

Ecografía mamaria en ovejas como herramienta para evaluar anomalías en la ubre y su relación con el desarrollo de la progenie

Mammary echography in ewes as a tool to evaluate udder abnormalities and its relationship with performance of their progeny

Gabriela Castillo-Hernández^{1,3}, Omar Salvador-Flores¹,
Jorge Alonso Maldonado-Jáquez^{2,3,4}

RESUMEN

Se evaluó la estructura ecográfica de la ubre en ovejas como herramienta de seguimiento a la salud mamaria y su relación con el comportamiento productivo de la progenie. Se eligieron al azar 22 hembras y sus respectivas crías. Se realizó la evaluación ecográfica y el programa Image J® 1.480 para el análisis de las imágenes. En las ubres se midió el tipo de tejido, consistencia y presencia de abscesos. En las madres se registró condición corporal (CC), edad y tipo racial y en los corderos se registró el peso al nacimiento, peso al destete y ganancia diaria de peso (GDP). La información se analizó por medio de análisis de varianza, análisis de correlación y regresión múltiple. Se encontró un efecto en la cantidad de píxeles por corte ecográfico (CE) ($p < 0.05$), siendo la mayor cantidad de píxeles en parénquima y tejido suave. Se observó efecto de edad y tipo racial en el número de píxeles. La menor cantidad de píxeles se observó en abscesos y tejido de

¹ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, México

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Laguna, Matamoros, Coahuila, México

³ Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Estado de México, México

⁴ E-mail: maldonadojorge@hotmail.com

Recibido: 28 de septiembre de 2021

Aceptado para publicación: 10 de mayo de 2022

Publicado: 29 de junio de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

cisterna en comparación con el parénquima ($p < 0.05$). Se encontró un efecto de CC cuando se consideró la consistencia ($p < 0.05$), así como edad y tipo racial. Todas las variables en estudio fueron significativas en el modelo de regresión ($p < 0.05$). Las variables que explican mayor variabilidad son tipo de tejido y GDP. El número de píxeles tiende a incrementar en ubres sanas. Se concluye que la ecografía en ovejas puede utilizarse como indicador de la salud mamaria con una fuerte relación en particular con la ganancia diaria de peso de los corderos.

Palabras clave: ultrasonografía, imágenes, crecimiento, corderos

ABSTRACT

The ultrasound structure of the udder in sheep was evaluated as a tool for monitoring mammary health and its relationship with the productive performance of the progeny. Twenty-two females and their respective offspring were randomly selected. An ultrasound evaluation and the Image J® 1480 program were performed for image analysis. In the udders, the type of tissue, consistency and presence of abscesses were measured. Body condition score, age and breed type were recorded in the dams, and birth weight, weaning weight and daily weight gain were recorded in lambs. The information was evaluated through analysis of variance, correlation analysis and multiple regression. A significant effect was found in the number of pixels per ultrasound slice ($p < 0.05$), with the highest number of pixels in parenchyma and soft tissue. Effect of age and breed type on the number of pixels was observed. The lowest number of pixels was observed in abscesses and cistern tissue compared to parenchyma ($p < 0.05$). A significant effect of body condition was found when udder consistency, age and breed type was considered ($p < 0.05$). All study variables were significant in the regression model ($p < 0.05$), where the variables that explain the greatest variability are type of tissue and body weight gain. The number of pixels tends to increase in healthy udders. It is concluded that ultrasound in sheep can be used as an indicator of mammary health with a strong relationship with daily weight gain of the lambs.

Key words: ultrasonography, images, growth, lambs

INTRODUCCIÓN

El estudio de la morfología *in vivo* a través de imágenes comenzó a hacerse desde los años 70 y 90 en estructuras de bovinos y ovinos, respectivamente (Fasulkov, 2012), y se ha mantenido como una de las técnicas apropiadas para estudiar y diagnosticar posibles alteraciones de diversos órganos de manera rápida, segura, efectiva y no invasiva. En el caso de la glándula mamaria y pezones, esta técnica permite detectar de manera temprana problemas de mastitis, hematomas,

abscesos, tumores y cuerpos extraños, entre otros (Hassan *et al.*, 2016; Dantas *et al.*, 2017). Además, existe información que señala una fuerte relación positiva entre los parámetros ecogénicos de la estructura de la ubre (sobre todo en cisterna y longitud del pezón) y la producción y calidad de leche en ovinos (Makovický *et al.*, 2015; Murawski *et al.*, 2019). Sin embargo, información técnica que ayude a relacionar estas variables productivas con la ecogenicidad de dichos órganos es aún limitada, sobre todo en países en desarrollo (Schwarz *et al.*, 2020).

