

**Universidad Autónoma de Sinaloa**  
**Colegio de Ciencias Agropecuarias**  
**Maestría en Ciencias Agropecuarias**



**TESIS:**

**RESPUESTA PRODUCTIVA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL  
DE OVINOS DE PELO ALIMENTADOS CON ZEOLITA  
(CLINOPTILOLITA) EN DIETAS DE FINALIZACIÓN**

**PRESENTA:**

**MVZ. LUIS ANTONIO ROJAS ROMAN**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ**

**CO-DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO**

**ASESORES:**

**DRA. MARÍA ANDREA CERRILLO SOTO**

**DR. GERMÁN CONTRERAS PÉREZ**

**DR. FRANCISCO GERARDO RÍOS RINCÓN**

CULIACÁN ROSALES, SINALOA, AGOSTO DEL 2015

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **MVZ. LUIS ANTONIO ROJAS ROMAN**,  
BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA  
SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTORA

\_\_\_\_\_  
DRA. BEATRIZ ISABEL CASTRO PÉREZ

CO-DIRECTOR

\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO ESTRADA ANGULO

ASESOR

\_\_\_\_\_  
DRA. MARÍA ANDREA CERRILLO SOTO

ASESOR

\_\_\_\_\_  
DR. GERMÁN CONTRERAS PÉREZ

ASESOR

\_\_\_\_\_  
DR. FRANCISCO GERARDO RIOS RINCON

CULIACÁN, SINALOA, AGOSTO DEL 2015

## **DEDICATORIA**

A MIS PADRES: Ebodio Rojas Camacho y María Luis Román Aguirre, por su amor, apoyo y comprensión y por enseñarme que la educación es y será mi mejor defensa ante las adversidades de la vida; Y por seguir motivándome y ayudándome a alcanzar las nuevas metas que me propongo en la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por otorgarme una beca para realizar mis estudios de posgrado.

A la Dra. Beatriz Isabel Castro Pérez por su apoyo como profesora y asesor de tesis. A los Doctores; Alfredo Estrada Angulo, Germán Contreras Pérez, Francisco Gerardo Ríos Rincón, María Andrea Cerillo Soto, por su asesoría y la revisión de este trabajo de tesis.

Al Dr. Alfredo Estrada Angulo por financiar el proyecto de tesis.

A todas las personas que me dieron su apoyo en momentos difíciles.

ÍNDICE DE CUADROS .....	i
RESUMEN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
INTRODUCCIÓN .....	1
REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
Zeolitas En México .....	4
Usos Diversos de Zeolita .....	5
Uso de Zeolita en Alimentación Animal .....	5
Uso de Zeolita en la Alimentación Animal.....	6
Zeolitas en la Alimentación De Aves .....	7
Zeolitas en la Alimentación De Cerdos.....	8
Uso de Las Zeolitas Para la Producción de Carne en Rumiantes .....	8
Zeolitas En Rumiantes .....	10
HIPÓTESIS .....	13
OBJETIVO GENERAL.....	14
OBJETIVO ESPECÍFICO .....	14
MATERIAL Y MÉTODOS .....	15
Ubicación del Sitio Experimental .....	15
Procedimiento Experimental. ....	15
Asignación de Tratamientos .....	16
Determinación del Consumo de Alimento, Ganancia de Peso Y Conversión Alimenticia.....	17
Pesajes .....	17
Características de la Canal De Ovinos.....	19
Análisis Estadístico.....	20
CONCLUSIÓN .....	25
LITERATURA CITADA .....	26

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Efecto de zeolita en el comportamiento productivo de borregos	10
2	Zeolitas en la ración de terneras postdestete	11
3	Ingredientes y composición de la dietas experimentales	17
4	Composición química de la zeolita	19
5	Respuesta productiva de ovinos finalizados con distintos niveles de zeolitas	22
6	Características de la canal de ovinos finalizados con distintos niveles de zeolitas	23

## RESUMEN

Para determinar el efecto de la adición de cuatro niveles crecientes de zeolita (0, 1.5, 3.0, 4.5 %) en dietas integrales de ovinos sobre respuesta productiva y características de la canal, se utilizaron 40 ovinos machos  $\frac{3}{4}$  kathadin x  $\frac{1}{4}$  Pelibuey, de acuerdo a un diseño en Bloques Completos al Azar, los animales se agruparon en 5 bloques con 4 corraletas cada bloque y cada tratamiento distribuido aleatoriamente por bloque. La prueba tuvo una duración de 75 días, en la cual se realizaron pesajes por periodos de 1-28, 29-56 y 57-75 respectivamente. Los tratamientos que se utilizaron fueron: T1) 0 % Zeolita (16.48 PC y 1.38 Mcal/kg), T2) 1.5 % Zeolita (16.00 PC y 1.35 Mcal/kg), T3) 3 % Zeolita (16.53 PC y 1.32 Mcal/kg) y T4) 4.5 % Zeolita (15.05 PC y 1.29 Mcal/kg). El alimento se ofreció en dos horarios, 8:00 y 14:30 h en cantidad equivalente al 3.0 % de su peso vivo inicial, dicha cantidad se ajustó gradualmente en base los rechazos y se ofrecía en un 40:60 por la mañana y tarde, respectivamente. Al finalizar la prueba los animales se sacrificaron y se obtuvieron los datos de canal 24 h después del sacrificio, los datos se analizaron mediante un diseño en bloque completos al azar. En los resultados para la respuesta productiva de ovinos finalizados en corral con distintos niveles de zeolitas no hubo efecto significativo para las variables de Peso final PF, Ganancia diaria de peso y consumo de materia seca, para la variable de ganancia diaria de peso, no hubo efecto significativo  $P=.64$ , ni para la variable eficiencia alimenticia  $P=.54$  Se concluye que el incluir zeolita en dietas de finalización de ovinos de pelo no modifica la respuesta productiva ni las características de la canal.

**PALABRAS CLAVE:** Zeolita, ovinos, características de la canal.

## ABSTRACT

In order to determine the effect of the addition of four increasing levels of zeolite (0, 1.5, 3.0, 4.5%) in complete diets for sheep on growth performance and carcass characteristics, 40 male sheep  $\frac{3}{4}$  Kathadin x  $\frac{1}{4}$  pelibuey were used, according to a completely randomized block design. The animals were grouped into 5 blocks with 4 pens each block, the later randomly distributed. The trial lasted 75 days with weighing periods of 1-28, 29-56 and 57-75 respectively. The treatments were: T1) 0% Zeolite (PC y1.38 16.48 Mcal / kg), T2) 1.5% Zeolite (PC 16.00 and 1.35 Mcal / kg), T3) 3% Zeolite (PC 16.53 and 1.32 Mcal / kg) and T4) 4.5% zeolite (15.05 and 1.29 PC Mcal / kg). The feed was offered twice a day, at 8:00 and 14:30 equivalent to 3.0% of their initial body weight, that amount was gradually adjusted according to refusals and offered in a proportion of 40:60 in the morning and afternoon, respectively. After the trial was concluded, the animals were slaughtered and carcass data were obtained at 24h. According to the obtained data, zeolites did not resulted in significant effects in the studied variables: daily weight gain ( $P = 0.64$ ), or gain for feed ( $P = 0.54$ ). It is concluded that zeolite include finishing diets of sheep hair does not alter the productive response and carcass characteristics.

