



REPETIBILIDAD Y SESGO DE IMÁGENES ULTRASONOGRÁFICAS DEL ÁREA DEL OJO DEL BIFE EN OVINOS.

*Jimeno, D'., Castells, D'., Azzarini,
M'., Deschenaux, H'., Pereira, D'., Can-
cela, P'., Reyes, F' y Rodríguez, P. ²*

1.-Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL).
Montevideo. Uruguay.

2.-Facultad de Ingeniería. Universidad de la República.
Montevideo Consulting & Systems.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de los atributos carniceros en los animales vivos es un área de permanente interés a nivel mundial. Se puede realizar visualmente (grado de muscularidad y engrasamiento), o recurriendo a imágenes ecográficas o tecnologías más modernas pero de muy alto costo como la tomografía computada.

El ultrasonido en tiempo real (UTR) provee un método rápido y no invasivo para estimar músculo y grasa en animales vivos.

Esta herramienta se está empleando a nivel mundial, principalmente dirigida al mejoramiento genético de rasgos relacionados con atributos de la canal en vacunos, suinos y ovinos. En nuestro país existe experiencia de su uso en vacunos y lanares. El INIA, en la raza Hereford incorporó estas mediciones en la rutina de la evaluación genética. En la raza Ideal se incorporaron medidas ecográficas en una evaluación genética de la Central de Prueba de Progenie. Se están estudiando además, aplicaciones para la evaluación de puntos de terminación en animales de invernada.

El entrenamiento de los técnicos y su experiencia son puntos críticos para una apropiada colecta e interpretación de imágenes, si es que se desea obtener medidas precisas y exactas del área del músculo Longissimus dorsi (AOB) y el espesor de grasa (EG) (Williams, 2001). Herring et al., (1994) manifiestan que las dos fuentes principales de error son la adquisición de las imágenes y su interpretación.

Por otro lado el sistema usado para capturar e interpretar imágenes puede tener un impacto importante en la precisión y confianza del ultrasonido. Herring et al., (1994) encontraron interacción entre máquina-sistema y técnico para AOB y EG en vacunos. Estos autores compararon cuatro sistemas de ultrasonido, variando las correlaciones entre 0.36 - 0.90 y 0.69 - 0.90 para AOB y EG, respectivamente. El desarrollo y validación de nuevos software y algoritmos es uno de los caminos para mejorar esta tecnología (Williams, 2002).

En general es requisito la acreditación de los técnicos, para que sus mediciones sean aceptadas en un Programa de Evaluación Genética. Por ejemplo en Estados Unidos existe un comité que es el responsable de desarrollar, mantener y gobernar el protocolo técnico - profesional y los estándares para la certificación de técnicos en composición corporal mediante ultrasonido. El LAMBPLAN en Australia tiene técnicos acreditados para ovinos. Para lograr la acreditación es necesario pasar

determinados niveles de una prueba teórica y práctica. Estos requisitos ayudan a desarrollar y estandarizar buenos técnicos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la precisión y exactitud de diferentes operadores en las mediciones realizadas en el área del ojo del bife de corderos pesados (AOB).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Un día previo a la prueba, un ecografista profesional entrenó a tres técnicos en la adquisición e interpretación de imágenes ecográficas. Dos de ellos no tenían experiencia previa (técnicos A y B) y el restante (C) tenía cierta experiencia. Dicho entrenamiento fue realizado por el técnico brasileño Jaime Taurocco, que ha sido entrenado mediante cursos especiales en Iowa State (Estados Unidos) y es técnico de referencia en Brasil y en la región. Los corderos usados para el entrenamiento fueron distintos a los de la prueba.

Para el ensayo, se usaron 48 corderos pesados cruce de madres Corriedale y padres Texel, Romney y Hampshire. Cada técnico adquirió en forma independiente dos imágenes del *Longissimus dorsi* y su grasa de cobertura del lado izquierdo y en el último espacio intercostal. Los animales se pasaron dos veces en forma aleatoria.

Se utilizó un ecógrafo ALOKA 500V con una sonda lineal modelo UST 5017 de 5 MHz y 85 mm. (sugerida por J.R. Stouffer) insertada en una guía (stand off) curva.

El programa de adquisición e interpretación de imágenes fue el S.V.C (Sistema de Valoración Cárnica), desarrollado especialmente para estos fines por técnicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.

Cada técnico realizó individualmente las interpretaciones de sus imágenes en los días posteriores a la adquisición.

