



# Longitud de sarcómeros en músculos de bovinos criollos Romosinuano cruzados con Brahman, en Córdoba, Colombia

Sandra Perdomo-Ayola<sup>1,2\*</sup> ; Jose Jaime Pulido-Pupo<sup>2</sup> ;  
Janeth Sierra-Monroy<sup>3</sup> ; Lorena Aguayo-Ulloa<sup>1,4</sup> .

<sup>1</sup>Corporación Colombiana en Investigación Agropecuaria (Agrosavia). Grupo de Investigación e innovación en salud y bienestar animal (GIISBA), Cundinamarca, Colombia.

<sup>2</sup>Corporación Colombiana en Investigación Agropecuaria (Agrosavia). Centro de investigación Motilonia, Agustín Codazzi, Cesar, Colombia.

<sup>3</sup>Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. LDF- Ibagué, Tolima, Colombia.

<sup>4</sup>Corporación Colombiana en Investigación Agropecuaria (Agrosavia). Centro de investigación Turipaná, Cereté, Córdoba, Colombia.

\*Correspondencia: [sperdomo@agrosavia.co](mailto:sperdomo@agrosavia.co)

Recibido: Julio 2022; Aceptado: Diciembre 2022; Publicado: Enero 2023.

## RESUMEN

**Objetivo.** Determinar histológicamente la longitud de los sarcómeros (LS) en muestras de músculos de cortes comerciales en toretes bovinos Romosinuano por Brahman. **Materiales y métodos.** Se analizó dieciocho (18) cortes musculares con cuatro repeticiones de diez toretes (aprox. 24m y 525±28.9 kg) para la medición de las bandas que conforman la LS, mediante tinción con hematoxilina – eosina. Se contó el número de “bandas A” presentes en una distancia de 20 µm en cada uno de los cortes. **Resultados.** El promedio general de LS para los 18 cortes fue de 2.12 µm. Las LS más largas se observaron en los músculos *iliopsoas* (3.32 µm) y *tensor de la fasciae latae* (3.26 µm) (ambos p>0.05), las que fueron significativamente mayores (p<0.05) que las obtenida para los músculos *biceps femoris* (1.69 µm) y *gluteus medius* (1.71 µm), los que fueron considerados de menor LS (ambos p>0.05). **Conclusiones.** Se encontraron diferencias en LS entre varios músculos que corresponden a cortes comerciales de Colombia. Las diferencias se relacionan con el tipo, ubicación y disposición del músculo en la canal durante el enfriamiento. El músculo *iliopsoas* (solomillo o filete), catalogado en el mercado como corte fino debido a su ternera, fue el de mayor LS. Este es un trabajo preliminar para un cruce criollo colombiano; por lo tanto, es necesario seguir profundizando en estudios que permitan dilucidar en qué medida existe un efecto de la raza y de los procesos industriales (tratamiento térmico y disposición de las canales en cámaras de frío) sobre la LS; pero también sobre la relación causa/efecto entre LS y ternera de la carne.

**Palabras clave:** Canal animal; Carne; fibras musculares; histología; torete (*Fuente: FAO*).

## ABSTRACT

**Objective.** To determine histologically the length of the sarcomeres (LS) in muscle samples from commercial cuts in Romosinuano by Brahman bovine bulls. **Materials and methods.** Eighteen (18) muscle cuts with four repetitions of ten bulls (approx. 24m of age and 525±28.9 kg) were analyzed for the measurement of the bands that make up the LS, by staining with hematoxylin - eosin. The

### Como citar (Vancouver).

Perdomo-Ayola S, Pulido-Pupo JJ, Sierra-Monroy J, Aguayo-Ulloa L. Longitud de sarcómeros en músculos de bovinos criollos Romosinuano cruzados con Brahman, en Córdoba, Colombia. Rev MVZ Córdoba. 2023; 28(1):e2794. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2794>