KEYWORDS: zeolite, sheep, carcass characteristics.

## INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la producción ovina en México, tiene por objetivo cubrir la demanda de carne para el mercado de platillos regionales preferidos por los consumidores como son la barbacoa, birria y mixiotes, que se consumen el fin de semana, principalmente en la zona centro, que comprende los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Querétaro, Morelos y el Distrito Federal. Sin embargo, la producción de carne en México cubre solamente el 56.52 % y de calidad regular, suministrados principalmente por el sistema de producción extensivo que se caracteriza por proveer de una alimentación deficiente a los corderos (Lara, 2008). Según datos del (SIAP, 2012) la producción de carne ovina en canal fue de 54.966 toneladas, en contraste de la demanda aparente de alrededor de 100, 000 toneladas.

Una alternativa para la producción ovina en Sinaloa es la engorda y finalización de corderos de manera intensiva, apoyada en el gran potencial en la producción de insumos agroindustriales, aditivos y minerales que pueden incluirse en la formulación y elaboración de dietas integrales para los ovinos, incorporando alternativas para obtener animales más eficientes en la producción de carne (Beerman, 2009; Etherton, 2009). Una de estas alternativas es la utilización de Zeolitas (Clinoptilotita) éste mineral ha impactado positivamente la utilización de los compuestos nitrogenados del alimento sin aparentes efectos nocivos en el animal o en el producto final. McCollum y Galyean, (1983) informan que la zeolita puede capturar hasta el 15% de los iones de amonio presentes en un inóculo en el contenido ruminal y posteriormente liberarlo, lo cual evita las pérdidas en heces u orina. En otro estudio, la adición de 2% de zeolita en dietas de vacas lecheras, disminuyó las pérdidas de cereales en excretas de un 23.4 % a un 12.7%, lo cual podría permitir que haya más cantidad de nutrientes disponibles para la producción animal (García *et al.*, 1992). Sin embargo, los resultados han sido inconsistentes ya que en algunos otros estudios la adición de zeolita no ha tenido efectos positivos sobre la retención de nutrientes (Matthews *et al.*, 1999; Dschaak

*et al.*, 2010) una de las razones puede ser el nivel de zeolita y la composición de la dieta utilizada.

Debido a que no existen datos acerca de la utilización de la zeolita en las dietas de finalización para rumiantes, el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la adición de diferentes niveles de clinoptilolita (Zeolita), sobre la respuesta productiva y características de la canal de ovinos de pelo en dietas de finalización.

## REVISIÓN DE LITERATURA

Las zeolitas fueron descubiertas en 1756 como cristales bien formados en cavidades de roca basal por el Baron Axel Fredrick Cronstedt, quien las nombró piedras hirvientes (del griego zeo: hiervo y lithos, piedra) en alusión a su peculiar característica espumosa al calentarse (Mumpton and Fishman, 1977; Bosch y Schifter, 1988; Galindo, 1988) Son minerales de origen volcánico que comprenden un grupo de más de 40 especies naturales y un número igual ha sido sintetizado en el laboratorio (Mumpton y Fishman, 1977; Bosch y Schifter, 1988; Castaing, 1998) entre las cuales las más importantes por la secuencia de sus apariciones, la dimensión de sus depósitos y la diversidad de aplicaciones a escala mundial, son la clinoptilolita y la mordenita (Castro y Lon-wo, 1991). Son aluminosilicatos cristalinos, hidratados con cationes alcalinos y alcalinotérreos como Na, K y Ca, que constan de una estructura tridimensional de tetraedros de silicio ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4</sup> y aluminio ( $\text{AlO}_5$ )<sup>4</sup> unidos a través de los átomos de oxígeno compartidos (Papaioannou *et al*, 2005; Ostrooumov, 2002; Olguín, 2005; Mumpton y Fishman, 1977) y caracterizadas por la capacidad de perder y ganar agua de forma reversible, adsorber moléculas de diámetro transversal adecuado ( propiedad de adsorción , o que actúan como tamices moleculares ) dentro de su estructura capaces de acomodar grandes cationes como Na, K, Br y Ca, incluso moléculas relativamente grandes y grupos cationicos tales como agua, amoniaco e iones carbonato y nitrato (Pavelic y Hadzija, 2003) y por intercambiar sus cationes constituyentes, mientras rechaza a otros, esto se conoce como tamizado molecular sin mayor cambio de su estructura (propiedad de intercambio iónico ) (Mumpton y Fishman, 1977; Filippidis *et al*, 1996; Dschaak, 2012). La capacidad de su estructura interna va de 500 a 1000 m<sup>2</sup>/ g y su capacidad de intercambio catiónico es de 0 a 650 Meq / 100 g (Olguín, 2005).

La estructura química de las zeolitas es:  $(\text{K}_3\text{Na}_3) (\text{Al}_6 \text{Si}_3\text{O}) \text{O}_{72} 24 \text{H}_2\text{O}$ . Donde los cationes dentro del primer paréntesis son los cationes intercambiables, los cationes dentro del segundo paréntesis son los cationes estructurales, seguidos de las moléculas de oxígeno y agua. (Mumpton y Fishman, 1977).

Las zeolitas cuando están deshidratadas tienen una excesiva carga negativa en su estructura lo que provoca la existencia de una considerable energía de adsorción presente en los sustratos zeolíticos (Hernández *et al.*, 2005). Generando por este medio la atracción suficiente para que ingresen y permanezcan dentro de sus poros y canales los distintos cationes y moléculas presentes en el medio. Por esta propiedad es que las zeolitas son consideradas dentro los más importantes intercambiadores de cationes en la actualidad (Pavelic y Hadzija, 2003). Castro *et al.*, (1990) observaron que la alta capacidad de intercambio catiónico y una marcada preferencia por  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Mg}_2^+$ , hacen a las zeolitas tener un alto potencial para ser utilizado como aditivo alimentario para las diferentes especies animales. Existen diversas especies de zeolitas, dentro de estas la Clinoptilolita, modernita, erionita, son las más utilizadas para diferentes fines, como la industria, agricultura, alimentación animal y acuicultura (Quarles, 1985).