A este respecto, la interpretación de imágenes y la evaluación de su calidad demanda un marco de referencia para extraer información cuantitativa, ya que la segmentación de imágenes en diferentes tipos de tejidos se logra usando una técnica de umbral simple, en la que los valores se clasifican utilizando rangos (Kurrant *et al.*, 2021) y generalmente estos valores se miden por medio de la cantidad de píxeles en una imagen. En este sentido, el uso del ultrasonido en la evaluación de la estructura de la glándula mamaria debe ser considerado como una práctica cotidiana, ya que provee la habilidad de detectar modificaciones anatómicas (Botelho-Brito *et al.*, 2018).

Por otra parte, la importancia de la salud de la ubre no solo debe ser vista a través de la longevidad en la producción y la ocurrencia de mastitis, sino que además, se deben considerar algunas características funcionales como morfología, resistencia y tolerancia a infecciones, entre otros (Vrdoljak *et al.*, 2020), ya que algunas características como profundidad de la ubre y tamaño de pezones están relacionados con la incidencia de infecciones (Pérez-Cabal *et al.*, 2013) y la eficiencia productiva (Prpic *et al.*, 2016).

En este sentido, un diagnóstico temprano, rápido y continuo ayuda a minimizar las pérdidas que acarrear los problemas relacionados con la glándula mamaria, por lo que la ecografía de la ubre puede ser utilizada como apoyo en el diagnóstico de infecciones y detección de anomalías tempranas (Ayadi *et al.*, 2003). Así mismo, se ha observado que la ecografía de la glándula mamaria en ovinos se viene utilizando en el estudio de la estructura interna de la glándula mamaria y su relación con la anatomía, infecciones y cambios en el tejido (Alejandro *et al.*, 2014). Además, se sabe que existe una asociación entre las medidas tomadas con ultrasonido y el crecimiento del cordero, las cuales pueden ser utilizadas como variables predictoras (Haslin *et al.*, 2021). Sin embargo, información que relacione la ecogenicidad de factores como tipo de tejido en un órgano particular, consisten-

cia del órgano, edad del animal, presencia de lesiones, entre otras es aún limitada. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la estructura ecográfica de la ubre en ovejas con la finalidad de desarrollar tecnología de seguimiento a la salud mamaria y su relación con el comportamiento productivo de su progenie hasta el destete.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los métodos utilizados en el estudio así como el manejo de las ovejas y de los corderos estuvieron estrictamente apegados a los lineamientos aceptados para el uso ético, cuidado y bienestar de los animales utilizados en trabajos de investigación, de acuerdo con la Federación de Sociedades de Ciencias Animales (FASS, 2010), Academia Nacional de Medicina (NAM, 2011) y por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México con la aprobación del Proyecto «Evaluación ecográfica de los órganos reproductores masculinos y femeninos en ovinos y caprinos para determinar parámetros de ecogenicidad relacionados con la eficiencia productiva y reproductiva».

El estudio se realizó en un rebaño comercial (n=500) destinado a la producción de corderos para el abasto, el cual está constituido por ovejas de pelo en absorción a Katahdin. La unidad de producción se ubica en el municipio de Nicolas Romero del Estado de México. El clima es templado subhúmedo, con lluvias en verano, precipitación anual de 800-1000 mm y temperatura media anual de 16 °C (García, 2004).

