina y proteínas totales en suero sanguíneo, ni la concentración de ácidos grasos volátiles y el pH ruminal, pero aumenta los niveles de glucosa en sangre y disminuye los niveles de nitrógeno excretado en heces.

6 RESUMEN

Con el propósito de evaluar la inclusión de zeolita sobre el comportamiento productivo, metabolitos sanguíneos, ácidos grasos volátiles (AGV), pH ruminal y nivel de N en heces. Se realizó un experimento con 12 ovinos machos cruzados con predominancia de la raza Dorper de 25 ± 6 kg promedio de peso vivo por 56 días, en un diseño bloques al azar. Los animales fueron alimentados con una dieta de 70 % de concentrado y 30 % de heno de avena, con la inclusión de (0, 3 y 6 %) de zeolita tipo clinoptilolita. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para ganancia diaria de peso, consumo de materia seca y conversión alimenticia. La concentración de glucosa (73.166 y 81.041 mg/dl) se incrementó ($P < 0.05$) en suero sanguíneo con la adición de la zeolita, respecto al testigo (54.192 mg/dl). La concentración de urea no mostró efecto significativo ($P > 0.05$); sin embargo, se redujo con la adición de zeolita. La concentración de creatinina, colesterol y proteínas totales no mostraron efecto significativo ($P > 0.05$) entre niveles de zeolita. No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) en pH ruminal, concentraciones de AGV. Sin embargo, incrementó la concentración de ácido acético y butírico con la adición de zeolita. Los animales que recibieron dietas con zeolita excretaron menos ($P < 0.05$) N en las heces (2.730 y 2.509 %) respectivamente, en relación al testigo (3.297 %). Se

concluyó que la adición de la zeolita a la dieta no mejora el comportamiento, concentración de AGV y no cambia el pH ruminal, pero si los niveles de glucosa en sangre y N fecal.

7 LITERATURA CITADA

- Alexopoulos, C., D. S. Papaioannou, P. Fortomaris, C. S. Kyriakis, T. Goussu, A. Yannakopoulos y S. C. Kyriakis. 2007. Experimental study on the effect of in feed administration of a clinoptilolita rich tuff on certain biochemical and hematological parameters of growing and fattening pigs. *Livestock Sci.* 111:230-241
- A.O.A.C. 1997. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th edition. Washington, D. C. pp. 1018
- 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
- Bosch, P. y I. Schifter. 1988. La zeolita una piedra que hierve. SEP. Fondo de cultura económica. Primera edición. México, D.F. pp. 82.
- Buendía, R. G., M. González, S. Mendoza, M. G. Plata, P. F. Sánchez, M. B. Flores, G. A. Barcena y G. R. Basurto. 2009. Efecto de clinoptilolita sobre digestibilidad *in situ* y el comportamiento productivo de bovinos en corral de engorda. XLV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Saltillo Coahuila. Memoria. 118 p.
- Buendía, R. G. y S. M. Pérez. 2011. Efecto de la zeolita sobre el comportamiento productivo de ovinos en finalización. *Asociación Mexicana de Médicos Veterinarios especialistas en bovinos.* 9: 46-48.
- Castaing, J. 1998. Uso de las arcillas en alimentación animal. XIV curso de especialización. *Avances en nutrición y alimentación animal.*
- Cosma, F. D. 2008. Utilización de una zeolita natural (clinoptilolita) en la alimentación de conejos en la fase de engorde. Tesis licenciatura. Universidad de la Salle. Bogotá, D. C.
- Coutinho, F. W., R. Henrique, R. Peres, C. Justo, P. Siqueira y P. Coser. 2002. Effect of zeolite use in finishing beef cattle in confinement. *Rev. Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 10: 93-96.

- Dijkstra, J., J. France, S. Tamminga y J. A. N. Mills. 2003. Predicting the yield of nutrients from microbial metabolism in the rumen. Proceedings of VI International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Mérida Yucatán, México. 340 pp.
- Dschaak, C. M., J. S. Eun, A. J. Young, R. D. Stott y S. Peterson. 2010. Effects of supplementation of natural zeolite on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactational performance of dairy cows. *The Professional Animal Scientist*. 26: 647-654.
- Estrada, J. D., A. Angulo, M. J. Martínez, S. J. Bolado, G. E. Vázquez, R. F. Ríos y L. J. Portillo. 2010. 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. I Simposio Internacional de la Federación de ovejeros y cabreros de América Latina (FOCAL), Habana Cuba. Memoria. 278 p.
- Edelman, Z. 1997. Temas selectos de nutrición. Ed. Mashav y Cinadco. Israel. pp 168.
- Erwanto, W. A. Zacaria y M. Prayuwidayati. 2011. The use of ammoniated zeolite to improve rumen metabolism in ruminant. *Anim. Prod.* 13: 138-142.
- 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.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köppen. 2a. edición, Instituto de Geografía UNAM. México. pp. 146.
- 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 y J. Cordero. 1982. La adición de zeolita a las dietas que consumen ensilaje. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 16: 189-196
- Galindo, J. 1988. Efecto de la zeolita en la población de bacterias celulolíticas y su actividad en vacas que consumen ensilaje. Tesis Doctorado, Inst. Cienc. Anim. La Habana, Cuba.
- 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

