



Abanico Veterinario. Enero-Diciembre 2025; 16:1-15. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2025.11>

Artículo Original. Recibido: 07/07/2025. Aceptado: 27/10/2025. Publicado: 28/12/2025. Clave: 2025-47.

<https://www.youtube.com/watch?v=dn61eNkUhyg>

Zeolita en dietas ovinas como estrategia nutricional para mejorar la calidad de leche

Zeolite in sheep diets as a nutritional strategy to improve milk quality

Vicuña-Guerrero Alma^{*1} , Becerril-Pérez Carlos² , Vargas-Romero Juan^{**3} , Gallegos-Sánchez Jaime¹ , Luna-Rodríguez Lorena³ , Pro-Martínez Arturo¹ 



¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, C.P. 56230, Estado de México. México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Carretera Xalapa-Veracruz Km. 88.5, Manlio Fabio Altamirano, C.P. 91700, Veracruz. México. ³Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Avenida San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Sección Iztapalapa, C.P. 09340 Ciudad de México, CDMX. México. Autor responsable: *Vicuña-Guerrero Alma. **Autor de correspondencia: Vargas-Romero Juan M. Correo electrónico: vicuna.alma@colpos.mx, color@colpos.mx, jmvrr@xanum.uam.mx, gallegos@colpos.mx, llunaro@xanum.uam.mx, aproma@colpos.mx

RESUMEN

La especie, raza y tipo de alimentación, entre otros factores, determinan la producción y la composición química de la leche. La inclusión de un buffer con zeolita en dietas para rumiantes puede mejorar variables productivas y composicionales, aunque su aplicación en ovinos lecheros ha sido poco estudiada. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de un buffer comercial a base de zeolita sobre la producción y composición de la leche en ovejas East Friesian. El experimento duró 98 días, divididos en dos etapas de 49 días. Se emplearon 12 ovejas EF bajo un diseño experimental cruzado, recibiendo dos dietas: CO (sin zeolita) y BU (con 1.5 % de buffer con zeolita kg⁻¹). Se registró el consumo de materia seca y la producción de leche diariamente; se analizaron muestras individuales por oveja. Se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en el contenido de grasa y sólidos totales (g d⁻¹), mientras que, no se observaron cambios en consumo voluntario, volumen de leche, proteína, lactosa y minerales ($p > 0.05$). La inclusión del buffer con zeolita mejoró la calidad composicional de la leche sin afectar el rendimiento lácteo general. **Palabras clave:** nutrición ovina, leche de oveja, minerales no metálicos, composición láctea.

ABSTRACT

Species, breed, and feeding regimen, among other factors, determine milk yield and chemical composition. The inclusion of a zeolite-based buffer in ruminant diets has been shown to enhance productive and compositional variables; however, its use in dairy sheep remains scarcely investigated. This study aimed to assess the effect of a commercial zeolite buffer on milk production and composition in East Friesian ewes. The trial lasted 98 days, divided into two 49-day periods. Twelve EF ewes were assigned to a cross-over design and fed two dietary treatments: CO (control, without zeolite) and BU (1.5% zeolite buffer on a DM basis). Dry matter intake and milk yield were recorded daily, and individual milk samples were analyzed per ewe. Significant effects ($p \leq 0.05$) were observed on milk fat and total solids content (g d⁻¹), whereas, no



differences were found in voluntary intake, milk volume, protein, lactose, or mineral content ($p > 0.05$). The inclusion of the zeolite buffer improved milk compositional quality without compromising overall milk yield.

Keywords: sheep nutrition, ewe milk, non-metallic minerals, milk composition.

INTRODUCCIÓN

La raza ovina East Friesian, originaria del norte de Alemania y de los Países Bajos, se caracteriza por su alta prolificidad, buena aptitud materna, ubres bien desarrolladas y una destacada capacidad de producción lechera. Estudios genómicos recientes han confirmado su especialización para este fin, al identificarse genes asociados con la producción de leche en esta raza (You *et al.*, 2024). A nivel mundial, la mayor producción de leche ovina se concentra en el sur de Europa, el norte de África y el noroeste de Asia, regiones donde predominan las razas Awassi, Lacaune y East Friesian (FAO, 2020). En México, esta actividad aún es incipiente y presenta una distribución geográfica restringida; en 2017 se reportó una producción de 57,754 toneladas de leche de oveja (Cardona-Tobar *et al.*, 2020).

La composición química promedio de la leche de ovejas East Friesian, ajustada a los 100 días de lactancia, es de 5.73 % de grasa, 5.49 % de proteína, 5.11 % de lactosa y 31.9 % de sólidos totales (Kremer & Rosés, 2016).

Esta composición está influenciada por diversos factores como la genética, el tipo de alimentación, la etapa de lactancia, las condiciones ambientales y las prácticas tecnológicas aplicadas. La leche ovina se destina principalmente a la elaboración de quesos y otros productos lácteos, cuya calidad está directamente relacionada con su composición (Jiménez-Sobrino *et al.*, 2018). Estos productos son ampliamente consumidos a nivel mundial (Flores-Armas *et al.*, 2020) y tienen una significativa relevancia cultural y gastronómica en México, donde representan una alternativa alimentaria con implicaciones sociales, económicas y ambientales.