Se eligieron al azar 22 hembras ovinas adultas lactantes (≥ 1 parto), provenientes de parto doble. Previo al inicio del experimento se realizó una evaluación para detectar animales con ubres sanas y que presentarían lesiones para agrupar en base a este criterio. Se registraron 1070 datos de 8 cortes ecográficos de la ubre con 6 repeticiones por corte. Los cortes ecográficos (CE) se reali-

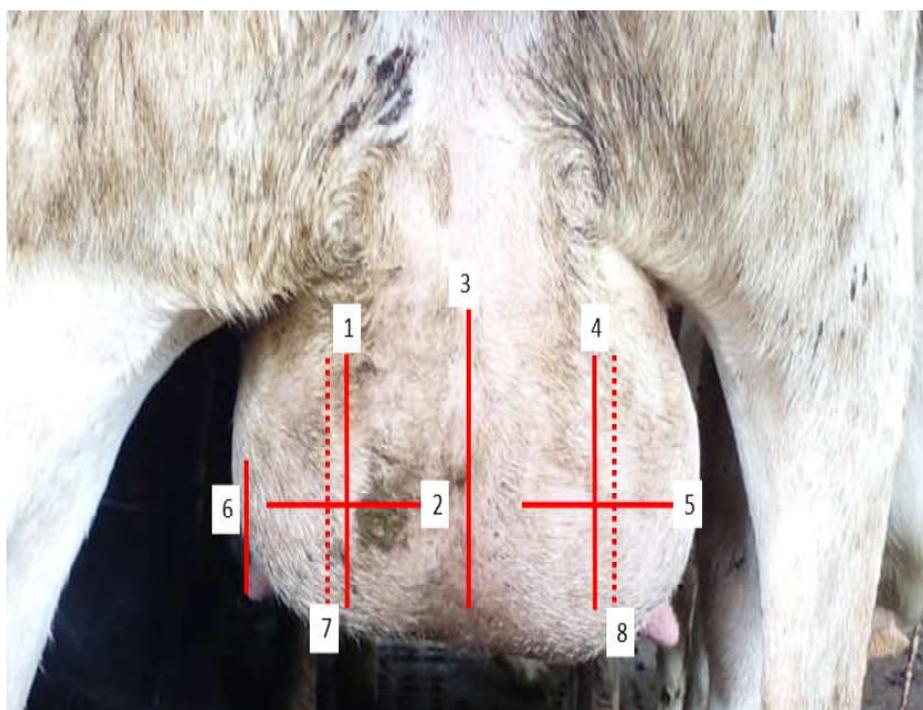


Figura 1. Cortes ecograficos considerados en la ubre de ovejas lactantes. (1) Longitudinal caudal derecho (LCaD); (2) Transversal caudal derecho (TCD); (3) Longitudinal caudal medio de los medios de la ubre (LCMM); (4) Longitudinal caudal izquierdo (LCaI); (5) Transversal caudal izquierdo (TCI); (6) Pezón izquierdo (PI); (7) Longitudinal craneal izquierdo (LCrI); (8) Longitudinal craneal derecho (LCrD)

zaron con el equipo Mindray® dp-10 (Guangzhou, China) y un transductor transabdominal convexo de 5 MHz. La medición de las imágenes en pixeles se hizo con el programa Image J® 1.480 de software libre. Se obtuvieron imágenes digitales de cada campo. Los cortes registrados (Figura 1) fueron: longitudinal caudal derecho (LCaD), transversal caudal derecho (TCD), longitudinal caudal medio de los medios de la ubre (LCMM), longitudinal caudal izquierdo (LCaI), transversal caudal izquierdo (TCI), pezón izquierdo (PI), longitudinal craneal izquierdo (LCrI), y longitudinal craneal derecho (LCrD). En cada corte se registró el tipo de tejido (parénquima o cisterna), consistencia de la ubre (dura, firme y suave) y presencia/ausencia de abscesos (Griffiths *et al.*, 2019).

En las ovejas se registró condición corporal (CC) (Montossi *et al.*, 1998), edad, tipo racial (TR) y tipo de parto (TP). En los corderos se midió peso al nacimiento, peso final (considerado como peso al destete a 100 días de edad) utilizando una báscula de gancho electrónica con capacidad de 45 kg ± 5 g (Metrology, Nuevo León, México) y ganancia diaria de peso calculado como la diferencia entre el peso final y el peso al nacimiento entre la edad al destete.

