

## Influencia de la sustitución parcial del maíz y de la pasta de soja por zeolita en ovinos en etapa de finalización: Características de la canal, composición tisular y masa visceral

Coronel-Burgos, F.<sup>1</sup>; Plascencia, A.<sup>2@</sup>; Castro-Pérez, B.I.<sup>1</sup>; Contreras-Pérez, G.<sup>1</sup>; Barreras, A.<sup>2</sup> y Estrada-Angulo, A.<sup>1@</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

<sup>2</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. México.

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de diferentes niveles (0, 1,5, 3 y 4,5%) de zeolita en sustitución parcial de maíz quebrado y de pasta de soja de una dieta de finalización formulada en base de maíz quebrado (16,51% proteína bruta y 1,39 Mcal/kg ENg) sobre las características de la canal, composición tisular y masa visceral de ovinos de pelo. La cantidad total de zeolita incluida en cada tratamiento sustituyó al maíz y a la pasta de soja en partes iguales por lo que con cada nivel de sustitución del maíz y de pasta de soja se disminuyó la concentración de proteína bruta (PB) en 0,11 puntos porcentuales y la energía neta en 0,03 Mcal/kg. La fase de alimentación se llevó a cabo con 40 ovinos machos  $\frac{3}{4}$  Kathadin  $\times$   $\frac{1}{4}$  Pelibuey (peso inicial =  $32,28 \pm 2,34$  kg) asignados a 20 corraletas (2 ovinos/corraleta, 5 corrales/tratamiento) alimentándose durante 75 días con alguno de los 4 tratamientos hasta su sacrificio. La inclusión de zeolita no afectó las características de la canal aunque tendió a aumentar linealmente ( $p=0,10$ ) el área del ojo de la costilla. La zeolita aumentó linealmente ( $p \leq 0,04$ ) la cantidad y proporción de músculo y disminuyó ( $p=0,02$ ) la cantidad y proporción de grasa en la paleta aumentando (componente lineal,  $p=0,02$ ) la proporción músculo:grasa. En proporción relativa a la media canal, el peso del cuarto delantero tendió ( $p=0,08$ ) a incrementarse, mientras que el peso del cuarto trasero tendió ( $p=0,08$ ) a disminuir con la inclusión de zeolita. La inclusión de zeolita tendió (componente lineal,  $p=0,08$ ) a incrementar el peso (g/kg del peso corporal vacío) de los intestinos. Como resultado de una disminución lineal de la grasa mesentérica ( $p < 0,01$ ) y omental ( $p=0,03$ ) por la inclusión de zeolita en la dieta, la grasa visceral tendió ( $p=0,07$ ) a disminuir a medida que el nivel de zeolita se incrementó en la dieta. Los cambios en la concentración de PB y de energía de la dieta como resultado de la sustitución parcial de la pasta de soja por zeolita no afectaron negativamente el rendimiento de la canal o los cortes primarios. Niveles de hasta un 4,5% de inclusión de zeolita a la dieta favorecieron una mayor deposición muscular y una disminución de la grasa tisular y visceral en corderos alimentados con dietas de finalización.

### Influence of partially replacement of corn and soybean meal by zeolite for finishing feedlot lambs: carcass traits, tissue composition and visceral mass

### SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the effect of different supplemental levels (0, 1.5, 3 and 4.5%) of zeolite in partial substitution of dry rolled corn and soybean meal in a finishing diet formulated on dry-rolled corn basis (16.51% CP and 1.39 Mcal/kg NEg) on carcass characteristics, tissue composition and visceral organ mass in hairy lambs. Total quantity of zeolite included replaces corn and soybean meal in equal parts, so that, for each level of which corn and soybean meal were substituted, CP concentration decreased 0.11 percentage points and net energy decreased 0.03 Mcal NEg/kg. Feeding phase was performed with 40 lambs  $\frac{3}{4}$  Kathadin  $\times$   $\frac{1}{4}$  Pelibuey (initial weight =  $32.28 \pm 2.34$  kg) which were assigned to 20 pens (2 lambs/pen, 5 pens/treatment) and were feeding for 75 days with one of the four treatments. Zeolite inclusion did not affect carcass characteristics, but tended to linearly increase ( $p=0.10$ ) LM area. Zeolite inclusion linearly increased ( $p \leq 0.04$ ) the quantity and the proportion of muscle, and decreased ( $p=0.02$ ) the quantity and the proportion of fat in shoulder, thus increasing (linear component,  $p=0.02$ ) the muscle:fat ratio. In proportion to the half carcass, the weight of forequarter tended ( $p=0.08$ ) to increase, while the weight of hindquarter tended ( $p=0.08$ ) to decrease with zeolite inclusion. Zeolite inclusion tended (linear component,  $p=0.08$ ) to increase the weight (as g/kg of EBW) of intestines. As result of a linearly decreases of mesenteric ( $P < 0.01$ ) and omental ( $p=0.03$ ) fat with zeolite inclusion, visceral fat tended ( $p=0.07$ ) to decrease as zeolite inclusion was increasing in diet. Changes of protein and energy concentration in diet as result of partial substitution of corn and soybean meal by zeolite did not negatively affect carcass yield nor primary cuts. Levels up to 4.5% of zeolite inclusion to diets favors greater muscle deposition, lower visceral fat and lower fat tissue composition in lambs fed with finishing diets.

### PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Borregos de pelo.  
Clipnotilolita.  
Características cárnicas.  
Componentes no cárnicos.

### ADDITIONAL KEYWORDS

Hairy sheep.  
Zeolite.  
Carcass traits.  
Tissue composition.  
Visceral mass.

### INFORMATION

Cronología del artículo.  
Recibido/Received: 26.08.2016  
Aceptado/Accepted: 03.01.2017  
On-line: 15.04.2017  
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:  
[alejandro.plascencia@uabc.edu.mx](mailto:alejandro.plascencia@uabc.edu.mx)  
[red\\_vet@hotmail.com](mailto:red_vet@hotmail.com)

## INTRODUCCIÓN

Las zeolitas son minerales de origen volcánico que por su estructura física y molecular tiene propiedades provechosas para la agricultura y la ganadería (Mumpton y Fishman, 1977; Mumpton, 1999). Generalmente, la inclusión de zeolitas a la dieta es del orden del 1 al 5% (Cole *et al.*, 2007; Ghaemnia *et al.*, 2010) y ésta se realiza sustituyendo a ingredientes tales como el maíz y la pasta de soja. Ciertos estudios informan que la disminución de la concentración de energía o PB en sustitución de los ingredientes por la zeolita no modificó la eficiencia en la ganancia atribuyendo efectos positivos en la utilización de nutrimentos en rumiantes suplementados con zeolitas (Pond, 1984; Ghaemnia *et al.*, 2010). Estudios iniciales (McCollum y Galyean, 1983) informaron de incrementos en la proporción de propionato y disminuciones en la proporción de acetato a nivel ruminal en bovinos consumiendo dietas de finalización suplementadas con zeolitas. Este resultado fue confirmado más recientemente (Urías-Estrada *et al.*, 2015) cuando a novillos suplementados con 3% de zeolita mostraron un aumento de 3,3% en la digestión ruminal del almidón reflejándose en una disminución de 7,6% en la proporción de acetato y un incremento de 15,5% en la proporción de propionato a nivel ruminal. Estos cambios en la fermentación ruminal aunado a la dilución natural de la energía de la dieta por la sustitución de ingredientes como el maíz o la pasta de soja por las zeolitas podría tener efectos en la partición de la energía destinada a la deposición de músculo y grasa en ganado consumiendo dietas altas en energía. Al respecto, existe una información muy limitada de la influencia de la zeolita en las características de la canal, composición tisular y la masa visceral de rumiantes alimentados con dietas de finalización. Por lo anterior, el objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la adición de diferentes niveles de una zeolita natural (clinoptilolita) en sustitución parcial de ingredientes convencionales de la dieta (maíz y pasta de soja) sobre las características de la canal, composición tisular y masa visceral de ovinos de pelo alimentados con dietas de finalización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en la *Unidad Experimental para Engorda de Pequeños Rumiantes* ubicado en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicado en el Culiacán, México (24°46'13" N and 107°21' 14"W) situado a 55 m sobre el nivel del mar y con clima tropical.