### **Zeolitas en México**

En México se descubrieron en 1972 por Mumpton en un depósito de zeolitas sedimentarias (clinoptilolita y mordenita) en el Valle del río Atoyac, a 15 Km del noroeste de la ciudad de Oaxaca, 3 Km al norte del poblado de ETLA (Ostrooumov, 2002; Olguín, 2005). A partir de este descubrimiento se conoce que existe una gran cantidad de yacimientos de zeolitas naturales en el país. Estos depósitos están constituidos básicamente de zeolitas del tipo mordenita, erionita y clinoptilolita, donde se observa que sobresalen las zeolitas del tipo clinoptilolita, debido a que existen grandes yacimientos de este mineral en distintas zonas de México (Hernández *et al.*, 2005). Los depósitos de zeolitas más estudiados y posiblemente de mayor importancia en México son los de Oaxaca y Sonora. Los datos reportados sugieren el siguiente potencial: Oaxaca, Municipio Laollaga, 15,120,000 t (Clinoptilolita, Mordenita), Sonora, El Cajón, 10,000,000 t (Clinoptilolita), Sonora, Agua Prieta, 3,000,000 t (Erionita) (Ostrooumov, 2002). Otro depósito se encuentra ubicado en la Sierra Madre Occidental en el estado de

Guanajuato, las zeolitas aquí encontradas son principalmente clinoptilolita, heulandita y mordenita (De Pablo-Galán *et al.*, 1996; Olguín, 2005; Yanev *et al.*, 2007). Existen otros depósitos en los estados de San Luis Potosí, 2,708,000 t, principalmente de Clinoptilolita, Guanajuato, Puebla y posiblemente también en Tlaxcala, Veracruz, Guerrero, Michoacán (Ostrooumov, 2002), Baja California, Zacatecas, Chihuahua Y Tamaulipas (Hernández *et al.*, 2005).

### **Usos diversos de zeolita**

Por sus características físicas propias de baja densidad, alta porosidad y homogeneidad, aunado a que su estructura les permite ser cortadas con facilidad lo que contribuyó a que se hayan utilizado con fines de construcción por culturas antiguas como la Zapoteca en México; también en Italia, durante el Imperio Romano se edificaron construcciones donde se utilizó este mineral como cemento. En general en Europa central aún pueden verse numerosas catedrales y edificios públicos contruidos a base de este recurso (Mumpton, 1999).

Se utilizan para reducir la contaminación ambiental creada de aguas residuales industriales y municipales y reducción de la dureza del agua. Las zeolitas adsorbentes (mordenita y clinoptilolita) se usan como desecadores de gases y en la separación de aire (Ostrooumov, 2002), como fertilizante agrícola, captación de radionucleotidos de desechos nucleares y captura de partículas radioactivas (Mumpton, 1999), también mejoran las características de suelos al controlar el PH y el mal olor de los abonos (Olguín, 2005)

### **Uso de zeolita en alimentación animal**

Las propiedades y aplicaciones de las zeolitas naturales son muy amplias y dentro de las más importantes en la alimentación animal, es que al usar este mineral en la ración, se mejora la utilización de los nutrientes, así como los efectos terapéuticos relacionados con el control de problemas entéricos (Castro y Lon-Wo, 1991).

También se le atribuye que son eficaces en la promoción de la ganancia de peso, que pueden actuar mediante la reducción de la absorción de amoníaco producido de la desaminación de proteínas durante los procesos digestivos en el tracto gastrointestinal, o mediante la reducción de la absorción de productos tóxicos de la degradación microbiana intestinal, como el p-cresol de la degradación de tirosina (Shurson *et al.*, 1984). Con respecto a lo anterior McCollum y Galyean (1983) mencionan que en estudios en vivo e in vitro, se ha indicado que las zeolitas son capaces de secuestrar y posteriormente liberar el 15% de los iones de amonio presentes en el inóculo o en el contenido ruminal lo cual favorece a mejor utilización del nitrógeno dietético y a una microflora ruminal más saludable.

En resumen se pueden enumerar las propiedades más importantes de estas moléculas (Castro y Lon-wo, 1991):

- Capacidad de intercambio catiónico.
- Aumento en la tasa de crecimiento.
- Incremento de la eficiencia de la utilización de los nutrientes.
- Prevenir y curar las enfermedades de los órganos digestivos.
- Regulación del consumo voluntario de alimentos.
- Control de los olores indeseables en las instalaciones.
- Prevención de la contaminación y desarrollo de hongos durante el almacenaje de los piensos.

### **Uso de zeolita en la alimentación animal**

Erickson y Klopfenstein (2010), han publicado sobre la posibilidad del uso de la zeolita en las dietas para rumiantes como método para disminuir la excreción de nitrógeno en las heces; lo que significa que la retención del mismo es mayor en el organismo animal, lo que favorecería una mayor deposición de proteína en el cuerpo del rumiante.

Reducen la velocidad de la tasa de pasaje en el tracto gastrointestinal. (Mumpton y Fishman, 1977; Collazos, 2010)

El uso del 5% de zeolitas, en sustitución del pienso total en la alimentación animal, permite incrementar la eficiencia de la utilización de los nutrientes y de forma más marcada cuando se utilizan alimentos con menor valor nutritivo que disminuyan el aporte de nutrientes en la ración (Díaz y Lon-Wo, 1998).

### **Zeolitas en la alimentación de aves**

La adición de cerca de 10% clinoptilolita a la dieta de pollos y cerdos, aumenta la eficiencia del alimento hasta en un 25%. (Mumpton y Fishman, 1977).

Lon-wo *et al.* (1987), mencionan que en pollos de engorda, alimentados con dietas de 0 y 5% de zeolita, desde la primera hasta la octava semana de edad. El comportamiento productivo al inicio, fue similar entre tratamientos, y en la finalización hubo mejor conversión alimenticia ( $p < 0.05$ ) a favor de la inclusión de zeolita (2.38 vs 2.65) que influyó favorablemente en la etapa global de la ceba.

En otro estudio, se compararon tres niveles de inclusión 0, 3, 5% de zeolitas en dietas con un 10% de miel fina. Se obtuvo una conversión de 2.39, 2.25 y 2.31, el peso vivo de 1.741, 1.770, 1.749 g/ave, la ganancia en peso de 1.532, 1.558 y 1.539, por lo tanto la inclusión de 3% de zeolita, mejora el comportamiento productivo (Pérez *et al.* 1988).

En pollos de engorda (Karamanlis *et al.* 2008), realizaron una prueba de comportamiento, donde se encontró que la dieta que contenía zeolita en 2% dentro de la dieta basal mejoró en 3.6% la ganancia de peso en un lapso de 42 días respecto a los pollos alimentados con dieta basal únicamente. Además la zeolita se agregó también a la cama como un tratamiento más, a razón de 2 kg/m<sup>2</sup>, y similarmente los animales en presencia de clinoptilolita ganaron 3.3% más peso al final del periodo de prueba y la concentración de nitrógeno amoniacal en las excretas fue 26% menor para el tratamiento que para el control.

Strakova *et al.* (2008), encontraron diferencia significativa en el peso vivo de pollos de engorda de hembras y machos alimentados con dietas que incluían clinoptilolita a razón de 0.05, 1.5 y 2.5 %, al final de la prueba los pollos en el grupo experimental fueron más pesados en un 5 % para machos y 3 % en hembras.

Quisenberry (1968) observó un aumento en el peso de gallinas ponedoras y también mayor tamaño del huevo comercial en los animales sobre los tratamientos que integraron a la bentonita y caolinita al 5 % de la dieta; además la eficiencia energética fue mejorada en las aves en que estuvo presente la caolinita en la dieta. El autor también reportó diferente respuesta al emplear dos clases de bentonitas, cálcica y sódica, a nivel de 5 %. Encontrando una respuesta favorecida para la producción de huevo comercial en 15 % para la bentonita sódica y 13 % para la bentonita cálcica.