El embarque de los corderos se hizo a los tres días de la prueba, y al siguiente día se faenaron. En promedio pesaron 43.6 kg., siendo el más liviano de 35.2 kg. y el más pesado de 53.7 kg..

En el Cuadro 1 se presentan las características generales de los animales en la faena.

Las mediciones de AOB se realizaron 24 horas luego de la faena y con las canales frías cuarteadas a nivel de la 12ª costilla. Se tomó especial cuidado en las mediciones de AOB en la canal, dado que es la medición tomada como verdadera. Para ello se escanearon ambos lados de la media res (scanner Hewlett Packard) y se guardaron las imágenes en una computadora portátil. Se adaptó el programa S.V.C. a la escala de digitalización para poder interpretarlas correctamente. Dos técnicos (1 y 2) en forma independiente midieron una sola vez las AOB del lado derecho e izquierdo de la canal. Se analizó la consistencia de las mediciones de ambos operadores,



Cuadro 1. Pesos y mediciones de 48 corderos pesados.

		Media	σ	Mínimo	Máximo
Peso de Faena	PF	43.6	4.7	35.2	53.7
Peso carcasa caliente	PCC	20.7	3.1	15.8	29.1
Peso de carcasa fría	PCF	20.3	3.0	15.5	28.6
Rendimiento	R%	47.4	2.7	41.9	55.6
Peso trasero	PT	8.6	1.3	6.6	12.4
Condición corporal	CC	3.8	0.6	2.5	5.0
Punto GR	GR	9.0	3.5	5.0	19.0
Área del Ojo					
Izquierda	FAOB_I	13.6	2.3	6.8	20.1
Derecha	FAOB_D	13.9	2.2	9.9	20.8

calculando correlaciones y diferencias de medias.

Se usaron estadísticos simples para evaluar a los operadores en su desempeño en la toma de medidas repetidas de los animales con el ecógrafo y en la concordancia de las imágenes con los valores "verdaderos" hallados en el frigorífico.

Cochran y Cox (1957) definen exactitud como la cercanía en que una medida se aproxima a su valor verdadero y precisión como la repetibilidad (correlaciones) de las mediciones. Unas mediciones pueden ser muy precisas pero de baja exactitud.

Es de interés saber la repetibilidad de cada operador en la adquisición-interpretación de las imágenes. Para ello se calculó la correlación entre las dos mediciones realizadas por cada operador. Otra manera de ver la consistencia de cada técnico (repetibilidad), es calculando la raíz cuadrada media de la diferencia cuadrada de la primera y segunda medida (error estándar de la diferencia, EED). Estos estadísticos están relacionados.

El EED es preferido a la diferencia promedio absoluta como una medida de variabilidad debido a que al elevar al cuadrado la diferencia, unos pocos errores grandes se consideran más serios que muchos pequeños. (Robinson et al., 1992)

$$EED_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (US_{1ji} - US_{2ji})^2}{n}}$$

EED_j = error estándar de la diferencia del $j^{\text{ésimo}}$ técnico

US_{1ji} = primera medida del $j^{\text{ésimo}}$ técnico.

US_{2ji} = segunda medida del $j^{\text{ésimo}}$ técnico.

La precisión y exactitud de los técnicos en general se calcula comparando las medidas en la carcasa con las realizadas con el ecógrafo. Sin embargo, es sabido que se producen considerables cambios en grasa y músculo como resultado de la faena y el colgado de la canal. A pesar de esto, las mediciones en la canal son generalmente consideradas el estándar para comparar cualquier otra técnica de medición (Robison, et al., 1992).

La correlación entre la medición con UTR y la canal, es un estadístico usualmente calculado en muchos trabajos, aunque no considera el sesgo del técnico y depende de la variación de la muestra analizada.

Por tal motivo, para minimizar esta desventaja se considera el sesgo y el error estándar de la predicción.

El sesgo de cada técnico se calcula como la diferencia promedio entre las mediciones UTR y la canal, lo cual provee información promedio de la magnitud y la dirección del error de cada técnico.

$$\text{Sesgo}_j = \frac{\sum_{i=1}^n (US_{ji} - C_i)}{n}$$

Sesgo_j = error medio del $j^{\text{ésimo}}$ técnico.

US_{ji} = medida ecográfica de $j^{\text{ésimo}}$ técnico en el animal i .

C_i = medida promedio en la canal del animal i .

n = número de animales.