Todos los procedimientos de manejo de animales se realizaron dentro de las pautas de técnicas aprobadas nacionalmente para el uso y cuidado de animales (NOM-051-ZOO-1995: para el cuidado humanitario de los animales durante la movilización de animales; NOM-062-ZOO-1995: Especificaciones técnicas para el cuidado y uso de animales de laboratorio granjas de ganado, granjas, centros de producción, reproducción y cría, zoológicos y sala de exposiciones, deben cumplir con los principios básicos de bienestar de los animales;

NOM-024-ZOO-1995: estipulaciones de salud animal y características durante el transporte de animales).

Para valorar el efecto de la suplementación de zeolita sobre las características de la canal, la composición tisular y la masa visceral de corderos alimentados con dietas de finalización se utilizaron 40 ovinos machos enteros cruzados de las razas  $\frac{3}{4}$  Kathadin  $\times$   $\frac{1}{4}$  Pelibuey (peso vivo promedio = 32,28 $\pm$ 2,34 kg) en una prueba de alimentación con duración de 75 días. Los corderos se asignaron a uno de 5 bloques (grupos) de peso distribuyéndose en 20 corraletas (2 corderos/corraleta, 5 repeticiones por tratamiento) de 2 $\times$ 3 m completamente sombreadas con bebedero automático y comedero en línea. Los tratamientos consistieron en adicionar a una dieta de finalización formulada en base a maíz quebrado cuatro niveles de zeolita (**tabla I**) sustituyendo parcialmente al maíz y a la pasta de soja de la siguiente manera: 1) Dieta testigo, sin zeolita, 2) 1,5% de zeolita sustituyendo 0,75% de maíz y 0,75% de pasta de soja, 3) 3% de zeolita sustituyendo 1,5% de maíz y 1,5% de pasta de soja y 4) 4,5% de zeolita sustituyendo 2,25% de maíz y 2,25% de pasta de soja. La fuente de zeolita utilizada fue clinoptilolita cálcica (ZEO-SIL; Grupo TCDN, Puebla, México). Los corderos tuvieron acceso libre a agua y a las dietas experimentales durante los 75 días.

Una vez finalizada la fase de engorda, todos los corderos fueron sacrificados en el mismo día siguiendo las especificaciones del sacrificio humanitario para animales domésticos y silvestres (NOM-033-ZOO-1995). Los órganos gastrointestinales se separaron, se vaciaron y tanto los órganos como el contenido se pesaron. Las canales (con la grasa de la pelvis renal y la grasa del corazón incluido) se enfriaron de -2 °C a 1 °C durante 48 h, después se obtuvieron las siguientes medidas: 1) el espesor de grasa perpendicular al *m. longissimus* del tórax (ML), medido en el centro del ojo de la costilla entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla; 2) El área de superficie del ML fue medida utilizando una cuadrícula posicionada en la sección transversal del ojo de la costilla entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla, y 3) para determinar la cantidad de grasa pélvica-renal-cardíaca, ésta se retiró manualmente de la canal pesándose posteriormente, el peso se expresó como un porcentaje del peso de la canal fría (USDA, 1982). Cada canal se dividió a lo largo de las vértebras en dos mitades cortándose el costillar a este nivel. Las paletas se obtuvieron a partir del cuarto delantero mediante el corte estandarizado (IMPS 200) de acuerdo al procedimiento de USDA (1982). Se registró el peso de las paletas y la composición tisular se evaluó mediante la disección física siguiendo el procedimiento de Luaces *et al.* (2008).

Todos los pesos de los tejidos de los órganos viscerales se registraron en una base de tejido fresco ya que informes anteriores sugieren que hay muy poca variación entre peso fresco y seco de los órganos viscerales (Neville *et al.*, 2008). La masa de órganos se expresó como gramos de tejido fresco por kilogramo del peso corporal vacío (PCV). El peso corporal vacío representa el peso vivo al sacrificio menos el peso total de la digesta contenida en el tracto gastrointestinal. La masa visceral completa se calculó mediante la suma de todos los componentes viscerales (complejo de estó-

**Tabla I. Ingredientes y composición química de las dietas utilizadas** (Ingredients and chemical composition of experimental diets).