En la alimentación animal, algunos minerales no metálicos se emplean como aditivos tecnológicos debido a sus propiedades aglutinantes y antiaglomerantes; además, de contribuir al valor nutricional de las dietas. En rumiantes, estos aditivos también actúan como tampones y osmorreguladores, ayudando a prevenir trastornos digestivos asociados al consumo de dietas con alto contenido de concentrado (Sulzberger *et al.*, 2016).

Particularmente, la zeolita ha mostrado efectos benéficos sobre el funcionamiento del tracto gastrointestinal en rumiantes, al modular la fermentación ruminal y favorecer el desarrollo de poblaciones microbianas benéficas; lo cual, puede traducirse en una mejora en la producción lechera (Tánori-Lozano *et al.*, 2023). No obstante, el conocimiento sobre el uso de tampones que contienen zeolita en ovinos lecheros sigue siendo limitado.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de un buffer comercial a base de zeolita sobre la producción y composición de la leche en ovejas East Friesian.



MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el Rancho “Flor y Canto”, localizado en el municipio de Tlalmanalco, Estado de México (19° 10’59.0” N, 98° 48’49.0” O), a una altitud de 2 395 m.s.n.m., presenta una temperatura promedio anual de 15 °C y un clima templado subhúmedo ([SECAMPO, 2023](#)).

Ovejas y dietas experimentales

Este estudio siguió los lineamientos del Reglamento para el Uso y Cuidado de Animales Destinados a la Investigación ([COLPOS, 2022](#)).

Para el experimento se seleccionaron 12 ovejas EF, con peso promedio de 44 ± 9 kg, edad de 48 ± 24 meses y con 3 a 4 partos de un solo cordero, en su segundo tercio de lactancia, que producían más de 300 g de leche por día. El ordeño se realizó manualmente a partir de las 09:00 h.

Se emplearon dos dietas experimentales (Tabla 1): la dieta control (CO), una dieta integral basada en forraje de avena y un concentrado de granos; y la dieta con buffer (BU), similar a la CO, pero suplementada con 1.5 % de un buffer comercial a base de zeolita. Este buffer estabiliza el pH del tracto gastrointestinal durante más de 24 horas y contiene aditivos e iones alcalinotérreos que actúan como neutralizantes y captadores, mejorando la digestibilidad de la fibra.

Tabla 1. Composición de las dietas experimentales (%) para ovejas East Friesian durante el segundo tercio de lactancia

Ingrediente (%)	CO	BU
Forraje de avena	59.0	59.0
Maíz quebrado	15.0	13.0
Soya (pasta)	11.5	12.0
Salvado de trigo	12.0	12.0
Urea	1.0	1.0
Sales minerales	1.5	1.5
Buffer	0.0	1.5

CO: dieta integral, BU: dieta integral más buffer con zeolita.

Análisis químico de las dietas

Los análisis químicos se realizaron en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. Se prepararon muestras de 500 g de cada dieta, concentrado e ingrediente por separado, conservadas en bolsas herméticas. Las muestras fueron molidas en un molino Thomas Willey Mill (modelo 4, EE.UU.) con tamiz de 1 mm.

Se determinaron humedad y materia seca (método 930.15), cenizas (método 942.05) y proteína total mediante método Micro-Kjeldahl (984.13), según [AOAC \(2005\)](#). La fibra



detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) se determinaron con digestor Ankom Technology (2023), usando bolsas filtrantes de 25 μm (F57, Ankom Technology), conforme al método de [Van Soest \(1963\)](#). Los resultados indicaron dietas isoproteicas e isoenergéticas.

Fase de adaptación inicial

Se utilizaron 12 corrales individuales de 1.75 m de largo por 2.10 m de ancho, en estos antes de iniciar las etapas experimentales, todas las ovejas tuvieron un periodo de adaptación de 14 días. Además, en este periodo se realizaron prácticas sanitarias preventivas que incluyeron trasquila, desparasitación con Parmisole 12 % (PARFARM, S.A., Ciudad de México) y aplicación del antibiótico Linco Flor (BioQuiVet, Estado de México).

Etapas y periodos experimentales

El experimento tuvo una duración total de 98 días, divididos en dos etapas de 49 días cada una, compuestas por un periodo de adaptación-transición de 21 días a la dieta experimental, seguido por 28 días recibiendo exclusivamente el tratamiento asignado.

Durante los periodos de adaptación-transición, se implementó un cambio gradual de dieta para permitir la adaptación ruminal y reducir posibles efectos residuales del tratamiento anterior. Este cambio se realizó mediante una sustitución progresiva: la dieta experimental correspondiente (CO o BU, según el grupo) se incorporó en incrementos del 25 % cada cinco días, hasta alcanzar el 100 % de la nueva dieta al inicio del día 21. Esto permitió que las ovejas pasaran de forma segura de la dieta previa a la dieta experimental asignada, garantizando una transición fisiológicamente adecuada.