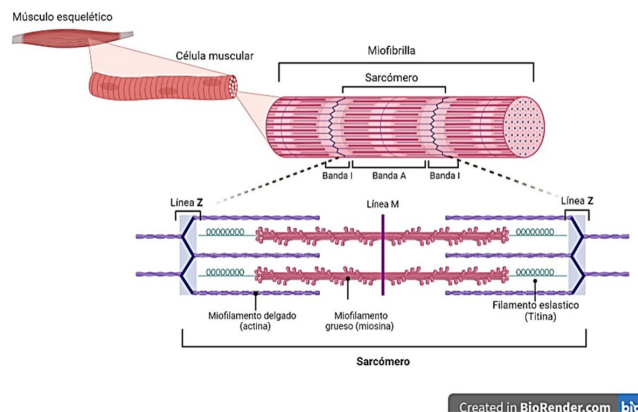
©El (los) autor (es) 2023. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

number of "A bands" present at 20  $\mu\text{m}$  in each of the slices were counted. **Results.** The general average of LS for the 18 cuts was 2.12  $\mu\text{m}$ . The longest LS were observed in the iliopsoas (3.32  $\mu\text{m}$ ) and tensor fasciae latae (3.26  $\mu\text{m}$ ) muscles (both  $p > 0.05$ ), which were significantly longer ( $p < 0.05$ ) than those obtained for the biceps femoris (1.69  $\mu\text{m}$ ) and gluteus medius (1.71  $\mu\text{m}$ ) muscles, which were considered to have lower SL (both  $p > 0.05$ ). **Conclusions.** Differences in LS were found between several muscles that correspond to commercial cuts from Colombia. The differences are related to the type, location and arrangement of the muscle in the carcass during cooling. The iliopsoas muscle (sirloin or fillet), cataloged in the market as a fine cut due to its tenderness, was the one with the highest SL. This is preliminary work for a Colombian Creole cross; therefore, it is necessary to continue deepening studies that allow elucidating to what extent there is an effect of the breed and of the industrial processes (thermal treatment and disposal of the carcasses in cold chambers) on the LS; but also, about the cause/effect relationship between LS and meat tenderness.

**Keywords:** Bulls; Carcasses; histology; meat; muscle fibres (*Source: FAO*).

## INTRODUCCIÓN

Los sarcómeros son unidades contráctiles y funcionales para la generación de fuerza básica del músculo estriado, de modo que sus funciones principales son la locomoción y el mantenimiento de la postura del animal y como subproducto importante ayuda al aporte del calor corporal (1). Anatómicamente, el sarcómero se encuentra limitado por dos líneas Z. A nivel central cuenta con una banda A (anisótropa) y dos bandas I (isótropas). En su estructura se destacan dos proteínas como la miosina y la actina (2) (Figura 1), las cuales se encuentran diseñadas y organizadas para la generación de la fuerza pasiva y activa (3).



**Figura 1.** Estructura anatómica del sarcómero y la disposición de sus proteínas contráctiles. Elaboración propia. Creado con BioRender.

La LS tiene mucha importancia en cuanto a la calidad de la carne, influyendo principalmente sobre la terneza, es decir, la reducción o disminución en la fuerza de corte (1,4,5,6) en sinergia con otros factores bioquímicos como el

pH final, la degradación de la desmina, titina, nebulina, tropomiosina, troponina T y proteína C en la línea Z mediada por la calpaína (7), y por disminución del contenido y la solubilidad del tejido conectivo, entre otros (5,8). No obstante, puede verse afectada por: la tasa de reacciones post mortem (manejo pre-sacrificio), los procesos industriales como el tratamiento térmico con frío extremo (acortamiento por frío), la disposición de la canal en cámaras o las restricciones mecánicas en los músculos (1,9) el manejo de la dieta (6,10), la localización anatómica del músculo (11), e incluso podría estar determinada por la raza de los animales (12).

Después del beneficio animal y su transformación en frigorífico, los manejos de las canales a nivel industrial son un factor importante ya que pueden determinar algunos problemas en la calidad de la carne. Cuando el músculo esquelético es expuesto al frío intenso antes de que ocurra la etapa del *rigor mortis*, se genera un fenómeno conocido como acortamiento por frío o *cold shortening* que afecta directamente a la longitud de los sarcómeros, a la textura y retención de agua; e indirectamente al color, sabor y terneza (1), aumentando de cuatro a cinco veces la fuerza necesaria para realizar el corte de la carne (13), especialmente cuando miden menos de 2  $\mu\text{m}$  (5). No obstante, cuando las canales son almacenadas en los cuartos de refrigeración, es importante tener en cuenta el grosor de la cobertura dorsal de grasa, ya que ayuda a prevenir un excesivo acortamiento de los sarcómeros durante el enfriamiento de la canal en la etapa de *rigor mortis* (14). De esta forma, la LS tiene relevancia ya que puede tener influencia sobre la terneza/dureza de corte de la carne, de acuerdo con los factores previamente mencionados. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo determinar histológicamente