Concepto	Nivel de zeolita, % MS			
	0	1,5	3,0	4,5
Composición del ingrediente, % MS				
Maíz quebrado	60,50	59,75	59,00	58,25
Pasta de soja	16,00	15,25	14,50	13,75
Heno de Sudán	9,00	9,00	9,00	9,00
Zeolita (Clinoptilolita)*	0,00	1,50	3,00	4,50
Grasa animal	2,00	2,00	2,00	2,00
Sal mineralizada†	2,50	2,50	2,50	2,50
Melaza de caña	10,00	10,00	10,00	10,00
Concentración de energía, Mcal/kg de MS‡				
EN <sub>m</sub> , Mcal/kg	2,04	2,01	1,98	1,95
EN <sub>g</sub> , Mcal/kg	1,39	1,37	1,35	1,33
Composición de nutrientes, % MS‡				
Proteína bruta	16,51	16,11	15,71	15,30
Extracto etéreo	5,27	5,22	5,17	5,11
Fibra detergente neutra	14,85	14,66	14,47	14,27
Cenizas	6,88	8,42	9,96	11,49

\*Clinoptilolita cálcica (Zeo-Sil, Grupo TCDN, Puebla, Puebla); †contenido mineral: 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% y NaCl, 92,96%; ‡calculada a través de los valores tabulares expresados en el NRC (2007); la composición de la dieta fue determinada por análisis de submuestras colectadas y reunidas durante todo el experimento.

magro + intestino delgado + intestino grueso + hígado + pulmones + corazón), incluyendo el contenido gastrointestinal. El complejo de estómago se calculó como la suma de los pesos (libres de contenido digestivo) del rumen, retículo, omaso y abomaso.

Los datos de la canal se analizaron como un diseño de bloques completos al azar considerado el corral como la unidad experimental. La composición de la paleta se analizó como un diseño de bloques completos al azar, incluyendo el efecto de bloque × interacción del tratamiento, junto con el efecto del peso de la canal fría como covariable. Cuando la covarianza no representaba una fuente de variación significativa ( $p > 0,05$ ) ésta no se incluyó en el modelo. Los datos de la masa visceral se analizaron como un diseño de bloques completos al azar, incluyendo el efecto de bloque × interacción del tratamiento. Se usó el procedimiento MIXED de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC) para analizar las variables.

Los efectos del tratamiento fueron probados para los componentes lineales, cuadráticos y cúbicos del nivel de suplementación de zeolita. Los polinomios ortogonales se consideraron significativos cuando el valor de P fue  $\leq 0,05$ , y se identificaron las tendencias cuando  $p > 0,05$  y  $P \leq 0,10$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que el efecto cúbico no fue significativo ( $p > 0,10$ ) en ninguna de las variables evaluadas, se omitió el valor de significancia para ese componente en las tablas.

Las características de la canal y la composición tisular se muestran en la **tabla II**. La inclusión a zeolita no