El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SAS v. 9.4. Se utilizó un modelo de efectos fijos, con un diseño completamente al azar, con el procedimiento GLM. El análisis se realizó con el bajo el siguiente modelo: $Y_{ijklmno} = \mu + CE_i + T_j + CS_k +$

$AB_l + E_m + R_n + E_{ijklmno}$ donde: Y_{ijklmn} : cantidad de pixeles por corte y/o CC; μ : constante que caracteriza a la población; CE_i : efecto fijo del i-ésimo corte ecográfico ($i=1,2,3\dots 8$), T_j : efecto fijo del j-ésimo tejido considerado en el corte ($j=1,2,3$), CS_k : Efecto fijo de la k-ésima consistencia de la ubre ($k=1,2,3$); AB_l : Efecto fijo de la l-ésima presencia de abscesos ($l=0,1$); E_m : efecto fijo de la m-ésima edad del vientre ($m=1,2\dots 5$); R_n : efecto fijo del n-ésimo tipo racial evaluado; $E_{ijklmno}$: error aleatorio, el cual se supuso normalmente distribuido.

Se realizó un análisis de correlación de Pearson, así como un análisis de regresión múltiple mediante el procedimiento Stepwise, para conocer la relación entre las variables, en especial entre la cantidad de pixeles por CE con las características de la ubre y el comportamiento productivo de los corderos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra los resultados de la media de pixeles (MP) por corte ecográfico. Se encontró un efecto dado por el tipo de corte y donde LCaD, TCD, LCaI, TCI, PI, LCRD y LCrI tuvieron valores superiores ($p<0.05$) a LCMM, que fue el corte con la menor cantidad de pixeles. Al respecto, Bruckmaier y Blum (1992) indicaron tiempo atrás que el ultrasonido provee un valioso sistema para visualizar cambios en la estructura mamaria, pues frecuencias entre 5 y 7.5 MHz son apropiadas para detectar cambios a este nivel (Alejandro *et al.*, 2014), ya que se pueden visualizar adecuadamente estructuras como parénquima, el borde entre la cisterna y el pezón. Asimismo, si se observan pérdidas en el patrón granular normal del parénquima, junto a la presencia de zonas anecoicas y rodeada de estructuras hiperecoicas, lo cual es indicativo del tejido conectivo característico de procesos infecciosos (Fasulkov *et al.*, 2014; Franz *et al.*, 2009).

Cuadro 1. Medias de pixeles por corte ecográfico en ubres de borregas adultas

Corte ecográfico	Media de pixeles
LCaD	82.95 ^a
TCD	77.14 ^a
LCMM	56.87 ^b
LCaI	73.03 ^a
TCI	78.33 ^a
PI	77.74 ^a
LCrI	80.87 ^a
LCrD	76.06 ^a
R ²	0.64
CV	35.49
P-value	<0.0001

R²= Coeficiente de determinación, CV = Coeficiente de variación

LCaD= Corte Longitudinal caudal derecho; TCD= Corte Transversal caudal derecho; LCCM= Longitudinal caudal medio de los medios de la ubre; LCaI= Longitudinal caudal izquierdo; TCI=Transversal caudal izquierdo; PI= Pezón izquierdo; LCrI= Longitudinal craneal izquierdo; LCrD= Longitudinal craneal derecho

Los resultados encontrados por tipo de tejido, consistencia de la ubre y presencia de abscesos se muestran en el Cuadro 2. La mayor cantidad ($p<0.05$) de pixeles se observó en los cortes de parénquima, mientras que la menor cantidad de pixeles por corte se observó en abscesos y tejido de cisterna ($p<0.05$). Respecto a la consistencia de ubre, se encontró mayor cantidad ($p<0.05$) de pixeles en cortes realizados sobre tejido suave, aunque sin diferencia significativa con tejido firme, mientras que los cortes duros presentaron los menores valores; resultados que concuerdan con Hassan *et al.* (2016), quienes indican una estructura granular hipoecogénica para el tejido de parénquima y

Cuadro 2. Medias de pixeles (MP) y condición corporal (CC) por tipo de tejido, consistencia y presencia de abscesos en ubres de ovejas adultas

Variable	Tipo de tejido			R ²	C.V.	P-value
	Parénquima	Cisterna	Abscesos			
MP	99.97 ^a	31.86 ^b	55.23 ^b	0.64	35.49	<0.0001
	Consistencia de ubre					
	Suave	Dura	Firme			
MP	82.05 ^a	79.42 ^{ab}	74.08 ^{bc}	0.64	35.49	<0.0001
	Presencia de abscesos					
	Ausente	Presente				
MP	76.85 ^a	72.76 ^b		0.64	35.49	0.0037
CC	2.07 ^a	1.87 ^b		0.59	15.68	<0.0001

R²= Coeficiente de determinación; C.V.= Coeficiente de variación

donde alteraciones de la apariencia normal del corte ecográfico ayudan al diagnóstico de patologías en ubre y pezones.