la longitud de los sarcómeros en muestras de distintos cortes comerciales del cruce bovino de raza criolla Romosinuano por Cebú (F1 RxC). Cabe destacar que este estudio tiene un carácter descriptivo y de caracterización de esta medición sobre un número significativo de diferentes tejidos musculares del F1 RxC. No se obtuvo datos de textura como compresión o resistencia al corte, por lo que dicha información se soportará con datos de la bibliografía disponible.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Consideraciones éticas.** Los procedimientos para el uso de animales fueron aprobados por el Comité de ética para la investigación de Agrosavia (Acta N°013). En lo que respecta a la planta de beneficio, esta implementa métodos humanitarios de sacrificio autorizado por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) (15).

### Sitio de estudio y obtención de muestras.

Se evaluó los músculos de diez toretes F1 Romosinuano por Brahman, levantados y cebados bajo pastoreo y suplementados con una ración balanceada (0.4% del peso vivo) de productos locales las últimas 18 semanas hasta el beneficio ( $\pm 24$  meses de edad,  $525 \pm 28.9$  kg). Los animales fueron beneficiados bajo los procedimientos comerciales estándar en un frigorífico de exportación con decreto 1500 (registro INVIMA cód. 680B/122D; 15) ubicado en el departamento de Córdoba, Colombia. Luego de la faena, se obtuvieron canales calientes con un peso promedio de  $283,17 \pm 22,4$  Kg, cobertura grasa homogénea y un espesor de la grasa dorsal (EGD) promedio de  $4.8 \pm 1.6$  mm, pasaron a cámaras de enfriamiento a una temperatura inicial entre 10 a 15°C hasta alcanzar temperaturas entre 0 y 4°C. El pH alcanzado a las 24h fue de 5.69 para el lomo y 5.73 para la pierna. En la sala de desposte, se obtuvieron los cortes (músculos) a las 48 horas después del beneficio, a partir de medias canales izquierdas a temperatura menor a 7°C. Para evaluar la longitud del sarcómero, una porción de cada corte fue trasladado, en media hora y a temperatura de refrigeración, al Laboratorio de carnes del CI Turipaná, donde inmediatamente se tomó sub-muestras de 1.5 cm de largo x 1 cm de ancho del músculo más representativo (4 repeticiones) de cada uno de los dieciocho cortes provenientes de los diez animales (Tabla 1)

**Tabla 1.** Nombre comercial del corte y nombre científico del músculo más representativo de dicho corte.

Nombre de Cortes	Comercial	Científico	
<b>finos</b>	Lomo fino	<i>iliopsoas</i>	
	Lomo angosto	<i>longissimus thoraci</i>	
	Lomo ancho	<i>longissimus dorsi</i>	
	Punta de anca	<i>gluteus superficiales (glutebiceps)</i>	
<b>de primera</b>	Cadera	<i>gluteus medius</i>	
	Colita de cadera	<i>tensor fasciae latae</i>	
	Centro de pierna	<i>semimembranosus</i>	
	Bola de pierna	<i>rectus femoris</i>	
	Muchacho	<i>semitendinosus</i>	
	Posta	<i>biceps femoris (gluteobiceps)</i>	
	<b>de segunda</b>	Lagarto delantero	<i>extensor digitorum communis et lateralis</i>
		Sobrebarriga	<i>obliquus externus abdominis</i>
		Bola de brazo	<i>tricipitis brachii</i>
		Lomo de brazo	<i>supraespinatus</i>
Paletero externo		<i>infraspinatus</i>	
Pecho		<i>pectoralis profundus</i>	
<b>de tercera</b>	Cogote	<i>pars cervicalis</i>	
	Lagarto trasero	<i>extensor digitorum lateralis et longus</i>	

### Procedimientos para el análisis de muestras.

Las muestras sin maduración (obtenidas 48 horas después del sacrificio), fueron conservadas en solución de formaldehído al 10% por 24 horas con el fin de evitar lisis de los tejidos. Posteriormente, el formaldehído fue reemplazado por alcohol al 70% para la conservación de cada una de las muestras, las cuales fueron enviadas al laboratorio externo donde emplearon un protocolo para el procesamiento de las muestras, tiñendo los tejidos con hematoxilina - eosina (H&E). El grosor de los cortes histológicos fue de 5  $\mu$ m. Lo anterior se basó en el protocolo como lo reporta Megías et al (16) y Farias et al (17).