Por su parte Berrios *et al.* (1983), reportaron que fue necesaria menos energía en la dieta para producir cantidades similares de huevo por ave para gallinas ponedoras, los tratamientos incluyeron 2.5, 5 y 10 % de zeolita comparado con las gallinas en el tratamiento control.

### **Zeolitas en la alimentación de cerdos**

En cerdos en un estudio de Castro e Iglesias (1989), utilizaron tres niveles de zeolita (0, 3 y 6%), combinada con dietas tradicionales, se obtuvo que, cuando se incluye el 3 % de zeolita ( $P < 0,05$ ) se obtienen mejores beneficios en ganancia diaria de peso (609, 722, 686) y en la conversión alimenticia (4.7, 3.9, 3.9). Defang y Nikishov (2009), realizaron un estudio en cerdos adicionando clinoptilolita a razón de 0, 3, 4 y 5 % como parte de la dieta alimenticia. Se utilizaron cerdos de 36.5 kg de peso vivo y el periodo de prueba consistió de 135 días. Los resultados mostraron que la inclusión de clinoptilolita a diferentes niveles mejoró significativamente la ganancia diaria de peso, redujo la edad al mercado y mejoró la conversión alimenticia comparada con el control. No se observó diferencia en el peso de órganos internos como corazón, hígado y riñones, ni en la calidad de la carne. Los cerdos que consumieron 3 % de clinoptilolita mejoraron el rendimiento y lo largo de la canal.

### **Uso de las zeolitas para la producción de carne en rumiantes**

McCollum y Galyean (1983), realizaron un experimento, con el objetivo de evaluar los efectos de la Clinoptilolita en la fermentación del rumen, la digestión y el rendimiento del alimento en bovinos de carne, alimentados con dietas altas en

concentrados. Se utilizó una sustitución de tres niveles de zeolitas 0, 1.25 y 2.5% de la dieta de materia seca. No observaron diferencias ( $p > 0.05$ ) en ganancia diaria de peso (0.93, 0.97, 0.98 kg respectivamente), consumo de alimento en materia seca (7.8, 7.8 y 8.1 kg) u orgánica (7.4, 7.3 y 7.4 kg), ni en la eficiencia alimenticia entre los tratamientos. Para la evaluación de la fermentación y la digestión ruminal, se utilizaron cuatro animales canulados en un diseño de cuadrado latino. Los animales fueron alimentados con las dietas anteriores y se le adiciono un tratamiento más, de 5% de clinoptilolita en la dieta. Con los resultados encontrados sugieren que el uso de clinoptilolita en la dieta puede alterar la digestibilidad (48.3, 57.1, 60.4 y 52.8% respectivamente) y la fermentación ruminal, pues los niveles superiores de clinoptilolita en la dieta pueden influir sobre el amoniaco, pH y la digestión ruminal de los componentes de la dieta. Sin embargo mencionan que debería investigarse más a fondo sobre los niveles de adición de las zeolitas en las dietas de rumiantes.

Pond (1984), llevó a cabo un trabajo con 63 borregos alimentados durante 10 semanas con tres dietas a base de: A) maíz (84.85%), B) maíz (82.85%) más harina de pescado (12.5%). C) maíz (71.105%) más pasta de soya (14%) y alfalfa (12.5%). A las dietas se les agregó 0%, 2% de clinoptilolita (zeolita natural) y 2% de zeolita NaA (zeolita sintética). Pond encontró que cuando se adicionó la zeolita a las dietas que contenían harina de carne y pasta de soya, se mejoró en un 11.5% la ganancia media, comparado con las dietas que no tenían zeolita. Los resultados de este experimento se muestran en el cuadro 1.

En otro estudio Stojkovic *et al.* (2012), mencionan que el comportamiento productivo de corderos mejoró en 11.79 % cuando estos recibieron una mezcla mineral que incluía 2.5 % de zeolita, la cual estuvo presente en la dieta por un periodo de 90 días.

Por su parte Coutinho *et al.* (2002), realizaron un estudio para evaluar el comportamiento productivo con 22 terneros de la raza Santa Gertrudis promediando 127 kg. Los tratamientos fueron a base de ensilaje de maíz, más concentrado sin zeolita y ensilaje de maíz, más concentrado con el 2.4 % de

zeolita, no encontraron diferencia estadística en las variables de ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, grasa de pelvis y riñón, ni en conversión alimenticia, para esta última se indicó una disminución para el tratamiento que contenía zeolita. Solo encontraron diferencia estadística en el pH de heces 5.36 vs 5.51 a favor de la inclusión de zeolitas.

### Cuadro 1. Efecto de zeolita en el comportamiento productivo de borregos

Variable	Dieta								
	Maíz			Maíz + HDP			Maíz + PDS		
	SZ	CL	ZA	SZ	CL	ZA	SZ	CL	ZA
GDP, g	202	182	214	262	289	222	251	283	212
CMS,	1.113	1.123	1.130	1.300	1.274	1.246	1.322	1.407	1.239
EFA, g	182	156	189	199	225	179	189	200	161

GDP: ganancia diaria de peso; SZ: sin zeolita; CL: clinoptilolita; ZA: zeolita sintética; HDP: harina de pescado; PDS: pasta de soya.

Además de las aplicaciones antes mencionadas, el utilizar las zeolitas para mejorar la retención de nutrientes, o bien como controlador del pH ruminal, se pueden utilizar para controlar el consumo de alimento (inclusión del 69 al 90%) de suplemento para becerros en pastoreo, ya que la aceptación o palatabilidad de zeolita es pobre. Estos hallazgos, son de interés biológico y económico, ya que puede suministrar permanentemente un suplemento proteico (Delgado *et al.*, 1996).

### Zeolitas en rumiantes

La zeolita natural en la ración de terneras postdestete en cría para producción de leche, no mostró diferencias significativas entre tratamientos en ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia en la conversión alimenticia (cuadro 2). Sin embargo, en el segundo período el tratamiento Zeolita 3% (0.644

kg) tuvo una mayor ganancia ( $P < 0.05$ ) que el Control y Zeolita 5% (Pulido y Fehring, 2004).