afectó las características de la canal evaluadas aunque tendió a aumentar linealmente ( $p = 0,10$ ) el área del ojo de la costilla. Los informes sobre el efecto de suplementar zeolitas a las dietas de rumiantes sobre variables de la canal han sido inconsistentes. Similar a nuestros resultados, Pond (1984), informó que las variables de la canal (rendimiento de la canal, ojo de la costilla, circunferencia de la pierna) de corderos alimentados durante 70 días con una dieta de finalización no se vieron afectadas por inclusión de 2% de clinoptilolita a la dieta. Por otra parte, Yazdani *et al.* (2009), mencionan una disminución de 3,1 % en el rendimiento de la canal caliente de toretes alimentados con 5 % de clinoptilolita; de forma similar, Sadeghi y Shawrang (2006), informan que la adición de 3 % clinoptilolita a la ración de toretes disminuyó 2,8 % el rendimiento de la canal caliente. Una posible explicación por el cual el rendimiento de la canal caliente se ve reducido en algunos experimentos en animales que reciben zeolitas en la dieta puede ser que al momento de sacrificio exista un remanente suficientemente grande de la arcilla en intestinos que se refleje en menor rendimiento de la canal. De acuerdo con EFSA (2013), no hay evidencia de que la zeolita se degrada durante su paso a través del tracto gastrointestinal de animales que la consumen; Por lo tanto, la zeolita no se absorbe y se excreta con las heces. Sin embargo, en un estudio reciente (Urías-Estrada *et al.*, 2015), estimó una relación de consumo/excreción de zeolita de 0,55, 0,73 y 0,74 para el nivel de suplementación de 1, 2 y 3%, respectivamente medido a 21 días de suplementación. Debido a su naturaleza (una arcilla), es lógico pensar que una cierta cantidad de zeolitas permanecen en el tracto gastrointestinal durante un período de tiempo más largo que la mayor parte de las partículas de alimento. Otra posible explicación,

**Tabla II.** Influencia del nivel de suplementación de zeolita sobre las características de la canal y composición tisular en ovinos de pelo (Influence of zeolite supplementation level on carcass traits, tissue composition and visceral organ mass of hairy lambs).

Variable	Zeolita en la dieta, %				Valor de p <sup>*</sup>		
	0	1,5	3,0	4,5	EEM	L	C
Peso canal caliente, kg	33,03	32,60	32,82	32,71	1,14	0,89	0,89
Rendimiento en canal, %	60,92	59,80	59,06	60,16	0,99	0,40	0,44
Peso canal fría, kg	32,67	32,23	32,41	32,37	1,12	0,89	0,86
Área MLD <sup>†</sup> , cm <sup>2</sup>	19,47	20,32	21,59	20,91	0,68	0,10	0,29
Espesor grasa dorsal, cm	0,37	0,33	0,32	0,34	0,042	0,65	0,43
<b>Canal</b>							
Largo, cm	70,45	71,25	71,15	71,70	0,93	0,40	0,90
Ancho, cm	27,70	27,15	28,10	27,70	0,67	0,76	0,91
Espesor pared abdominal, mm	18,16	18,25	19,13	19,84	0,93	0,18	0,74
<b>Pierna</b>							
Largo, cm	45,20	46,90	47,20	46,35	0,68	0,24	0,09
Circunferencia, cm	47,65	49,55	50,30	48,35	1,02	0,54	0,08
<b>Composición paleta</b>							
Peso total, kg	2389	2347	2298	2304	93	0,48	0,80
Músculo, g	1506	1542	1541	1561	15	0,04	0,61
Grasa, g	404	359	370	346	12	0,02	0,41
Hueso, g	431	433	417	427	11	0,50	0,70
<b>Composición paleta, g/kg<sup>o</sup></b>							
Músculo	646	661	660	669	6,0	0,03	0,58
Grasa	173	153	159	147	5,3	0,02	0,45
Hueso	185	186	178	184	4,6	0,60	0,57
Proporción músculo:hueso	3,51	3,56	3,72	3,64	0,11	0,28	0,60
Proporción músculo:grasa	3,74	4,35	4,17	4,55	0,16	0,02	0,51

\*p=nivel de significancia observado para los efectos lineal y cuadrático del nivel de suplementación de zeolita; <sup>†</sup>MLD = Músculo *Longissimus dorsi*.

es la posible diferencia en la densidad energética de la dieta del grupo testigo contra aquellos que reciben las zeolitas. Cuando el nivel de suplementación es alto (vgr. >5%) y éstas sustituyen a concentrados energéticos tales como los cereales, la diferencia de consumo de energía puede afectar el rendimiento de la canal en ovinos (Ebrahimi *et al.*, 2007; Sayed, 2009).