En la evaluación de la presencia de abscesos, los mayores valores se observaron en ubres con ausencia de abscesos, lo cual coincide con los resultados encontrados por tipo de tejido. Así mismo, una mayor CC se encontró en animales con ausencia de abscesos, lo cual es un claro indicativo de buena salud en los animales, ya que los procesos infecciosos incrementan el contenido de células somáticas en leche, reduciendo su calidad y cantidad (Kumar *et al.*, 2019), afectando la salud de la ubre (Bovo *et al.*, 2021).

No se observó un claro efecto de la edad en la cantidad de pixeles en los cortes ecográficos, ya que los mayores valores ($p < 0.05$) se encontraron en animales de 36 y 60 meses. En forma similar, en el caso de la condición corporal, los mayores niveles de pixeles se observaron en animales de 12 y 36 meses de edad ($p < 0.05$) (Cuadro 3). Por su parte, el tipo racial mostró un comportamiento similar al encontrado en edad, sin una tendencia clara a favor de ningún tipo fenotípico

Cuadro 3. Medias de pixeles (MP) y condición corporal (CC) en ubres de borregas adultas según edad y tipo racial

		n	MP	CC
Edad (meses)	12	6	73.20 ^b	2.24 ^a
	36	6	91.58 ^a	2.32 ^a
	48	5	71.95 ^b	2.08 ^b
	60	5	86.90 ^a	1.00 ^c
	R ²		0.64	0.59
	CV		35.49	15.68
	p-value		0.0005	<0.0001
Tipo racial	KT	5	76.75 ^a	2.02 ^b
	RM	4	84.84 ^a	2.04 ^b
	DP	5	57.12 ^b	2.50 ^a
	NG	4	55.81 ^b	2.43 ^a
	NGLN	4	86.80 ^a	1.00 ^c
	R ²		0.64	0.59
	CV		35.49	5.68
	p-value		<0.0001	<0.0001

R²: Coeficiente de determinación; CV: Coeficiente de variación; n: Número de ovejas; KT: Katahdin; RM: Romanov; DP: Dorper; DPxRM: Dorper x Romanov; NG: Negra; NGLN: Negra con lana

Cuadro 4. Matriz de correlaciones entre cortes ecográficos, pixeles por corte y características de la ubre de ovejas con el comportamiento productivo de los corderos

	CE	Pixeles	Tejido	CC	CU	Edad	TP	PN	PF	GDP
CE	1.00									
P	0.001	1.00								
T	-0.026	0.705***	1.00							
CC	-0.109***	-0.010	-0.048*	1.00						
CU	-0.023	-0.025	0.051*	0.269***	1.00					
Edad	0.049	0.039	0.130*	-0.162***	-0.274***	1.00				
TP	0.004	0.084***	0.071**	0.132***	-0.289***	0.357***	1.00			
PN	0.025	0.043	0.017	-0.206***	0.212***	0.026	-0.585***	1.00		
PF	0.054*	-0.032	0.0350	-0.045	0.283***	0.120***	-0.177***	0.176***	1.00	
GDP	0.0004	0.167***	0.101***	0.083***	-0.261***	0.095***	0.234***	-0.053*	-0.705***	1.00

*p<0.05; **p<0.001; ***p<0.0001

CE: Corte ecográfico; P: Pixeles; T: Tejido; CC: condición corporal; CU: Consistencia de la ubre; TP: Tipo de parto; PN: Peso al nacimiento; PF: Peso al destete (100 días); GDP: Ganancia diaria de peso

(Cuadro 3). Los resultados sugieren que el análisis ecográfico de la ubre se puede realizar en animales de cualquier edad (siempre y cuando hayan iniciado la producción de leche), tipo racial y condición corporal, lo cual asegura que se cuenta con una herramienta útil para monitorear el comportamiento de la glándula mamaria bajo diferentes esquemas de manejo y de producción (Molenaar *et al.*, 2020).