**Cuadro 2. Zeolita en la ración de terneras postdestete en cría para producción de leche**

	Tratamientos		
	Testigo	Zeolita 3%	Zeolita 5%
Edad inicial, días	104	114	107
Consumo de alimento, kg MS/día			
0-30 días	2.41	2.45	2.41
31-60 días	3.22	3.19	3.19
0-60 días	2.82	2.82	2.8
Peso vivo, kg			
inicial	89.5	89.4	89.4
30 días	97.8	98.3	98.8
60 días	119.1 <sup>a</sup>	123.7 <sup>b</sup>	120 <sup>a</sup>
Ganancia de peso, kg/día			
0-30 días	0.286	0.321	0.306
31-60 días	0.506 <sup>a</sup>	0.644 <sup>b</sup>	0.507 <sup>a</sup>
0-60 días	0.396	0.482	0.406

<sup>a,b</sup> medias con superíndices distintos en la misma fila difieren significativamente  $P < 0.05$

En otro estudio Reyes *et al.* (2003), estudiaron el efecto de la zeolita y carbonato de calcio como aditivos en la calidad de la leche, utilizaron nueve vacas Holstein comerciales, 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 mezcla de miel fina, harina proteica, sales minerales y vitaminas, grasa vegetal y urea, más 4 % de zeolita y C) 50 % de concentrado y 50 % de mezcla de miel fina, harina proteica, sales

minerales y vitaminas, grasa vegetal y urea, más 4 % de carbonato de calcio. Ellos encontraron que no hubo diferencia en la producción de leche (9.32, 9.35 y 9.01 kg/d/ vaca, para A, B y C, respectivamente). La calidad de la leche sólo se afectó en los animales suplementados con la mezcla de miel enriquecida más carbonato, con respecto al 100 % de concentrado, en grasa ( $P < 0.001$ ), proteína ( $P < 0.05$ ) y sólidos totales ( $P < 0.01$ ), pero no difirió en el resto de los componentes. Asimismo, en los animales suplementados con miel más zeolita en calidad de la leche, no difirió del resto de los tratamientos.

Por su parte, Rivera (2005), realizó un estudio con cuatro ovinos fistulados en rumen de la raza Pelibuey, alimentados con una dieta basal de heno de alfalfa (70%) y concentrado (30 %) a libre acceso, los tratamientos consistieron en cuatro niveles de inclusión de zeolita, 0, 1.5, 3 y 4.5 %, ajustados diariamente al consumo de alimento y dosificados vía intrarruminal; con la finalidad de determinar el efecto de cada nivel sobre el pH, la concentración de nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), acético, propiónico y butírico, sobre la degradación in situ de la materia seca (DISMS), además de la producción de gas in vitro (PGIV) de la materia seca, la desaparición in vitro de la materia seca DIVMS, producción de biomasa microbiana (BM), y el porcentaje de proteína cruda (PC) y proteína verdadera (PV) del contenido ruminal (fase líquida y sólida). Los tratamientos no tuvieron efecto ( $P > 0.05$ ) sobre el pH, la concentración de N-NH<sub>3</sub>, la concentración de AGV, DISMS, la PGIV de la materia seca, la DIVMS, producción de BM y el porcentaje de PC y PV del contenido ruminal, ni en la interacción tratamiento por hora de muestreo ( $P > 0.05$ ), solo tuvieron efecto entre las horas de muestreo ( $P < 0.05$ ). En relación a AGV este parámetro mostró diferencias significativas solo en el ácido propiónico ( $P < 0.05$ ). Con la inclusión de zeolita se tuvieron algunas mejoras en los parámetros ruminales.

## **HIPÓTESIS**

Como resultado de una mayor retención de N de la dieta, y efectos asociativos positivos con otros nutrientes, la adición de zeolita a dietas integrales para la finalización de rumiantes, mejora la respuesta productiva y las características de la canal.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto sobre respuesta productiva y características de la canal de ovinos de pelo alimentados con zeolita natural (clinoptilolita) en dietas de finalización.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Determinar el efecto de la adición de 1.5, 3 y 4.5 % de zeolita natural en la dieta integral de ovinos en la respuesta productiva y características de la canal.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### **Ubicación del sitio experimental**

El trabajo se llevó a cabo en la “Unidad Experimental para Engorda de Pequeños Rumiantes”, y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos, ubicados en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, localizados un km al oriente del km 3.5 por la carretera federal número 15 tramo Culiacán – Mazatlán, en Culiacán, Sinaloa; así como también en el rastro municipal. Geográficamente la ciudad de Culiacán se localiza a 20° 48' latitud Norte y 107° 23' longitud Oeste, a una altura de 60 m sobre el nivel del mar, una temperatura media anual de 24.8 °C, con 33.3 y 16.3 °C como temperaturas máximas y mínimas promedio, y 44.5 y 1.5 grados centígrados de temperatura máximas y mínimas extremas; con 144, 159 y 92 días despejados, medio nublados y nublados al año respectivamente, con una precipitación pluvial promedio anual de 675 mm, con lluvias en verano (julio a septiembre), el clima de la región se clasifica como cálido semiseco (CIAPAN, 2002).

### **Procedimiento Experimental.**

Se utilizaron 40 borregos de pelo machos enteros cruzados de las razas,  $\frac{3}{4}$  Katahdin y  $\frac{1}{4}$  Pelibuey, con un peso vivo promedio de 34.02 Kg para llevar a cabo una prueba de respuesta productiva con duración de 75 días para determinar el efecto de la inclusión de distintos niveles de zeolita natural (0.0, 1.5, 3.0 y 4.5% de Clinoptilolita) sobre la respuesta productiva (consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia) además de las características de la canal. Al inicio del experimento, los animales fueron trasladados a las instalaciones de la Unidad de Engorda Experimental para pequeños rumiantes, identificados individualmente con arete de plástico numerado, pesados para asignarles grupo y fueron desparasitados por vía oral contra parásitos gastrointestinales y pulmonares, además de Fasciola hepática en sus estadios adultos, a razón de 15 mg de albendazol/kg de peso (Valbovino<sup>MR</sup>; Novartis). Los animales fueron previamente

vacunados en el lugar de origen. El periodo de adaptación tuvo una duración de 15 días aproximadamente durante este periodo fueron alimentados con una dieta basal, con 16.05% PC y 1.96 ENm Mcal/kg, se ajustaron comederos y se registró el consumo y comportamiento de los animales. Con base a su peso y de acuerdo a un diseño en bloques completos al azar, los animales se dividieron de la siguiente manera: en 20 grupos de dos borregos cada uno y alojados en una de 20 corraletas experimentales (2x 3m), con piso de tierra, provistos con comederos con 5 bocas con separadores y con espacio de 20cm entre cada boca, y bebederos de plástico de llenado manual y completamente sombreados. Diariamente se monitoreó el consumo de agua mediante una regleta graduada (aforada en litros) y la temperatura ambiental en grados centígrados.

### **Asignación de tratamientos**

A los 40 animales, se les asignó al azar durante 75 días a consumir a libre acceso una de las 4 dietas experimentales en que consistieron los tratamiento (ver cuadro 3.) de la siguiente manera: 1) Dieta control: 0% zeolita; 2) 1.5% de zeolita en la dieta; 3) 3.0% de zeolita en la dieta. 4) 4.5% de zeolita en la dieta. La composición mineral de la zeolita se describe en el (cuadro 4).

El alimento se ofreció en dos horarios, 8:00 y 14:30 h en cantidad equivalente al 3.0 % de su peso vivo inicial, dicha cantidad se ajustó gradualmente con base al sobrante o faltante de alimento existente al día siguiente de ser servido. El ajuste se realizaba en una proporción de 5 % del consumo del día anterior, y se ofrecía el alimento en un 40:60 por la mañana y tarde respectivamente. Se recolectaron diariamente muestras de alimento y se depositaron en un recipiente de plástico debidamente rotulado, para formar una muestra representativa a la cual se le determinó el contenido de materia seca. (AOAC, 1988).