Aun cuando, la proporción entre las cantidades de músculo y hueso no fue modificada por la inclusión de la zeolita en la dieta ( $p>0,05$ ), un incremento lineal ( $p\leq 0,04$ ) de la cantidad y proporción de músculo y la disminución (componente lineal,  $p=0,02$ ) en la cantidad y proporción de grasa en paleta se reflejó en un aumento (componente lineal,  $p=0,02$ ) en la proporción músculo:grasa en los corderos suplementados con zeolita. Urías-Estrada *et al.* (2015) demostraron una mejor utilización del almidón de la dieta resultando en una mayor proporción de propionato con la disminución consecuente de la proporción acetato:propionato y una menor producción estimada de metano, estos cambios favorecen la eficiencia energética hacia una mayor deposición de proteína y una menor deposición de grasa en borregos en finalización (Abdul-Razzaq y Bickerstaffe, 1989). Adicionalmente, como resultado de la característica inerte (no contiene materia que

aporte energía) de la zeolita, el sustituir el maíz y la pasta de soja por zeolita diluyó la concentración de la energía neta en 0,03 Mcal/kg por cada nivel de inclusión de zeolita (comparado con el testigo, 0,09 Mcal/kg menos para el tratamiento con 3% de zeolita) esta disminución, aunque marginal, puede afectar, a grandes niveles de inclusión de zeolita, la cantidad total de energía consumida diariamente resultando en menor cantidad de grasa depositada en la canal (Ferrell *et al.*, 1979; Mahgoub *et al.*, 2000).

El efecto de la inclusión de zeolita sobre la proporción relativa de los cortes primarios se muestra en la **tabla III**. En proporción relativa a la media canal, el cuarto delantero tendió ( $p=0,08$ ) a incrementarse, mientras que el cuarto trasero tendió ( $p=0,08$ ) a disminuir con la inclusión de zeolita. A nuestro conocimiento, no existe información disponible sobre el efecto de la adición de zeolita sobre los cortes primarios. El efecto de la zeolita sobre la tendencia ( $p=0,08$ ) a una mayor producción de corte primario en cuarto anterior y ésta disminución en cuarto posterior es sorprendente y dada la naturaleza de las variables registradas en el experimento no se cuenta con elementos suficientes para explicar dichas tendencias. Aun así, las proporciones de cortes primarios observados aquí concuerdan con otros informes en

**Tabla III.** Influencia del nivel de suplementación de zeolita sobre los cortes primarios de ovinos de pelo (g/100 g de peso de canal fría) (Influence of zeolite supplementation level on primal cuts of hairy sheep (g/100g of hot carcass weight)).

Variable	Zeolita en la dieta, %				Valor de p		
	0	1,5	3,0	4,5	EE	L	C
Réplicas	5	5	5	5			
Cortes del cuarto anterior							
Gramos/100 g de media canal	54,29	54,61	54,52	55,37	0,36	0,08	0,49
Paleta	8,54	8,41	8,17	9,03	0,50	0,58	0,34
Espaldilla	16,38	16,72	16,22	16,50	0,31	0,92	0,92
Costillar bajo	8,65	8,46	8,58	8,39	0,22	0,53	0,99
Peineta	7,61	7,49	6,88	7,23	0,17	0,15	0,06
Pecho	4,33	4,31	4,29	4,10	0,28	0,57	0,77
Cortes del cuarto posterior							
Gramos/100 g de media canal	45,71	45,36	45,48	44,64	0,36	0,08	0,49
Lomo	7,76	7,93	7,77	7,71	0,29	0,82	0,72
Costillar	7,30	7,03	7,49	7,13	0,34	0,96	0,90
Pierna	30,65	30,43	30,22	29,80	0,33	0,19	0,76

p= nivel de significancia observado para los efectos lineal y cuadrático del nivel de suplementación de zeolita.

los cuales utilizaron dietas, razas y pesos al sacrificio similares al presente experimento (Partida y Martínez, 2010; Ríos *et al.*, 2010).