El Cuadro 4 muestra la matriz de correlaciones entre las variables consideradas. La mayoría muestra relaciones significativas, tanto positivas como negativas. Un dato interesante es la relación negativa entre consistencia de la ubre con GDP y PN (p<0.001). En este sentido, no se encontraron reportes que relacionen de manera directa el análisis ecográfico con caracteres productivos; sin embargo, Poser *et al.* (2013) indican que parámetros ecocardiográficos están significativamente relacionados con el peso corporal, ganancia de peso y edad de ovinos, con lo cual se tiene una repetibilidad y reproducibilidad excelente para la mayoría de las

dimensiones en los órganos evaluados, permitiendo que esta sea una técnica confiable para la evaluación clínica-productiva (Hallowell *et al.*, 2012). Por otro lado, Murawski *et al.* (2019) mencionan que existe una fuerte correlación entre variables ecogénicas con la producción de leche, a su vez la producción de leche influye sobre el crecimiento y la ganancia de los corderos lactantes. Por lo tanto, los resultados encontrados en el presente estudio validan la evidencia de una fuerte relación entre el comportamiento productivo con varios parámetros ecográficos.

La relación entre el número de pixeles por corte con las características de la ubre y el comportamiento productivo de los corderos se presenta en el Cuadro 5. La función lineal ($y = a + bx_1 + bx_2 + \dots, bx_n$) fue la que mejor ajustó las relaciones entre variables (>50%). Todas las variables influyeron significativamente (p<0.05) en el modelo; sin embargo, las variables que explican la mayor variabilidad del modelo fueron el tipo de tejido (49%), GDP (8.1%), peso al nacer (7.2%)

Cuadro 5. Relaciones entre el número de píxeles por corte con características de la ubre y comportamiento productivo de corderos

Coeficientes de regresión	Estimación	EE	R ² parcial	P value
Número de píxeles por corte (β_0)	-53.564	8.77	-	<0.0001
Tejido (β_1)	63.759	1.70	0.4855	<0.0001
Consistencia de ubre (β_2)	-5.358	1.44	0.0037	0.0002
Condición corporal (β_3)	-4.139	2.06	0.0013	0.0448
Edad (β_4)	-4.846	0.63	0.0057	<0.0001
Tipo de parto (β_5)	10.684	2.06	0.0021	<0.0001
Peso al nacer (β_6)	4.888	0.18	0.0072	<0.0001
Peso final (β_7)	0.45	0.12	0.0048	<0.0001
Ganancia diaria de peso (β_8)	0.14	0.03	0.0081	<0.0001
R ²		0.5214		
CV		38.99		

R²: Coeficiente de determinación; CV: Coeficiente de variación; EE: Error estándar

y edad de las madres (5.7%). Estos resultados coinciden con Silva *et al.* (2016), quienes reportan que todos los coeficientes considerados para composición corporal en ovejas y corderos influyen significativamente cuando se utiliza la ultrasonografía con modelos ovinos, pero se debe considerar que los modelos de predicción tienen un mayor peso al evaluar una raza en específico. Por su parte, Albino *et al.* (2017) indican una precisión en el análisis de regresión similar (0.56) al encontrado en el presente estudio al evaluar por ultrasonografía la composición de la estructura parenquimal de la glándula mamaria, y concluyen que se puede medir acertadamente la composición de la ubre y puede servir como base para estudiar la relación con diversos parámetros productivos.

CONCLUSIONES

- El número de píxeles en los cortes ecográficos tienden a incrementar en ubres sanas de las ovejas del estudio, de

allí que podría utilizarse como indicador de la salud mamaria durante la lactancia, pues tiene una fuerte relación con el comportamiento productivo de los corderos, en particular con la ganancia diaria de peso.

- Este es un estudio pionero de la evaluación clínico-productiva de la salud de la glándula mamaria en las ovejas y su relación con el desarrollo de los corderos, con el cual se sientan las bases para estudios que utilicen de manera integral la evaluación ecográfica y el comportamiento en los animales.