Un sesgo consistente no es problema en las evaluaciones genéticas. Sin embargo, técnicos con altos sesgos pueden llevar a malas predicciones de la canal. Si los corderos son enviados a faena con malas predicciones pueden ser clasificados erróneamente en una categoría de valor.

Dentro de las medidas de variabilidad se usan la raíz cuadrada media del error (RCME) y el error estándar de la predicción (EEP). El EEP es similar al RCME excepto que el primero corrige por el sesgo de cada operador (Robinson et al., 1992). Es el estadístico más importante para las evaluaciones genéticas, dado que éstas toman en cuenta el efecto del grupo contemporáneo.

$$EEP_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (US_{ji} - C_i - \text{sesgo}_j)^2}{n-1}}$$

EEP_j = error estándar de la predicción del $j^{\text{ésimo}}$ técnico.

sesgo_j = sesgo del $j^{\text{ésimo}}$ técnico.

n = número de animales.

Usando esta fórmula, la exactitud se calcula después de haber corregido por el sesgo y unos pocos errores grandes (desviaciones entre las medidas de UTR y canal) son considerados graves.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En las medidas realizadas sobre las imágenes digitalizadas en el frigorífico, no se encontraron diferen-



cias estadísticamente significativas entre los técnicos (Pvalor=0.89), el lado de la canal medido (área de ojo del bife derecho e izquierdo, Pvalor=0.22) y la interacción entre ambos (Pvalor=0.68)

Las correlaciones encontradas entre los operadores fueron muy altas (Cuadro 2).

Estos resultados no concuerdan con los de Azzarini et al., (1999), que hallaron correlaciones menores entre el AOB derecho e izquierdo (0.61) realizando una sola medida sobre el dibujo del AOB en acetato. Este método de medición puede tener errores en el dibujo del área en el frigorífico y también en la medición de ésta.

Correlaciones de mediciones en frigorífico del área del ojo del bife realizadas por dos técnicos en el lado izquierdo y derecho de la canal.

Lado		Técnico		Correlación
Izquierdo	Izquierdo	1	2	0.99
Derecho	Derecho	1	2	0.99
Izquierdo	Derecho	1	2	0.93
Izquierdo	Derecho	1	1	0.93
Izquierdo	Derecho	2	2	0.92 ¹

Se ajustó un modelo de regresión para combinaciones de mediciones de un técnico sobre la medición del otro. En todos los casos el intercepto no resulto estadísticamente diferente de cero y los coeficientes de regresión fueron cercanos a uno (mayores a 0.95, Pr<.0001). Estos resultados indican que ambos midieron lo mismo.

En base a estos resultados se tomó como medida "verdadera" del AOB el promedio obtenido por los técnicos 1 y 2 del lado izquierdo de la canal.

Cuadro 4. Estadísticos entre medidas ecográficas y de la canal de aérea del ojo del bife para tres técnicos.

Técnicos	A		B		C	
	1	2	1	2	1	2
Medición						
Correlación	0.70	0.62	0.67	0.69	0.76	0.67
Sesgo (cm.)	-2.4	-3.8	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8
Error estándar de la predicción (cm ²)	1.80	1.95	1.96	1.82	1.52	1.98

Estos resultados de correlaciones son altos comparados con la literatura (Cuadro 5), concordando con los datos nacionales (Bianchi y Gariboto, 2003). Es de destacar que la información resumida por Houghton, et al., (1992) comprende diferentes equipos y transductores, pudiendo esto explicar en parte las correlaciones observadas.

Por otro lado, Banks, et al., (2001) probaron dos transductores lineales, uno usado normalmente en vacunos y el otro en suinos, con un equipo Pie Medical 200 SLC, obteniendo una correlación baja con el transductor de bovinos (0.30) y media con el de suinos (0.57). Ambos transductores, además, sobreestimaron el AOB de frigorífico.

El operador C, el de más experiencia, fue el que presentó mayor repetibilidad y también la mejor exactitud, (menor error estándar, entre las dos mediciones con el ecógrafo). Los otros dos técnicos si bien tuvieron correlaciones menores, estas no fueron bajas. Azzarini et al., (1999) obtuvieron correlaciones menores, del orden de 0.3, con un ecógrafo Pie Medical 480 provisto de una sonda de 5 Mhz.

Cuadro 3. Repetibilidad y error estándar de la diferencia en dos mediciones de imágenes ecográficas realizadas por tres técnicos.