El efecto de la inclusión de zeolita sobre los órganos viscerales se muestra en la **tabla IV**. La inclusión de zeolita tendió a incrementar linealmente ( $p=0,08$ ) el peso de los intestinos (g/kg PCV). Esta tendencia puede confirmar, en parte, que en los intestinos hayan existido remanentes del mineral tal como se discutió anteriormente, o bien, por un posible engrosamiento del tejido como respuesta a la acción abrasiva del mi-

neral a través de su tránsito intestinal. Los corderos mostraron una disminución lineal de la grasa mesentérica ( $p<0,01$ ) y omental ( $p=0,03$ ) por la inclusión de zeolita en la dieta, por lo que la grasa visceral tendió ( $p=0,07$ ) a disminuir a medida que el nivel de zeolita se incrementó en la dieta. Se ha relacionado la deposición de grasa visceral con una mayor producción de acetato ruminal (Smith y Crouse, 1984). Al respecto, se ha informado que la adición del 3 al 4% de zeolita en dietas altas en energía incrementó la proporción de propionato y disminuyó la proporción de acetato

**Tabla IV.** Influencia del nivel de suplementación de zeolita sobre las masas viscerales de ovinos de pelo (Influence of zeolite supplementation level on visceral masses of hairy sheep).

Variable	Zeolita en la dieta, %				Valor de p*		
	0	1,5	3,0	4,5	EE	L	C
Observaciones	10	10	10	10			
TGIlleno, kg†	4,47	4,44	4,68	4,65	0,190	0,35	0,99
PCV, kg‡	49,57	50,33	50,94	48,02	2,09	0,67	0,38
PCV, % del peso total	91,65	91,96	91,51	91,02	0,46	0,30	0,47
Vísceras llenas, kg	9,91	9,77	10,14	10,08	0,24	0,41	0,84
Órganos, g/kg de PCV							
Estómago	29,73	29,23	30,74	30,50	1,11	0,45	0,91
Intestinos	41,31	45,88	45,05	45,96	1,65	0,08	0,27
Hígado	16,28	16,90	16,66	16,25	0,57	0,90	0,78
Riñones	2,47	2,79	2,61	2,51	0,10	0,83	0,05
Pulmón y corazón	20,50	21,45	21,07	21,54	0,66	0,36	0,72
Grasa mesentérica	9,90	7,66	6,62	6,28	0,72	<0,01	0,20
Grasa omental	29,28	27,01	24,44	23,18	1,99	0,03	0,80
Grasa en riñón y corazón	14,84	13,48	14,96	16,31	1,61	0,42	0,41
Grasa visceral	54,02	48,15	46,00	45,77	3,29	0,07	0,40

p= Nivel de significancia observado para los efectos lineal y cuadrático del nivel de suplementación de zeolita; †TGI= Tracto gastrointestinal; ‡ PCV= peso del cuerpo vacío.

durante el proceso fermentativo (Galyean y Chabot, 1981; McCollum y Galyean, 1983; Urías-Estrada *et al.*, 2015), lo que puede explicar la menor deposición de grasa a este nivel.