En la primera etapa, la mitad de las ovejas recibió la dieta CO (control) y la otra mitad la dieta BU (con zeolita). En la segunda etapa, se realizó un intercambio de dietas entre los grupos (cross-over), de modo que cada oveja actuó como su propio control.

Alimentación de las ovejas

Se registró el consumo diario de materia seca (kg d^{-1}) desde el inicio del experimento. La alimentación se distribuyó en cinco suministros diarios, con intervalos de dos horas entre las 09:00 h y 17:00 h. El alimento rechazado (forraje y concentrado) se pesó diariamente para calcular el consumo neto por oveja ([Forbes, 2007](#)).

Recolección y análisis de datos de la leche

Producción de leche

La producción diaria de leche (g d^{-1}) se registró y se calculó la media semanal. Se consideraron tres semanas de adaptación y cuatro semanas de medición. Semanalmente se recolectaron 100 g de leche por oveja para análisis.



Calidad de Leche

Los análisis se realizaron en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Ciudad de México. Se tomaron cuatro muestras de leche por etapa, totalizando ocho muestras por oveja. Las muestras se conservaron a 4 °C y se analizaron el mismo día. Por duplicado se determinaron los porcentajes de grasa, proteína, lactosa, minerales y sólidos totales, mediante el equipo Lactostar 3510 (Funke Gerber, Alemania). La producción diaria de los componentes de proteína y grasa (g d^{-1}) se calculó a partir del porcentaje (%).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental cruzado (cross-over), en el que cada una de las 12 ovejas East Friesian (EF) recibió ambas dietas (tratamientos) en dos etapas distintas; permitiendo que cada animal fungiera como su propio control. Esta estrategia incrementa la potencia estadística del experimento al reducir la variabilidad intraindividual y controlar el efecto de factores de confusión individuales. Las mediciones se realizaron de forma semanal, y para ajustar posibles efectos de confusión, se incluyeron como covariables la edad de las ovejas y los días en lactancia al inicio del experimento.

Dado que el diseño cruzado permite comparar los tratamientos dentro del mismo individuo, se optimiza el uso de un tamaño muestral reducido sin comprometer la validez estadística. La comparación de medias se realizó mediante un análisis de varianza para medidas repetidas, seguido de la prueba de Tukey, considerando un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. El análisis estadístico se llevó a cabo con el software R (2022.07.1+554).

RESULTADOS

Consumo voluntario de materia seca

Ni las dietas ni las etapas experimentales tuvieron efecto significativo sobre el consumo voluntario de materia seca ($p > 0.05$; Tabla 2). Sin embargo, en la primera etapa se observó un efecto significativo de la semana ($p \leq 0.05$), con una tendencia decreciente en el consumo.

Producción de leche

No se detectaron diferencias significativas en la producción de leche entre dietas ($p > 0.05$; Tabla 3). No obstante, sí se observaron diferencias significativas entre etapas, con mayores volúmenes registrados durante la segunda etapa ($p \leq 0.05$).



Tabla 2. Consumo voluntario de materia seca (kg d⁻¹) por ovejas East Friesian alimentadas con dietas con (BU) y sin zeolita (CO)

Dieta	Etapa 1					Etapa 2					Global
	Consumo voluntario de MS, kg d ⁻¹				Total	Consumo voluntario de MS, kg d ⁻¹				Total	
	Semana					Semana					
	1	2	3	4		5	6	7	8		
CO	2.11±0.11	2.01±0.10	1.95±0.09	1.91±0.09	2.00±0.09	1.88±0.09	1.85±0.10	1.87±0.10	1.91±0.11	1.88±0.09	1.94±0.06
BU	2.27±0.12	2.03±0.11	1.89±0.10	1.78±0.10	1.99±0.10	1.91±0.08	1.89±0.09	1.96±0.09	1.96±0.10	1.93±0.08	1.96±0.06
Global	2.19±0.10 ^a	2.02±0.09 ^b	1.92±0.08 ^{bc}	1.84±0.07 ^c	1.99±0.08	1.90±0.06	1.87±0.07	1.91±0.08	1.94±0.09	1.90±0.07	—

CO: dieta integral, BU: dieta integral más buffer con zeolita, MS: Materia seca.

a, b, c: medias con superíndice distinto en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Calidad de la leche de oveja East Friesian

Grasa

Durante la primera etapa se identificaron diferencias significativas entre semanas en la producción de grasa (g d⁻¹), mostrando una tendencia ascendente ($p \leq 0.05$; Tabla 4). Asimismo, el análisis global por etapa reveló un incremento significativo en la producción de grasa durante la segunda etapa.