Agradecimientos

Al Programa de Apoyo para Proyectos de Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) por el financiamiento del Proyecto PE-212719 «Implementación de herramientas de campo para su evaluación en la producción y diagnóstico tanto de enfermedades como problemas de los ovinos y caprinos» y al Programa Interno de Apoyo para Proyectos de investigación por el

financiamiento del Proyecto PIAPI-2037 «Evaluación ecográfica de los órganos reproductores masculinos y femeninos en ovinos y caprinos, para determinar parámetros de ecogenicidad relacionados con la eficiencia reproductiva». Asimismo, a los productores por su invaluable apoyo en la realización del presente estudio.

LITERATURA CITADA

1. **Albino RL, Guimaraes SEF, Daniels KM, Fontes MMS, Machado AF, dos Santos GB, Marcondes MI. 2017.** Mammary gland ultrasonography to evaluate mammary parenchymal composition in prepubertal heifers. *J Dairy Sci* 100: 1588-1591. doi: 10.3168/jds.2016-11668
2. **Alejandro M, Rodríguez M, Peris C, Díaz JR. 2014.** Study of ultrasound scanning as method to estimate changes in teat thickness due to machine milking in Manchega ewes. *Small Ruminant Res* 119: 138-145. doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.02.007
3. **Ayadi M, Caja G, Such X, Knight CHH. 2003.** Use of ultrasonography to estimate cistern size and milk storage at different milking intervals in the udder of dairy cows. *J Dairy Res* 70: 1-7. doi: 10.1017/s0022029902005873
4. **Botelho-Brito M, Maronezi MC, Usategui RAR, Avante ML, Simoes AR, Feliciano MAR. 2018.** Ultrasonographic methods for evaluation of testicles in cats. *Rev MVZ Córdoba* 23: 6888-6899. doi: 10.21897/rmvz.1377
5. **Bovo S, Schiavo G, Kazemi H, Moscatelli G, Ribani A, Ballan M, Bonacini M, et al. 2021.** Exploiting within-breed variability in the autochthonous Reggiana breed identified several candidate genes affecting pigmentation related traits, stature and udder defects in cattle. *Anim Genet* 52: 579-597. doi: 10.1111/age.13109
6. **Bruckmaier RM, Blum JW. 1992.** B-mode ultrasonography of mammary glands of cows, goats and sheep during α and β -agonist adrenergic and oxytocin administration. *J Dairy Res* 59: 151-159. doi: 10.1017/S0022029900030399
7. **Dantas A, Siqueira ER, Fernandes S, Oba E, Machado VMV, Castillo AM, Sartori MMP, et al. 2017.** Mammary artery Doppler ultrasonography of Brazilian Bergamasca dairy ewe lambs under the influence of two different feeding plans. *Pesqui Vet Brasil* 37: 179-182. doi: 10.1590/S0100-736X2017000-200013
8. **[FASS] Federation of Animal Science Societies. 2020.** Guide for the care and use of agricultural animal an agricultural research and leaching. *Animal Science Societies*. 4th ed. Champaign, IL. USA. 216 p.
9. **Fasulkov IR. 2012.** Ultrasonography of the mammary gland in ruminants: a review. *Bulg J Vet Med* 15: 1-12.
10. **Fasulkov I, Georgiev P, Wehrend A, Goericke-Pesch S. 2014.** Ultrasonographic findings of pathological changes in the mammary gland in Bulgarian native goats. *Small Ruminant Res* 120: 174-180. doi: 10.1016/j.smallrumres.2014.05.007
11. **Franz S, Floek M, Hofmann-Parisot M. 2009.** Ultrasonography of the bovine udder and teat. *Vet Clin N Am-Food A* 25: 669-685. doi: 10.1016/j.cvfa.2009.-07.007.
12. **García E. 2004.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5^o ed. México: UNAM. 96 p.
13. **Griffiths KJ, Ridler AL, Compton CWR, Corner-Thomas RA, Kenyon PR. 2019.** Investigating associations between lamb survival to weaning and dam udder and teat scores. *N Z Vet J* 67: 163-171. doi: 10.1080/00480169.-2019.1596523
14. **Hallowell GD, Potter TJ, Bowen IM. 2012.** Reliability of quantitative echocardiographic in adult sheep and goats. *BMC Vet Res* 8: 181. doi: 10.1186/1746-6148-8-181