### **Determinación del consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia.**

El consumo de alimento promedio por animal por día se expresó en kg de materia seca; para determinarlo, se consideró la cantidad de alimento servido en comedero menos el alimento rechazado al día siguiente. Se sumó la cantidad consumida del día uno al día 28 de la prueba, luego se dividió entre 28 días, y luego entre dos, que es la cantidad de animales alojados en la misma corraleta; para el periodo de 29 a 56 días y del 57 al día 74, se repitió el procedimiento ya descrito.

### **Pesajes**

Para determinar la ganancia diaria de peso promedio por periodo, los ovinos se pesaron al inicio del experimento y posteriormente a los días 28, 56 y 74. En cada corraleta, al peso inicial se le restó el peso final y luego se dividió entre los 28 días de duración de cada periodo.

**Cuadro 3. Ingredientes y composición de las dietas experimentales.**

Concepto	Nivel de Zeolita, % de MS			
	0	1.5	3.0	4.5
Composición del ingrediente % base material seca				
Heno de Sudán	9	9	9	9
Maíz quebrado	60.50	59.75	59.00	58.25
Pasta de soya	16.00	15.25	14.50	13.75
Zeolita (clinoptilolita)	0.00	1.5	3.00	4.5
Grasa animal	2.00	2.00	2.00	2.00
Premezcla vitaminas y minerales	2.50	2.50	2.50	2.50
Melaza de caña	10.00	10.00	10.00	10.00
TOTAL	100 %	100%	100%	100%
Concentración de EN, Mcal/kg de MS <sup>3</sup>				
ED, Mcal/kg	3.65	3.59	3.53	3.46
EM, Mcal/kg	3.01	2.96	2.91	2.85
EN <sub>m</sub> , Mcal/kg	2.05	2.01	1.98	1.94
EN <sub>g</sub> , Mcal/kg	1.38	1.35	1.32	1.29
EE, %	5.27	5.22	5.17	5.11
Aporte nutrimental, % de MS <sup>4</sup>				
Proteína Cruda	16.48	16.00	15.53	15.05
Cenizas	6.88	8.42	9.96	11.49
Calcio	0.95	0.96	0.97	0.98
Fósforo	0.38	0.38	0.38	0.38

<sup>1</sup> Clinoptilolita cálcica al 92% (Zeo-Sil, Grupo TCDN, Puebla, Puebla).

<sup>2</sup> Contenido de sales minerales trazas: CoSO<sub>4</sub>, 0.068%; CuSO<sub>4</sub>, 1.04%; FeSO<sub>4</sub>, 3.57%; ZnO, 1.24%; MnSO<sub>4</sub>, 1.07%, KI 0.052%; and NaCl, 92.96%.

<sup>3</sup> Energía Neta (EN) se calculará en base a los valores tabulares del NRC para cada ingrediente alimenticio (NRC, 2000) con la excepción de la grasa suplementada, a la cual fue asignada EN<sub>m</sub> y EN<sub>g</sub> valores de 6.03 y 4.79, respectivamente (Zinn, 1988).

<sup>4</sup> La composición de la dieta será determinada por análisis de submuestras colectadas y reunidas durante todo el experimento. La precisión se asegurará por la replicación adecuada con aceptación de los valores de las medias que estén dentro del 5% una de las otras

#### Cuadro 4. Composición química de la zeolita (clinoptilolita)

Elemento	Contenido, %
SiO <sub>2</sub>	64.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.92
CaO	1.25
MgO	0.980
K <sub>2</sub> O	2.67
Na <sub>2</sub> O	0.83
Ag	2 ppm
PPC	11.81

#### Características de la canal de ovinos

Al finalizar la prueba de comportamiento productivo, los 40 borregos fueron trasladados desde la Unidad Experimental para Engorda de Pequeños Rumiantes de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa al rastro municipal de Culiacán Sinaloa, ubicado en la sindicatura de Costa Rica perteneciente a dicho municipio, el cual se realizó a las 16.00 horas aproximadamente basándose en la NORMA Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995, Trato humanitario en la movilización de animales. Una vez en rastro los animales fueron alojados en corral de espera durante 16 horas previas al sacrificio, provistos con agua fresca con minerales en el agua de bebida a libre acceso como lo indica la NORMA Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1995, que establece que los animales deberán permanecer en los corrales de descanso durante un periodo de 24 a 72 horas; este lapso se podrá disminuir a la mitad cuando la distancia sea menor a 50 km. y sin alimento. Una vez transcurridas 16 horas de descanso se obtuvo el peso previo al sacrificio y se procedió al

sacrificio mediante degüello y se sometieron al proceso de eviscerado, con el propósito de obtener las características de: peso de la canal caliente (sin vísceras y sin cabeza); expresado en Kg, rendimiento de la canal caliente expresado en %. Con previa refrigeración durante 24 horas a una temperatura en cuarto frío de 2° C; se evaluaron en la Sala Para Cortes de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa las siguientes características: peso de la canal fría expresado en kg, rendimiento de la canal fría expresado en %, área del ojo de la costilla en cm<sup>2</sup> mediante una plantilla oficial del servicio de clasificación de canales de los Estados Unidos de América (USDA), espesor de grasa dorsal medido a la altura de la 11 y 12° costilla, con un vernier y expresado en mm, grasa en riñón pelvis y corazón medidas en gramos. Se considerará el promedio de los animales alojados en cada corraleta (2) como una réplica.

### **Análisis estadístico**

A los resultados obtenidos sobre respuesta productiva, características de la canal y los cortes primarios, al igual que al resto de las variables a medir se les aplicará análisis de varianza para un diseño de bloques completos al azar (Martínez, 1988), con 4 tratamientos de inclusión de clinoptilolita (zeolita) (0.0, 1.5, 3.0, y 4.5 % de la dieta) y 5 réplicas (corraletas) por tratamiento; siendo el criterio de bloqueo el peso vivo inicial, fijando un nivel de  $\alpha$  máximo de 0.05 para aceptar diferencia estadística entre los tratamientos.

El modelo matemático (Martínez, 1988) fue:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Y = es la variable de respuesta.

$\mu$  = el promedio general.

$B_i$  = el efecto de (bloque).

$T_j$  = el efecto del j-ésimo tratamiento.

$E_{ij}$  = el error experimental.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la prueba de respuesta productiva de ovinos finalizados en corral con distintos niveles de inclusión de zeolitas se muestran en el cuadro 5. Donde se muestra que no hubo efecto significativo en ninguna variable.