Tabla 3. Producción de leche (kg d⁻¹) de ovejas East Friesian alimentadas con dietas con (BU) y sin zeolita (CO)

Dieta	Etapa 1				Total	Etapa 2				Total	Global
	Producción de leche, kg d ⁻¹					Producción de leche, kg d ⁻¹					
	Semana					Semana					
	1	2	3	4		5	6	7	8		
CO	0.23±0.01	0.28±0.09	0.31±0.08	0.34±0.07	0.29±0.08	0.37±0.08	0.40±0.08	0.43±0.09	0.45±0.10	0.41±0.09	0.35±0.05
BU	0.19±0.11	0.22±0.10	0.27±0.09	0.30±0.09	0.25±0.10	0.41±0.07	0.44±0.07	0.45±0.08	0.50±0.09	0.45±0.07	0.35±0.05
Global	0.21±0.09	0.26±0.08	0.29±0.07	0.32±0.06	0.27±0.07 ^b	0.39±0.05	0.42±0.06	0.44±0.07	0.47±0.08	0.43±0.06 ^a	—

CO: dieta integral, BU: dieta integral más buffer con zeolita.

a, b: medias con superíndice distinto en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).



Tabla 4. Contenido de grasa (g d⁻¹) en la leche de ovejas East Friesian alimentadas con dietas con (BU) y sin zeolita (CO)

Dieta	Etapa 1				Total	Etapa 2				Total	Global
	Producción de grasa, g d ⁻¹					Producción de grasa, g d ⁻¹					
	Semana					Semana					
	1	2	3	4		5	6	7	8		
CO	11.8±6.2	14.2±5.5	16.6±5.0	19.7±4.5	15.6±5.1	21.3±5.1	22.6±5.8	26.5±5.6	26.0±6.1	24.1±5.3	19.8±3.2 ^Y
BU	9.2±6.9	18.1±6.3	16.5±5.8	19.6±5.4	15.8±5.9	25.8±4.3	26.0±4.5	25.9±5.0	29.6±5.5	26.8±4.6	21.3±3.2 ^X
Global	10.5±5.7 ^b	16.1±4.9 ^a	16.6±4.3 ^a	19.6±3.7 ^a	15.7±4.5 ^B	23.6±3.4	24.3±3.7	26.2±4.2	27.8±4.8	25.5±3.8 ^A	—

CO: dieta integral, BU: dieta integral más buffer con zeolita.

X, Y: medias con superíndice distinto en la misma columna indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

a, b; A, B: medias con superíndice distinto en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Proteína

El contenido de proteína (g d⁻¹) fue significativamente mayor durante la segunda etapa ($p \leq 0.05$; Tabla 5). Durante la primera etapa, se observaron diferencias significativas entre semanas, destacando un valor superior en la semana 2 ($p \leq 0.05$) respecto a la semana 1 y semana 3, aunque comparable con la semana 4.

Tabla 5. Contenido de proteína (g d⁻¹) en la leche de ovejas East Friesian alimentadas con dietas con (BU) y sin zeolita (CO)

Dieta	Etapa 1					Etapa 2					Global
	Contenido de proteína, g d ⁻¹				Total	Contenido de proteína, g d ⁻¹				Total	
	Semana					Semana					
	1	2	3	4		5	6	7	8		
CO	9.57±4.6	12.82±4.1	13.07±3.7	14.48±3.3	12.5±3.8	15.92±3.7	17.39±3.9	19.70±4.2	20.17±4.5	18.3±4.0	15.4±2.4
BU	8.20±5.1	13.45±4.7	11.37±4.3	12.78±4.0	11.4±4.4	17.89±3.1	18.86±3.3	20.17±3.7	22.14±4.1	19.8±3.4	15.6±2.4
Global	8.89±4.2 ^b	13.14±3.7 ^a	12.22±3.2 ^{ab}	13.63±2.8 ^a	12.0±3.4 ^B	16.91±2.5	18.13±2.7	19.93±3.1	21.15±3.6	19.0±2.9 ^A	—

CO: dieta integral, BU: dieta integral más buffer con zeolita.

a, b: medias con superíndice distinto en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

A, B: medias con superíndice distinto en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).



Lactosa

Se observó mayor producción de lactosa (g d^{-1}) durante la segunda etapa ($p \leq 0.05$); además, de un efecto significativo de la semana ($p \leq 0.05$) dentro de la primera etapa, destacándose un menor contenido en la semana 1 (Tabla 6).

Tabla 6. Contenido de lactosa (g d^{-1}) en la leche de ovejas East Friesian alimentadas con dietas con (BU) y sin zeolita (CO)

Dieta	Etapa 1				Total	Etapa 2				Total	Global
	Lactosa, g d ⁻¹					Lactosa, g d ⁻¹					
	Semana					Semana					
	1	2	3	4		5	6	7	8		
CO	14.20±6.7	18.80±5.9	19.20±5.3	20.90±4.8	18.3±5.5	23.30±5.4	25.20±5.7	28.50±6.1	29.50±6.6	26.60±5.8	22.5±3.4
BU	12.20±7.4	20.10±6.8	16.30±6.2	18.60±5.8	16.8±6.4	26.00±4.5	27.50±4.8	29.60±5.3	32.50±6.0	28.90±5.0	22.9±3.4
Global	13.20±6.1 ^b	19.40±5.3 ^a	17.80±4.6 ^{ab}	19.70±4.0 ^a	17.5±4.9 ^B	24.60±3.6	26.40±4.0	29.00±4.5	31.00±5.2	27.80±4.2 ^A	—

CO: dieta integral, BU: dieta integral con buffer a base de zeolita

a, b; A, B: medias con superíndice distinto en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Minerales

No se observó un efecto significativo del tipo de dieta sobre el contenido mineral (g d^{-1}) de la leche ($p > 0.05$; Tabla 7). Sin embargo, la segunda etapa mostró valores significativamente superiores ($p \leq 0.05$), independientemente del tratamiento.