- 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, J. Cairo, R. Rodríguez, V. Rodríguez y L. E. Dihigo. 2004. Impacto de los aluminosilicatos (Zeolita y Bentonita) en la protección ruminal de la proteína dietética. Informe final de proyecto. Instituto de Ciencia Animal, Habana, Cuba.
- Jacobi, U., L. Vrzgula, J. Blazovský, I. Havassy, V. Ledecký y P. Bartko. 1984. The effect of zeolite (clinoptilolite) on the post-feeding dynamics of N metabolism in the portal vein, jugular vein and the rumen fluid of bulls. *Vet. Med.* 29: 207-216.
- Johnson, M. A., T. F. Sweeney y L. D. Muller. 1988. Effects of feeding zeolite synthetic zeolite A and sodium bicarbonate on milk production nutrient digestion, and rate of digesta passage in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 71: 946-953.
- Katsoulos, P. D., N. Roubies, N. Panousis y H. Karatzias. 2005. Effects of long-term feeding dairy cows on a diet supplemented with clinoptilolite on certain serum trace elements. *Biol. Trace Elem. Res.* 108: 137-145.
- Katsoulos, P. D., S. Zarogiannis, N. Roubies, y G. Christodoulopoulos. 2009. Effect of long-term dietary supplementation with clinoptilolite on performance and selected serum biochemical values in dairy goats. *American J. Vet. Res.* 70: 346-352.
- Karatzia, M. A., K. Poulitiotis, P. D. Katsoulos y H. Karatzias. 2011. Effects of in feed inclusion of clinoptilolite on blood serum concentrations of aluminium and inorganic phosphorus and on ruminal pH and volatile fatty acid concentrations in dairy cows. *Biol. Trace Elem. Res.* 142: 159-166.
- Koknaroglu, H., T. M. Turan, y Y. Bozkurt. 2006. Effect of zeolite and initial weight on feedlot performance of brown swiss cattle. *Asian J. Anim. and Veterinary Advances*, 1: 49-54.
- Leung, S. 2004. The effect of clinoptilolite properties and supplementation levels on swine performance. MSc. Thesis. McGill University Montreal. 132 p.
- Ly, J. y M. Castro. 1977. Total and ileal digestibility in pigs fed diets containing a Cuban natural zeolite. In: *Digestive Physiology in Pigs* (J.P. Laplace, A. Barbeau y C. Février, editors). European Association of Animal Production (EAAP) Publication No. 88. Saint Gilles, pp. 595-597

- McCollum, F. T, y M. L. Galyean. 1983. Effects of clinoptilolite on rumen fermentation, digestion and feedlot performance in beef steers fed high concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 56: 517-524.
- Méndez, A. B. 2009. Utilización de zeolita en la alimentación de cerdos para abasto. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. pp. 17-24
- 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.
- Mohri, M., Seifi, H. A. y Daraei F. 2008. Effects of short-term supplementation of clinoptilolite in colostrum and milk on hematology, serum proteins, performance, and health in neonatal dairy calves. *Science Direct.* 86: 2112-2117.
- Mumpton, F. A. y P. H. Fishman. 1977. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *J. Anim. Sci.* 45:5
- Mumpton, F. A. 1999. La roca magica: Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 96:3463-3470.
- Narmandakh, D., M. Zolzaya y Sh. Demberel. 2006. Study of the effects of natural zeolite from the Tsagaantsav deposit on dynamics of pH, volatile fatty acids, and ammonia of rumen contents of one-year-old sheep. 7th International conference on the occurrence, properties, and utilization of natural zeolite. Socorro New México, EE.UU. 186 p.
- 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. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 44: 227-232.
- NRC. 1998. National Research Council. Nutrient requirements of small ruminants. National Academy of Science, Washington, D.C.
- Pond, W. G. 1984. Response of growing lambs to clinoptilolite or zeolite NaA added to corn, corn-fish meal and corn-soybean meal diets. *J. Anim. Sci.* 59:1320-1328.
- Pond, W. G. y F. A. Munpton. 1984. Zeo-agriculture. Use the natural zeolites in agriculture. Ed. Westvico-Press. Boulder. Colorado. EE.UU.
- Pond, W. G., J. T. Yen, y D. A. Hill. 1988. Decreased absorption of orally administered ammonia by clinoptilolite in rats. *Proc. Nutr. Soc. Exp. Biol. Med.* 166:369-375.