**Cuadro 5. Respuesta productiva de ovinos finalizados con distintos niveles de zeolita**

Variable	Nivel de inclusión de zeolita				EEM	P=
	0	1.5	3.0	4.5		
PI, kg	33.38	34.16	33.82	33.68	0.372	0.74
PF, kg	54.18	54.46	55.58	54.20	1.401	0.85
GDP, kg	0.278	0.271	0.290	0.268	0.014	0.64
CMS, kg	1.440	1.425	1.406	1.410	0.073	0.74
EA	0.194	0.192	0.207	0.190	0.008	0.54

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Coutinho *et al.* (2002), quienes evaluaron dos dietas una sin zeolita y otra a dosis de 2.4 % en concentrado en terneros de engorda donde para las variables de ganancia diaria de peso, consumo de materia seca, conversión alimenticia no encontraron diferencia significativa entre tratamientos. Por otra parte no concuerdan con los resultados de (Castro e Iglesias 1989) donde se evaluaron dosis de zeolitas en cerdos y mostro mejores respuestas en peso final con cerdos alimentados con un 3% de zeolita. La variable de ganancia diaria de peso, estos resultados de la misma manera, difieren con lo encontrado por Strakova *et al.* (2008), donde encontraron diferencia significativa en el peso vivo final de pollos de engorda, aumentando 5 % para machos y 3 % en hembras. (Pond, 1984) encontró una respuesta del 11.5% favorable para ovinos alimentados con zeolitas sin embargo para el actual experimento no hubo efecto significativo  $P=.5041$ . ni para la variable consumo de materia seca  $P=.0762$ . Los resultados mostrados en el presente

estudio también difieren de lo encontrado por Stojkovic *et al.* (2012), ellos encontraron una mejoría en el comportamiento productivo de corderos hasta en un 11.79 % cuando estos recibieron una mezcla mineral que incluía 2.5 % de zeolita.

**Cuadro 6. Características de la canal de ovinos finalizados con diferentes niveles de zeolita**

Variable	Nivel de inclusión de zeolita				EEM	P=
	0	1.5	3.0	4.5		
PVS, kg	51.44	51.57	51.93	50.97	1.10	.0165
PCC, kg	33.02	32.60	33.12	31.80	1.14	0.89
RCC, %	64.29	63.22	63.34	63.78	0.99	0.40
PCF, kg	32.66	32.23	32.72	31.47	1.12	0.89
RCF, %	63.45	62.36	62.404	63.246	.39	0.76
AOC, cm <sup>2</sup>	20.63	20.33	21.76	21.00	0.68	0.10
EGD, mm	3.688	3.463	3.159	3.429	0.20	0.32
GRP, g	719.4	787.2	743.6	1159.8	120.55	0.67

Los resultados para las características de la canal se muestran en el cuadro 6, se observa que hay efecto significativo  $P=.0165$  en la variable de peso previo al sacrificio, esto podría deberse al vaciado del tracto gastrointestinal debido a las horas que pasaron en ayuno los ovinos previo a ser medida esta variable. No se observa diferencia estadística en ninguna otra variable, lo cual nos indica que al incluir zeolitas en la dieta se podrían sustituir parcialmente maíz y pasta de soya hasta un 4.5% y no afecta la respuesta productiva ni las características de la canal, estos resultados difieren con lo encontrado por (Sadeghi y Shawrang 2006) donde evaluaron el efecto de zeolitas naturales en novillos en una dieta que contenía urea y mostró disminución del peso de la canal caliente de 12 kg en

comparación con los toretes alimentados con la dieta que no contenía zeolita  $P=0.05$ , de la misma manera el peso de la grasa de riñón, pelvis y corazón fue menor 9.1kg contra 9.6kg en toretes alimentados con zeolita con respecto a la dieta control. Para la variable de espesor de grasa dorsal estos autores no encontraron diferencia significativa entre tratamientos, lo que coincide con lo reportado en este estudio.

## **CONCLUSIÓN**

En base a los resultados obtenidos en el presente experimento se puede concluir que administrar zeolitas hasta en un 4.5 % en sustitución parcial de maíz y pasta de soya, no afecta la respuesta productiva, ni las características de la canal, con un nivel de alfa de 0.05, se recomienda en un futuro realizar otros estudios para evaluar el efecto de la adición de este mineral, ya que los resultados obtenidos en este experimento difieren de los obtenidos por otros autores.

## LITERATURA CITADA

- AOAC (2000) 'Official Methods of Analysis (17th edn).' (Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC).
- Beermann, D. H. 2009. ASAS Centennial paper: a century of pionners and progress in meat science in the United States leads to new frontiers. *J. Anim. Sci.* 87:1192-1198.
- Berrios, I., Castro, M., Cárdenas, M. 1983. Inclusión de zeolita en los piensos para gallinas ponedoras alimentadas ad libitum. *Revista Cubana De Ciencia Agrícola* 1983, 17:157.
- Bosch, P. y Schifter, I. 1988. La zeolita una piedra que hierve. SEP. Fondo de cultura económica. Primera edición. México, D.F. pp. 82.
- Castaing, J. 1998. Uso de las arcillas en alimentación animal. XIV curso de especialización. Avances en nutrición y alimentación animal. FEDNA.
- Castro, M. e Iglesias, M. 1989. Efecto de la zeolita en dietas tradicionales para cerdos en ceba. *Revista Cubana De Ciencia Agrícola* 1989, 23:273.
- Castro, M., Lon-Wo, E., García-Lopez, E. R., Galindez J., y Zaldivar. M. U. 1990. Las zeolitas naturales cubanas en la produccion animal. Seminario Científico Internacional, XXV Aniversário, Instituto de Ciencia Animal, 24 a 26 de outubro de 1990. Habana, Cuba.
- Castro, M., Lon-wo, E. 1991. Las zeolitas naturales cubanas. Sus aplicaciones en cerdos y aves. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 25:213.
- CIAPAN. 2002. Guía para la asistencia técnica del valle de Culiacán. INIFAP. Culiacán, Sinaloa, México. Pp. 97.
- Collazos, G. H. 2010. La aplicación de zeolita en la producción avícola: Revisión. *Rev. de Investigación Agraria y Ambiental* 1(1):17-23.
- Coutinho Filho, J. V. L., Henrique, W., Peres, R. M., Justo, C. L., de Siqueira, P. A., Coser, P. S., 2002 efeito da zeolita na engorda de bovinos em confinamento. Instituto de Zootecnia, APTA. São José do Rio Preto, SP. Brasil. 2002.
- De Pablo-Galán, L. M., Chávez-García, L., y Cruz-Sánchez, M. 1996. Sedimentary Zeolites in the Sierra Madre del sur and Sierra Madre Occidental, México.

- Instituto de geología Revista Mexicana de ciencias Geológicas. 13:2. 188-200.México, DF.
- Defang, H. F y A. A. Nikishov. 2009. Effect of dietary inclusion of zeolite on performance and carcass quality of grower-finisher pigs. *Livestock Research for Rural Development* 21 (6)
- Delgado, A., Molina, A. y Leon, L. 1996. Zeolita como reguladora del consumo de proteína natural en añojo alimentados con forraje y suplementados con miel – urea. *Rev cubana. Cienc. agríc.* 25:42.
- Díaz, C. P. y Lon Wo, E. 1998. Uso de la caña de azúcar en la alimentación de cerdos y aves en Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 1998, 32:107.
- Dschaak, C. M., Eun, J. S., A. J. Young, A. J., Stott, R. D., Peterson, S. 2010. Effects of Supplementation of Natural Zeolite on Intake, Digestion, Ruminal Fermentation, and Lactational Performance of Dairy Cows. *Professional Animal Scientist* November 2010 vol. 26 no. 6 647-654.
- Dschaak, C. M. 2012. Use of Rumen Modifiers to Manipulate Ruminal Fermentation and Improve Nutrient Utilization and Lactational Performance of Dairy Cows. *All Graduate Theses and Dissertations*.Utah State University.Paper 1238.
- Erickson, G. y Klopfenstein, T. 2010. Nutritional and management methods to decrease nitrogen losses from beef feedlots. *J Anim. Sci.* 2010.88:E172-E180.
- Etherton, T. D. 2009. ASAS Centennial paper: animal growth and development research historical perspectives. *J. Anim. Sci.* 87:3060-3064.
- Filippidis, A., Godelitsas, A., Charistos, D., Misaelides, P., Kassoli-Fournaraki, A. *Appl. Clay Sci.* 11 (1996) 199.
- Galindo, J. 1988. Efecto de la zeolita en la población de bacterias celulolíticas y su actividad en vacas que consumen ensilaje. Tesis de Doctorado, ISCAH (ICA). La Habana, Cuba.