Sólidos totales

Durante la primera etapa no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos. En contraste, durante la segunda etapa las ovejas alimentadas con la dieta suplementada con zeolita (BU) presentaron una producción diaria de sólidos totales (g d^{-1}) significativamente mayor ($p \leq 0.05$; Tabla 8). A nivel global, se evidenciaron diferencias significativas entre semanas y etapas ($p \leq 0.05$), con un incremento progresivo hacia la segunda etapa.

DISCUSIÓN

En consumo promedio de materia seca por oveja (≈ 60 kg en animales con parto simple), fue consistente con los valores establecidos por el [NRC \(2007\)](#) y con los reportados para ovejas East Friesian bajo condiciones experimentales comparables ([Estrada-Angulo et al., 2017](#); [Kremer et al., 2015](#)). La inclusión dietética de zeolita al 1.5 % no modificó significativamente el consumo voluntario, en concordancia con estudios previos en rumiantes mayores y menores ([Marin et al., 2020](#)). Este comportamiento podría atribuirse



a que la zeolita no afecta la palatabilidad de la dieta, lo que permite mantener niveles estables de ingestión incluso en etapas fisiológicamente demandantes ([Amanzougarene & Fondevila, 2022](#)). Aunque algunos autores han reportado ligeras reducciones en el consumo durante el parto en ciertas especies, no se han documentado efectos adversos persistentes ([Frizzarini et al., 2024](#)).

Tabla 7. Contenido de minerales (g d^{-1}) en la leche de ovejas East Friesian alimentadas con dietas con (BU) y sin zeolita (CO)

Dieta	Etapa 1				Total	Etapa 2				Total	Global
	Contenido mineral, g d ⁻¹					Contenido mineral, g d ⁻¹					
	Semana					Semana					
	1	2	3	4		5	6	7	8		
CO	1.72±0.64	1.76±0.58	1.91±0.52	2.15±0.48	1.88±0.52	2.32±0.53	2.52±0.55	3.03±0.59	3.11±0.64	2.75±0.55	2.31±0.33
BU	1.44±0.71	0.28±0.65	1.72±0.60	2.04±0.56	1.37±0.61	2.67±0.46	2.86±0.48	3.14±0.52	3.49±0.58	3.04±0.47	2.21±0.33
Global	1.58±0.59 ^A	1.020±0.51 ^B	1.82±0.45 ^A	2.09±0.39 ^A	1.63±0.46	2.50±0.35	2.69±0.39	3.08±0.44	3.30±0.50	2.89±0.39	—

CO: dieta integral, BU: dieta integral más buffer con zeolita.

A, B: medias con superíndice distinto en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$)

Tabla 8. Producción de sólidos totales (g d^{-1}) en la leche de ovejas East Friesian alimentadas con dietas con (BU) y sin zeolita (CO)

Dieta	Etapa 1				Total	Etapa 2				Total	Global
	Sólidos totales, g d ⁻¹					Sólidos totales, g d ⁻¹					
	Semana					Semana					
	1	2	3	4		5	6	7	8		
CO	39.8±18.5	48.6±16.5	54.4±14.8	60.8±13.5	50.9±15.4	65.9±15.1	71.4±15.8	81.6±16.9	82.9±18.3	75.4±16.1	63.2±9.7
BU	32.5±20.7	53.6±18.9	48.4±17.3	55.6±16.1	47.5±17.9	77.0±12.6	80.2±13.5	82.8±14.8	92.9±16.6	83.2±13.9	65.4±9.7
Global	36.1±17.1 ^b	51.1±14.8 ^a	51.4±12.8 ^a	58.2±11.2 ^a	49.2±13.7 ^B	71.5±10.0	75.8±11.0	82.2±12.6	87.9±14.5	79.3±11.6 ^A	—

CO: dieta integral, BU: dieta integral más buffer con zeolita.

a, b; A, B: medias con superíndice distinto en la misma fila indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En su forma de clinoptilolita, particularmente cuando se administra como partícula fina, la zeolita ha demostrado eficacia como adsorbente de micotoxinas ([Katsoulos et al., 2016](#)). Además de su acción detoxificante, su empleo en nutrición animal está ampliamente respaldado por su capacidad para aportar minerales y optimizar el rendimiento productivo



([El-Nile et al., 2023](#)), mediante la estabilización del ambiente ruminal ([Olteanu et al., 2019](#)).