- 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.
- Pond, W. G., D. C. Church y K. R. Pond. 1995. Basic animal nutrition and feeding. 5th edition, John Wiley and Sons, Inc. USA, pp. 615.
- Pulido, R. y A. Fehring 2004. Efecto de la adición de una zeolita natural sobre la respuesta productivo de terneras de lechería, posdestete. *Revista Arch. Med. Vet.* 2: 197-201.
- Ruíz, O., Y. Castillo, M. T. Miranda, A. Elias, C. Arzola, C. Rodríguez y La O, O. 2007. Niveles de zeolita y sus efectos en indicadores de la fermentación ruminal en ovinos alimentados con heno de alfalfa y concentrado. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 41: 253-257.
- Ramos, A. J. y E. Hernández. 1997. Prevention of aflatoxicosis in farm animals by means of hydrated sodium calcium aluminosilicate addition to feedstuffs: a Review. *Animal Feed Science and Technology.* 65:197-206.
- Rivera, M. 2005. La zeolita en la alimentación de ovinos: parámetros ruminales y producción de gas *In Vitro*. Tesis Maestría. UACH. Chihuahua, Chih. México.
- Rook, J. A. F. and P. C. Thomas. 1983. Nutritional physiology of farm animals. Longman edition. London and New York. Pp. 115-122.
- Roberts, A. J., R. A. Nugent, J. Klindt y T. G. Jenkins. 1997. Circulating insulin-like growth factor I, insulin-like growth factor binding proteins, growth hormone, and reception of estrus in postpartum cows subjected to dietary energy restriction. *J. Anim. Sci.* 75: 1909.
- Sánchez, C. 2001. Estrategias para la engorda en corrales. *La revista de Borregos.* 2 9:10-11.
- Sanders, K., C. Reed y S. Harper. 1997. Effect of zeolites on performance of feedlot cattle. ZO Mines Inc. San Antonio, Texas. USA.
- Sadeghi, A. A. y P. Shawrang. 2006. The effect of natural zeolite on nutrient digestibility, carcass traits and performance of Holstein steers given a diet containing urea. *Cambridge Journals.* 82: 163-167.
- Sherwood, D. M. y G. F. Erickson. 2006. Nitrogen mass balance and cattle performance of steers fed clinoptilolite zeolite clay. *Anim. Sci. Depart. Nebraska beef cattle reports. University of Nebraska- Lincoln.* pp 90-96.

- 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: 1536-1545.
- 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.
- Sweeney, T. F., L. S. Bull, y R. W. Hemken. 1980. Effect of zeolite as a feed additive on growth performance in ruminants. *J. Anim. Sc.* 51:401-409.
- Weeney, T. F. 1983. Effect of Dietary Clinoptilolite on Digestion and Rumen Fermentation in Steers. In Pond W.G. and Mumpton F.A. (eds) *Zeo-Agriculture; Use of Natural Zeolite in Agriculture and Aquaculture*, pp. 177-187.
- Tejada, I. 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. México, DF.
- Weston, R. H. y J. P. Hogan, 1968. Ruminant production of volatile fatty acids by sheep offered diets of rye grass and forage oats. *Aust. J. Agr. Res.* 19: 419-432.
- White, J. L. y A. J. Ohlrogge. 1974. Ion exchange materials to increase consumption of non-protein nitrogen in ruminants. *Can. Patent* 939186, Jan. 2, 1974. pp 30.
- Zimmerman, D. 1996. Effects of clinoptilolite on growth performance and carcass composition of growing-finishing pigs and on fecal nitrogen and phosphorus content. Iowa State University Swine Research Report.

8 APÉNDICE

Cuadro 8.1 Dieta base utilizada en el experimento¹.

Ingredientes	%
Heno de avena	30
Grano de maíz rolado	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 8.2. Análisis bromatológico del alimento rechazado en base a MS, por los ovinos en los diferentes tratamientos.

Determinación	Zeolita (%)		
	0	3	6
Humedad (%)	4.2	4.9	4.4
Materia Seca Total (%)	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 (%)	62.12	53.87	41.62

Cuadro 8.3. 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 8.4. 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 8.5. 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 8.6. 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 8.7. 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 8.8. 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 8.9. 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 8.10. 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 8.11. 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 8.12. 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 8.13. 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 8.14. 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 8.15. 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 8.16. 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			