- García, L. R., Elías, A., Menchaca, M, A. 1992. Uso de zeolitas en vacas lecheras. Efecto en la producción de leche. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. 1992, 26:133.
- Hernández, M. A., Rojas, F., Corona, I., Lara, V. H., Portillo, R., Salgado, M. A., Petranoskii, V. 2005. Evaluación de la porosidad de zeolitas naturales por medio de curvas diferenciales de adsorción. Revista internacional de contaminación ambiental vol. 21, No 2.
- Karamanlis, P., Fortomaris, P., Arsenos, G., Dosis, I., Papaioannou, D., Batzios, C., Kamarianos, A. 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
- Lara, P.S.J. 2008. Engorda de corderos a base de granos, altas en energía. Sistema Producto Ovino. Disponible en: [www.asmexcriadoresdeovinos.org/sistema/pdf](http://www.asmexcriadoresdeovinos.org/sistema/pdf)
- Lon-Wo, E., Pérez, F. y Gonzales, J. L. 1987. Inclusión de 5% de zeolita (Clinoptilolita) en dietas para pollos de ceba en condiciones de producción. Revista Cubana Ciencia Agrícola. 1987, 21: 169.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños Experimentales: Métodos y Elementos de Teoría. Edit. Trillas. D. F., México.
- Matthews, J. O., Southern, L. L. y Bidner, T. D. 1999. Effect of a hydrated sodium calcium aluminosilicate on growth performance and carcass traits of pigs. The Professional Animal Scientist 15:196-200.
- McCollum, F.T. y Galyean M.L. 1983. Effects of Clinoptilolite on rumen fermentation, digestion and feedlot performance in beef steers fed high concentrate diets. J. Anim. Sci. 56:517.
- Mumpton, F. A. 1999. La Roca Mágica: Uses of Natural Zeolites in Agriculture and Industry. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 96, pp. 3463-3470.
- Mumpton, F. A. y Fishman, P. H. 1977. The Application of Natural Zeolites in Animal Science and Aquaculture. Journal of Animal Science. 45:1188-1203.
- Olguín, M. T. 2005. Zeolitas Características y Propiedades. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Depto. de Química.

- Ostrooumov, M. 2002. Zeolitas de México: diversidad mineralógica y aplicaciones. Universidad michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Papaioannou, D., Katsoulos, P. D., Panousis, N., Karatzias, H. 2005. The role of natural and synthetic zeolites as feed additives on the prevention and/or the treatment of certain farm animal diseases: A review. Clinic of Productive Animal Medicine, School of Veterinary Medicine, Aristotle University of Thessaloniki, 541 24 Thessaloniki, Greece 2005.
- Pavelic, K. y Hadzija, M. 2003. Medical Applications of Zeolites: In Handbook of Zeolite Science and Technology. Edit. Scott M. Auerbach, Katena Carrado y Prabirk Dutta. New York. Pp. 1141.
- Pérez, P., Fraga, L. M., Bofill, M. C., Pérez, N. 1988. Adición de zeolitas en las dietas con miel fina para pollos de engorde. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 1988, 22:179.
- Pond, G. W. 1984. Response of Growing Lambs to Clinoptilolite or Zeolite NaA Added to Corn, Corn-Fish Meal and Corn-Soybean Meal Diets. Journal of Animal Science J. Anim Sci. 1984. 59:1320-1328.
- Pulido, R. G. y Fehring, A. 2004. Efecto de la adición de una Zeolita natural sobre la respuesta productiva de terneras de lechería, postdestete. Archivos de Medicina Veterinaria v.36 n.2 Valdivia.
- Quarles, C. L. 1985. Zeolites: a new ingredient may cut calories needed to produce poultry, red meat. Feedstuffs, p. 35.
- Quisenberry, J. H. 1968 .The use of clay in poultry feed. Clays and Clay Minerals. 16: 267-270..
- Reyes, J. J., García R., Rey Sara. 2003. Utilización de la zeolita y el carbonato de calcio (CO<sub>3</sub>Ca), como aditivos en las mezclas de mieles de caña de azúcar, enriquecidas con aceite vegetal y harina proteica para vacas lecheras en pastoreo. Revista Cubana Ciencia Agrícola 2003 tomo 37, No 4, pp 375 a 380.
- Rivera, M. T. 2005 La zeolita en la alimentación de ovinos: parámetros ruminales y la producción de gas *in vitro*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Universidad Autónoma de Chihuahua.

- Sadeghi, A., Shawrang, P. (2006). The effect of natural zeolite on nutrient digestibility, carcass traits and performance of Holstein steers given a diet containing urea. *Animal Science*, 82, pp 163-167 doi:10.1079/ASC200524.
- Shurson, G. C., Ku, P. K., Miller, E. R., Yokoyama, M. T. 1984. Effects of Zeolite a or Clinoptilolite in Diets of Growing Swine. *J Anim Sci* 1984. 59:1536-1545.
- SIAP. 2012. Sistema de información agropecuaria y pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Análisis estadístico de la producción agrícola. <http://www.siap.gob.mx>. Acceso: 18 de septiembre de 2012.
- Stojkovic, J., Ilic, Z., Ciric, S., Ristanovic, B., Petrovic, M., P., Caro Petrovic, V. y Kurcubic, V. 2012. Efficiency of Zeolite Basis Preparation in Fattening Lambs Diet. *Biotechnology in Animal Husbandry*. 28 (3) 545-552.
- Strakova, E., R. Pospisil, P. Suchy, L. Steinhauser e I. Herzig. 2008. Administration of Clinoptilolite to Brioler Chickens During Growth and its Effect on the Growth Rate and Bone Metabolism indicators. *Acta Vet. BRNO*. 77:199-207.
- Yanev, Y., Popov, N., Iliiev, T. y Popova, T. 2007. Zeolitized Pyroclastic Rocks from Oaxaca (Southern México): Mineralogy, Ion-Exchange Properties, and Use. *Geochemistry, Mineralogy and Petrology*. 45, 29-38.
- Zinn, R.A., 1988. Comparative feeding value of supplemental fat in finishing diets for feedlot steers supplemented with and without monensin. *J. Anim. Sci*. 66, 213-227.