En el presente estudio, no se observaron incrementos significativos en el volumen de leche atribuibles a la inclusión de zeolita, resultado que coincide con lo informado por [Marin et al. \(2020\)](#) en vacas lecheras. No obstante, sí se detectó un aumento significativo en la producción y el contenido de grasa láctea, un efecto previamente descrito ([Khachlounf, 2018](#); [El-Nile et al., 2021](#)) y vinculado a la capacidad buffer de la zeolita, que favorece la producción de ácidos grasos volátiles ([El-Nile et al., 2023](#)), especialmente acetato ([Khachlounf, 2018](#)), principal precursor lipogénico en la glándula mamaria. Este hallazgo sugiere un ambiente ruminal más estable y propicio para la fermentación de la fibra.

Por el contrario, los contenidos de proteína y lactosa no presentaron variaciones significativas, en concordancia con lo reportado por [Khachlounf et al. \(2019\)](#) y [Saad et al. \(2021\)](#), lo que indica que la zeolita no interfiere en la síntesis de estos componentes esenciales de la leche. Asimismo, se observó una mejora en la eficiencia de utilización de la energía dietética cercana al 4.5 %, consistente con lo descrito por [Urías-Estrada et al. \(2021\)](#) en rumiantes alimentados con dietas de alta densidad energética, aunque los mecanismos fisiológicos subyacentes a este efecto requieren mayor elucidación.

En relación con la composición mineral de la leche, se registró un incremento durante la segunda fase del experimento, sin asociación directa con el tratamiento, pero congruente con la literatura que atribuye a la zeolita propiedades de intercambio iónico capaces de modular la biodisponibilidad mineral y proteger compuestos lipídicos durante la fermentación ruminal ([Lyubin et al., 2020](#); [Ochoa-Alfaro et al., 2009](#)). Además, su capacidad para adsorber metales pesados podría contribuir indirectamente a mejorar la salud digestiva y, en consecuencia, la calidad del producto final ([Butsjak & Butsjak, 2014](#)). Finalmente, la mayor proporción de sólidos totales observada en la leche de ovejas suplementadas con zeolita ([Khachlounf, 2018](#)) respalda su potencial como aditivo funcional para mejorar la calidad composicional de la leche, especialmente en lo relativo a las fracciones grasa, lactosa y minerales ([Sulzberger et al., 2016](#); [Khachlounf et al., 2019](#)). Este efecto resulta particularmente relevante en sistemas ovinos especializados en la producción de leche con alto valor nutricional y comercial. Asimismo, el empleo de zeolitas ha sido validado internacionalmente en medicina veterinaria y nutrición animal ([Khachlounf, 2018](#)), reportándose beneficios que van desde la mejora del comportamiento de ingesta en animales jóvenes hasta un impacto positivo en el bienestar postparto ([Simona & Camelia 2019](#); [Dalton et al., 2024](#)).

CONCLUSIONES

El presente estudio amplía el conocimiento disponible para sistemas ovinos especializados en México. La inclusión de un buffer con zeolita en la dieta de ovejas East Friesian lactantes no modificó significativamente el consumo voluntario de materia seca



ni la producción total de leche, lo que indica que la adición de zeolita en las proporciones evaluadas no afecta negativamente estas variables productivas.

No obstante, la suplementación con zeolita sí generó un incremento significativo en la calidad composicional de la leche, al aumentar tanto el contenido porcentual como la producción diaria de grasa, así como el porcentaje de sólidos totales. Estos resultados sugieren que el efecto buffer y la capacidad de intercambio iónico de la zeolita podrían favorecer un ambiente ruminal más estable y una mayor síntesis de ácidos grasos volátiles, traduciéndose en un mejor perfil graso de la leche.

Por otro lado, no se observaron efectos significativos sobre el contenido de proteína, lactosa y minerales en la leche, aunque la producción diaria de proteína y lactosa fue mayor en etapas avanzadas de la lactancia, en concordancia con los procesos fisiológicos característicos de este periodo.

En conjunto, estos hallazgos evidencian que la zeolita puede emplearse como un aditivo funcional capaz de mejorar la composición nutritiva de la leche sin comprometer el consumo ni el rendimiento lácteo, constituyendo así una estrategia nutricional viable para optimizar la calidad de la leche en sistemas ovinos especializados.

Declaración de aprobación ética

El presente estudio forma parte del protocolo de investigación titulado “Producción de leche con borregas East Friesian resguardando la proteína ruminal con zeolita y bentonita”, identificado con el número COBIAN/004/23, el cual fue sometido a evaluación por el Comité de Bienestar Animal del Colegio de Postgraduados y tras revisar los aspectos metodológicos y éticos del estudio, emitió su aprobación mediante el Oficio No. 004. El comité constató que el protocolo cumple con los lineamientos nacionales e institucionales para el uso responsable y ético de animales en investigación.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnologías (CONAHCYT) por la beca de posgrado, a TEMISA®, por el suministro de insumos y análisis de laboratorio. Asimismo, al Rancho “Flor y Canto” por el uso de sus instalaciones y a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, por el financiamiento parcial de este trabajo de investigación dentro del proyecto "fortalecimiento de las capacidades de adaptación al cambio climático en el sector ganadero".