	A	B	C
Repetibilidad	0.65	0.57	0.78
Error estándar de la diferencia (cm ²)	1.9	2.3	1.5

En relación a la comparación con las mediciones post mortem (Cuadro 4), nuevamente el operador C, fue el que presento mayores correlaciones entre las dos adquisiciones y la medición de AOB en frigorífico. Además de tener los menores sesgos.

El técnico A con correlaciones altas fue consistentemente el que subestimó más el área, trazando áreas menores a las reales. En cambio el operador B, presento sesgos menores y correlaciones menores. Estos resultados demuestran que un técnico puede presentar valores altos de correlaciones pero tener valores de AOB menores que la canal. Esto puede estar dado por la calidad de la imagen adquirida y en su interpretación.

Los valores de EED se encuentran dentro del rango de 1.07 a 3.25 cm² obtenidos por Panting, et al., (2000) en base a las mediciones realizadas por siete técnicos. Esto indica, por ejemplo, que podemos esperar que si el operador A tiene un EED = 1.5 cm², la diferencia entre dos mediciones de UTR hechas por él en el mismo animal estén dentro de 1.5 cm², al menos el 66% de las veces.

Cuadro 5 Resumen de correlaciones entre medidas del área del ojo del bife en ovinos in vivo con ecógrafo y post mortem en frigorífico

Autores	Correlación
Campbell et al., 1959 ¹	0.44 a 0.79
Moody et al., 1965. ¹	0.52 a 0.66
Kempster et al., 1982. ¹	0.50
Edwards, et al. 1989 ¹	0.36
Turlington, 1990 ¹	0.58
Bianchi y Gariboto 2003 El Tomero	0.59
Bianchi y Gariboto 2003 La Tapera	0.70
Banks, et al. 2001 traductor para vacunos	0.30
Banks, et al. 2001 traductor para suinos	0.57

¹ Todas las correlaciones fueron altamente significativas (Pr.<0.01)

¹ Houghton, et al. (1992)



Panting et al., (2000) obtuvieron valores de EEP entre 1.07 a 3.25 cm², siendo mayor al encontrado en el presente trabajo (1.52 a 1.98 cm²). El menor valor de 1.52 cm² indica que esperamos que dos tercios de las mediciones del técnico C estén dentro de 1.52 cm² de las mediciones realizadas en la canal ("verdaderas").

CONCLUSIONES

El entrenamiento y la experiencia de los técnicos es importante para lograr mediciones UTR precisas y exactas. Para su uso en evaluaciones genéticas, sería necesario determinar los niveles mínimos de aceptación de los distintos estadísticos, tal como lo estipulan los protocolos usados en otros países. Para ello, la formación de un Comité Nacional entre las instituciones con experiencia en esta tecnología sería lo aconsejable.

Finalmente, la realización de un experimento que evaluara diferentes equipos, transductores y software aportaría información valiosa para la aplicación de esta tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

1 Azzarini, M., Cardellino, Ricardo A. y Castells, D. 1999. Empleo de la ultrasonografía en ovinos. Correlaciones entre mediciones in vivo y post mortem en corderos pesados. Producción

Ovina (12) 27 - 35.

- 2 Banks, B.D., Benson, M.E., Cowley, J.D., Good, G.C., Shane, M.T. y T.M. Villumsen. 2001. Comparison of carcass data and ultrasound measures using both cattle and swine standoffs for loin eye area, loin eye depth and external fat in lambs. *J. Anim. Sci.* 79: Suppl. 1.
- 3 Bianchi, G. y Garibotto G. 2003. Uso practico del Ultrasonido. *Revista del Plan Agropecuario*. Num. 105.
- 4 Cochran, W.G. y Cox, G.M. 1957. *Experimental Design* (2nd edition). John Wiley & Sons, New York.
- 5 Herring, W.O., Millar, D.C., Bertrand J.K y Benysheck L.L. 1994. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfat and longissimus muscle in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 72 : 2216-2226.
- 6 Houghton, P.L. y Turlington., L.M. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals : a review. *J. Anim. Sci.* 70 : 930-941.
- 7 Panting, R.R., Harrison, S.N., Jensen, J.C., Nash, S., Packham, J.H., Whittier y S.K. Duckett. 2000. Utilizing real - time ultrasound to predict carcass quality of lambs. *J. Anim. Sci. Supl.* 83 305.
- 8 Robinson, D.L., McDonald, C.A., Hammond, K. y Turner, J.W. 1992. Live animal measurement of carcass trait by ultrasound: Assessment and accuracy of sonographers. *J. Anim. Sci.* 70: 1667 - 1676.