Se concluye que los cambios en la concentración de proteína y de energía de la dieta como resultado de la sustitución parcial de la pasta de soja por zeolita no afectaron negativamente el rendimiento de la canal o los cortes primarios. Niveles de hasta un 4,5% de inclusión de zeolita a la dieta favorecen una mayor deposición muscular y promueve una disminución de la grasa tisular y visceral en ovinos finalizados con dietas altas en energía.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdul-Razzaq, A.H. and Bickerstaffe, R. 1989. The influence of volatile fatty acids on protein metabolism in growing lambs. *Br J Nutr*, 62: 297-310.
- Ebrahimi, R.; Ahmadi, H.R.; Zamiri, M.J. and Rowghani, E. 2007. Effect of energy and protein levels on feedlot performance and carcass characteristics of Mehraban ram lambs. *Pakistan J Biol Sci*, 15: 1679-1684.
- EFSA. 2013. Scientific Opinion on the safety and efficacy of clinoptilolite of sedimentary origin for all animal species. European Food Safety Authority. *EFSA Journal*, 11: 3039-3052.
- Ferrell, C.L.; Crouse, J.D.; Field, R.A. and Chant, J.L. 1979. Effects of sex, diet and stage of growth upon energy utilization by lambs. *J Anim Sci*, 49: 790-801.
- Galyean, M.L. and Chabot, R.C. 1981. Effect of sodium bentonite, buffer salts, cement kiln dust and clinoptilolite and rumen characteristics in beef steers fed a high roughage diet. *J Anim Sci*, 52: 1197-1204.
- Ghaemnia, L.; Bojarpour, M.; Mirzadeh, K.H.; Chaji, M. and Eslami, M. 2010. Effect of different levels of zeolite on digestibility and some blood parameters in Arabic lambs. *J Anim Vet Adv*, 9: 779-781.
- Luaces, M.L.; Calvo, C.; Fernández, B.; Fernández, A.; Viana, J.L. and Sánchez, L. 2008. Predicting equation for tisular composition in carcass of Gallega breed lambs. *Arch Zootec*, 57: 3-14.
- Mahgoub, O.; Lu, C.D. and Early, R.J. 2000. Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. *Small Rum Res*, 37: 35-42.
- McCollum, F.T. and 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: 517-523.
- Mumpton, F.A. 1999. La roca mágica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proc Natl Acad Sci*, 96: 3463-3470.
- Mumpton, F.A. and Fishman, P.H. 1977. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. *J Anim Sci*, 45: 1188-1203.
- Neville, T.L.; Ward, M.A.; Reed, J.J.; Soto-Navarro, S.A.; Julius, S.L.; Borowicz, P.P.; Taylor, J.B.; Redmer, D.A.; Reynolds, L.P. and Caton, J.S. 2008. Effects of level and source of dietary selenium on maternal and fetal body weight, visceral organ mass, cellularity estimates, and jejunal vascularity in pregnant ewe lambs. *J Anim Sci*, 86: 890-901.
- Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. 1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio; <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/principal/archivos/062ZOO.PDF> (11.03.2016).
- NRC. 2007. National Research Council. Nutrient requirements of small ruminants sheep, goats, cervids, and new world camelids. The National Academic Press Washington, D.C. USA.
- Partida, P.J.A. and Martínez, L.R. 2010. Body composition in Pelibuey lambs in terms of feed energy concentration and slaughter weight. *Rev Vet Mex*, 41: 177-190.
- 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.
- Ríos, R.F.; Barreras, A.; Estrada, A.; Obregón, J.F.; Plascencia, A.; Portillo, J.J. and Zinn, R.A. 2010. Effect of level of dietary zilpaterol hydrochloride ( $\beta$ 2-agonist) on performance, carcass characteristics and visceral organ mass in hair lambs fed all concentrate diets. *J Appl Anim Res*, 38: 33-38.
- Sadeghi, A.A. and Shawrang, P. 2006. The effect of natural zeolite on nutrient digestibility, carcass traits and performance of Holstein steers given a diet containing urea. *Anim Sci*, 82: 163-167.
- SAS. 2007. SAS/STAT: user's Guide: Statistics. Release 9.3. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Sayed, N.A. 2009. Effect of different dietary energy levels on the performance and nutrient digestibility of lambs. *Vet World*, 2: 418-420.
- Smith, S.B. and Crouse, J.D. 1984. Relative contributions of acetate, lactate and glucose of lipogenesis in bovine in muscular and subcutaneous adipose tissue. *J Nutr*, 114: 792-800.
- Urías-Estrada, D.; Plascencia, A.; Calderón, J.F.; Barreras, A.; López-Soto, M.A.; Montaña, M.; González, V.M.; Estrada-Angulo, A.; Castro-Pérez, B.I. y Contreras, G. 2015. Influencia de la adición de distintos niveles de zeolita a dietas de finalización para novillos sobre digestión de materia seca, N y energía de la dieta. V Congreso de Producción Animal Tropical. 16-20 de noviembre. La Habana, Cuba.
- USDA. 1982. Official United States Standards for Grades of Carcass Lambs, Yearling Mutton and Mutton Carcasses. Agriculture Marketing Service. USA.
- Yazdani, A.R.; Hajilari, D. and Ghorbani, M.H. 2009. Effect of clinoptilolite zeolite on feedlot performance and carcass characteristics in Holstein steers. *Indian J Anim Res*, 43: 300-303.