LITERATURA CITADA

AMANZOUGARENE Z, Fondevila M. 2022. Rumen Fermentation of Feed Mixtures Supplemented with Clay Minerals in a Semicontinuous *In Vitro* System. *Animals (Basel)*. 12(3):345. <https://doi.org/10.3390/ani12030345>



AOAC. 2005. Official method of Analysis. Association of Officiating Analytical Chemists, 18th Edition. Washington DC. Chapter, ISBN 0-935584-77-3.

https://www.researchgate.net/publication/292783651_AOAC_2005

BUTSJAK AA, Butsjak VI. 2014. Using of zeolite tuffs as enterosorbents. Is in cows nourishment. *Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Named*. UDC 619.612.015:546.31.

<https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/bbbb4d7a-29ab-4106-a8ae-b148b2ddb519/content>

CARDONA-TOBAR KM, López-Álvarez DC, Álvarez-Franco LÁ. 2020. Estudios de asociación genómica en ovinos de América Latina. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 11(3): 859-883.

<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/5372>

COLPOS. 2022. Reglamento para el Uso y Cuidado de Animales destinados a la investigación. *Colegio de Postgraduados*. Pp. 1-38.

https://www.colpos.mx/wb_pdf/norma_interna/2022/reglamento-animales-2022.pdf

DALTON JI, Hendriks SJ, Roche JR, Donaghy DJ, Rue BD, Kuhn-Sherlock B, Phyn CVC. 2024. The effect of prepartum synthetic zeolite supplementation on the eating, lying and activity behaviours of grazing dairy cows. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 67(3): 336-347. <https://doi.org/10.1080/00288233.2023.2283052>

EL-NILE A, Elazab M, El-Zaiat H, El-Azrak KE, Elkomy A, Sallam S, Soltan Y. 2021. *In Vitro* and *In Vivo* Assessment of Dietary Supplementation of Both Natural or Nano-Zeolite in Goat Diets: Effects on Ruminal Fermentation and Nutrients Digestibility. *Animals (Basel)*. 27;11(8):2215. <https://doi.org/10.3390/ani11082215>

EL-NILE AE, Elazab MA, Soltan YA, Elkomy AE, El-Zaiat HM, Sallam SMA, El-Din El-Azrak K. 2023. Nano and natural zeolite feed supplements for dairy goats: Feed intake, ruminal fermentation, blood metabolites, and milk yield and fatty acids profile. *Animal Feed Science and Technology*. 295(21):115522.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115522>

ESTRADA-ANGULO A, Coronel-Burgos F, Castro-Pérez BI, López-Soto MA, Barreras A, Angulo-Montoya C, Contreras-Pérez G, Plascencia A. 2017. Efecto de la inclusión de zeolita (clinoptilolita) en ovinos en etapa de finalización: Respuesta productiva y energética de la dieta. *Archivos de Zootecnia*. 66(255):383-388.

<https://www.redalyc.org/pdf/495/49553112009.pdf>



FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2020. *Pequeños rumiantes*. Portal lácteo. <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/dairy-animals/small-ruminants/es/>

FLORES-ARMAS Y, Armenteros-Amaya M, Riverón-Alemán Y, Remón-Díaz D, Martínez-Vasallo A. 2020. Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de los quesos frescos artesanales de la provincia Mayabeque, Cuba. *Revista de Salud Animal*. 42(2). ISSN-e2224-4700. <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v42n2/2224-4700-rsa-42-02-e04.pdf>

FORBES MJ. 2007. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: Minimal total discomfort. *In Nutrition Research Reviews*. 20(2):132-146. <https://doi.org/10.1017/s0954422407797834>

FRIZZARINI WS, Campolina JP, Vang AL, Lewandowski LR, Teixeira NN, Connelly MK, Monteiro PLJ, Hernandez LL. 2024. Mechanisms by which feeding synthetic zeolite A and dietary cation-anion difference diets affect feed intake, energy metabolism, and milk performance: Part II. *Journal of Dairy Science*. 107(7):5222-5234. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-24057>

JIMÉNEZ-SOBRINO L, Garzón-Sigler A, Pérez-Guzmán PMD, García-Martínez A, Arias-Sánchez R. 2018. Calidad microbiológica diferencial de la leche de oveja procedente de tanque. *Revista Científica*. 28(1):1-18. ISSN: 0798-2259. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95955168002>

KATSOULOS PD, Karatzia MA, Boscos CM, Wolf P, Karatzias H. 2016. In-field evaluation of clinoptilolite feeding efficacy on the reduction of milk aflatoxin M1 concentration in dairy cattle. *Journal of Animal Science and Technology*. 58(24). <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0106-4>

KHACHLOUF K, Hamed H, Gdoura H, Gargouri A. 2018. Effects of Zeolite Supplementation on Dairy Cow Production and Ruminal Parameters – A Review. *Annals of Animal Science*. 18(4):857-877. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0025>

KHACHLOUF K, Hamed H, Gdoura R, Gargouri A. 2019. Effects of dietary Zeolite supplementation on milk yield and composition and blood minerals status in lactating dairy cows. *Journal of Applied Animal Research*. 47(1):54-62. <https://doi.org/10.1080/09712119.2018.1563548>