15. **Haslin E, Corner-Thomas RA, Kenyon PR, Peterson SW, Morris ST, Blair HT. 2021.** Associations among mammary ultrasound measurements, milk yield of non-dairy ewe lambs and the growth of their single lambs. *Animals* 11(7):2052. doi: 10.3390/ani11072052
16. **Hassan EA, Abdelgalil AI, Torad FA, Shamaa AA. 2016.** Ultrasonographic examination of mammary gland in lactating Jennies (*Equus asinus*). *Pak Vet J* 36: 89-92.
17. **Kumar R, Gupta DK, Bansal BK, Singh RS. 2019.** Alterations in udder health in goats with inframammary infection. *Indian J Vet Med* 39: 22-26.
18. **Kurrant D, Abdollahi N, Omer M, Mojabi P, Fear E, LoVetri J. 2021.** MWSEgEval - An image analysis toolbox for microwave breast images. *SoftwareX* 15: 100728. doi: 10.1016/j.softx.2021.-100728
19. **Makovický P, Margetín M, Milerski M. 2015.** Estimation of udder cistern size in dairy ewes by ultrasonography. *Mljekarstvo* 65: 210-218. doi: 10.15567/mljekarstvo.2015.0308
20. **Molenaar AJ, Maclean PH, Gilmour ML, Draganova IG, Symes CW, Margerison JK, McMahon CD. 2020.** Effect of whole-milk allowance on liveweight gain and growth of parenchyma and fat pads in the mammary glands of dairy heifers at weaning. *J Dairy Sci* 103: 5601-5069. doi: 10.3168/jds.2019-17126
21. **Montossi F, San Julián R, De Mattos D, Berretta EJ, Zamit W, Levratto JC, Ríos M. 1998.** Impacto del manejo de la condición corporal al parto sobre la productividad de ovejas Corriedale y Merino. *EJ Serie Técnica* 102: 185-194.
22. **Murawski M, Schwarz T, Jamieson M, Ahmadi B, Bartlewski PM. 2019.** Echotextural characteristics of the mammary gland during early lactation in two breeds of sheep varying in milk yields. *Anim Reprod* 16: 853-858. doi: 10.21451/1984-3143-AR2019-0025
23. **[NAM] National Academy of Medicine. 2011.** Guide for the care and use of laboratory animals. 8th ed. National Academy Press. Washington, USA: 220 p.
24. **Pérez-Cabal MA, Legaz E, Cervantes I, de la Fuente LF, Martínez R, Goyache F, Gutiérrez JP. 2013.** Association between body and udder morphological traits and dairy performance in Spanish Assaf sheep. *Arch Anim Breed* 56: 430-442. doi: 10.7482/0003-9438-56-042
25. **Poser H, Semplicini L, De Benedicts GM, Gerardi G, Continero B, Maschietto N, Valerio N, et al. 2013.** Two-dimensional, M-mod and Doppler-derived echocardiographic parameters in sedated healthy growing female sheep. *Lab Animal* 47: 194-202. doi: 10.1177/0023677213486895
26. **Prpic Z, Vnucec I, Benic M, Mioc B. 2016.** Relationship of litter size with milk yield, udder morphology and udder health of East Friesian sheep. *J Central Europ Agric* 17: 1331-1345. doi: 10.5513/JCEA01/17.4.1853
27. **Schwarz T, Scheeres N, Ma³opolska MM, Murawski M, Agustin TD, Ahmadi B, Strzalkowska N, et al. 2020.** Associations between mammary gland echotexture and milk composition in cows. *Animals* 10(11): 2005. doi: 10.3390/ani10112005
28. **Silva SR, Afonso J, Guedes CM, Gomes MJ, Santos VA, Azevedo JMT, Dias da Silva A. 2016.** Ewe whole body composition predicted *in vivo* by real time ultrasonography and image analysis. *Small Ruminant Res* 136: 173-178 doi: 1016/j.smallrumres.2016.01.024
29. **Vrdoljak J, Prpic Z, Samarzija D, Vnucec I, Konjacic M, Ugarkovic NK. 2020.** Udder morphology, milk production and udder health in small ruminants. *Mljekarstvo* 70: 75-84. doi: 10.15567/mljekarstvo.2020.0201