KREMER R, Giordano JP, Rosés L, Rista L. 2015. Producción de ovejas Milchschaef en un sistema lechero en pastoreo. *Veterinaria (Montevideo)*. 51(199):12-23. ISSN 1688-4809. <https://www.revistasmvu.com.uy/index.php/smvu/article/view/120/63>



KREMER R, Rosés L. 2016. Producción y composición de leche de ovejas Frisona-Milchschaft ordeñadas 1 o 2 veces diarias. *Veterinaria (Montevideo)*. 52(201-204):128-134. ISSN 1688-4809. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6070523>

LYUBIN NA, Dezhatkina SV, Akhmetova VV, Muchitov AA, Dezhatkin IM, Zyalalov SR. 2020. Application of sedimentary zeolite in dairy cattle breeding. *Journal volume & issue*. 97(1):113-119. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2020-01.14>

MARIN MP, Pogurschi EN, Marin I, Nicolae CG. 2020. Influence of Natural Zeolites Supplemented with Inorganic Selenium on the Productive Performance of Dairy Cows. *Pakistan Journal of Zoology*. 52(2):775-783. <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20190829190816>

NRC. 2007. Nutrient Requirements of Sheep and Goats. *National Research Council*. Pp. 1-10. <https://www.aces.edu/wp-content/uploads/2018/11/ANR-0812.pdf>

OCHOA-ALFARO AE, Vega-Roque L, Ochoa-Cordero MA, Bisset-Mandeville P y Torres-Hernández G. 2009. Características físico-químicas de la leche de ovejas Rambouillet bajo manejo intensivo. *Revista Científica*. 19(2):196-2000. ISSN 0798-2259. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95911642014>

OLTEANU M, Saracila M, Ropota M, Turcu DC, Dragatoiu D, Marin MP, Pogurschi. 2019. Volcanic tuff, potential source of minerals in dairy cows feeding. *AgroLife Scientific Journal*. 8(1): 206- 213. ONLINE 2286-0126. <https://agrolifejournal.usamv.ro/index.php/agrolife/article/view/437/433>

SAAD DE, Osman AA and Soliman SA. 2021. Effects of Dietary Zeolite Supplementation on Milk Yield, Milk Composition, Digestion Coefficients and Nutritive Values in Holsten Cows. *Journal of Animal, Poultry & Fish Production*. 10(1):17-20. <https://doi.org/10.21608/japfp.2021.178518>

SECAMPO. 2023. Secretaría del Campo del Estado de México. *Tlalmanalco 2023: Panorama agropecuario municipal*. Subdirección de Información y Estadística, Departamento de Análisis y Estadística, con datos del SIAP, IGECEM e IME. https://secampo.edomex.gob.mx/sites/secampo.edomex.gob.mx/files/files/Produccion_Campo/103Tlalmanalco2023.pdf

SIMONA MZ, Camelia T. 2019. Zeolites Applications in Veterinary Medicine. *Zeolites - New Challenges*. Pp.1-16. https://www.researchgate.net/publication/334993565_Zeolites_Applications_in_Veterinary_Medicine



SULZBERGER S, Kalebich CC, Melnichenko S, Cardoso FC. 2016. Efectos de la arcilla tras un desafío con granos en la composición de la leche y en el pH ruminal, sanguíneo y fecal de vacas Holstein. *Journal of Dairy Science*. 99(10):8028–8040. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11030>

TÁNORI-LOZANO A, Montalvo-Corral M, Pinelli-Saavedra A, Valenzuela-Malendres M, Zamorano-García L, Dávila-Ramírez JL, González-Ríos H. 2023. Inclusión dietaria de clinoptilolita como aditivo en la producción de rumiantes. *Biotechnia*. 25(1): 51-60. ISSN 1665-1456.

https://www.researchgate.net/publication/366811427_Inclusion_dietaria_de_clinoptilolita_como_aditivo_en_la_produccion_de_rumiantes_Dietary_inclusion_of_clinoptilolite_as_a_feed_additive_in_ruminants_production

URÍAS-ESTRADA J, Estrada-Angulo A, Zinn RA, Plascencia A. 2021. The role of zeolite as feed additive in finishing diets for ruminants: An approach under energetic perspective. *EC Veterinary Science*. 6(6):45-49.

<https://www.researchgate.net/publication/352006487>

VAN Soest PJ. 1963. Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. II. A Rapid Method for the Determination of Fiber and Lignin. *Journal of Association of Official Agricultural Chemists*. 46(5):829-835. <https://doi.org/10.1093/jaoac/46.5.829>

YOU X, Fang Q, Chen C, Cao J, Fu S, Zhang T, Wang S, He X, He J, Zhou Y, Wang B, Wang L, Wang Z, Sun T, Yang X, Te R, Jian J, Zhou H, Dai Y, Liu Y. 2024. A near complete genome assembly of the East Friesian sheep genome. *Scientific data*. 11(1):762. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03581-w>

[Errata Erratum](#)

<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico-version-nueva/index.php/abanico-veterinario/errata>