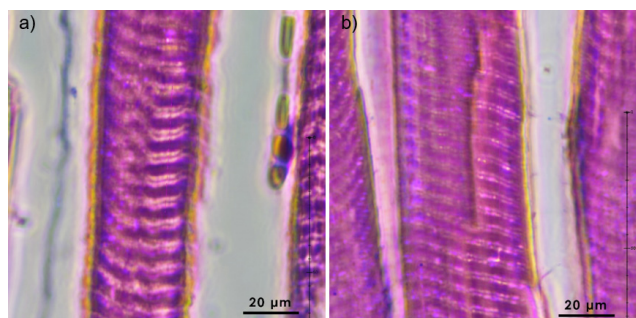
Los tejidos musculares, fueron coloreados con hematoxilina - eosina (H&E) y para su lectura se contó el número de bandas A en una distancia seleccionada a conveniencia de 20  $\mu$ m en cada una de las muestras musculares y la longitud del sarcómero se calculó dividiendo la distancia medida (20  $\mu$ m) por el número de bandas

A observadas en el segmento seleccionado (17,18). Las imágenes fueron capturadas con un microscopio de contraste de fases Nikon Eclipse Ci-L con cámara digital integrada Nikon DS-Ri2 bajo un objetivo de 100x, utilizando el software NIS Elements D. El conteo de las bandas de los sarcómeros se realizó con el software Image J 1.53a, (19) lo que arrojó 720 lecturas para todo el experimento.

**Análisis estadístico.** Para el análisis de la información fueron construidas bases de datos. Para estimar el efecto del tipo de corte se realizó un análisis de varianza por el método de mínimos cuadrados bajo un diseño completamente al azar, y se determinó el efecto significativo del tipo de corte a través de la prueba de comparación múltiple de Tukey para la comparación de medias con una significancia del 5%. Se realizó el procedimiento GLM del software SAS Enterprise 8.3.

## RESULTADOS

La longitud promedio de los sarcómeros obtenida para cada corte en los diferentes tipos de músculo de los diez animales evaluados se describe en la Tabla 1. La media general fue de 2.12  $\mu\text{m}$ , con un rango entre 1.69 a 3.32  $\mu\text{m}$ . El *M. iliopsoas* (solomito o lomo fino) y el *M. tensor fasciae latae* (colita de cadera) fueron los músculos (cortes) que presentaron la mayor LS ( $p < 0.05$ ), respecto de los demás músculos, con excepción del *M. pectoralis* (pecho), que obtuvo una LS similar a los músculos previamente mencionados. El promedio de LS de ambos músculos (3.29  $\mu\text{m}$ ) fue un 55.18% superior que la media general. Por otro lado, el *M. gluteobiceps* (bota o posta), presentó la menor LS, y no se encontró diferencias ( $p > 0.05$ ) con 14 músculos (Tabla 2). El promedio de éstos 14 músculos (1.91  $\mu\text{m}$ ) fue un 9.91% inferior a la media general (Figura 2).



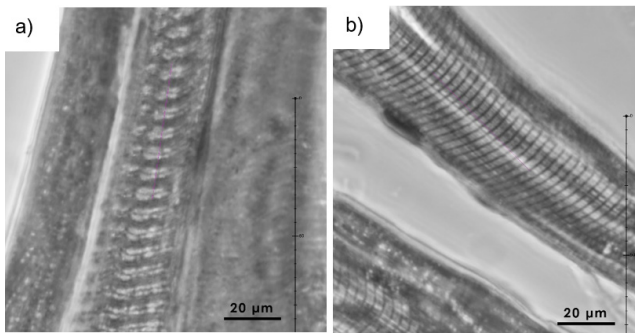
**Figura 2.** Tejidos musculares bajo tinción H&E para medición de sarcómeros. a) Solomito o lomo fino (*M. iliopsoas*). b) Lomo de brazo (*M. supraespinatus*).

**Tabla 2.** Valores promedio, mínimo, máximo y desviación estándar de la longitud de sarcómero ( $\mu\text{m}$ ) en músculos de la canal de bovinos enteros, cruce F1 de Romosinuano por Cebú comercial ( $\pm 24$  meses de edad).

Ubicación (cuarto)	Nombre Científico	Media	DE	mín-máx.	SE
<b>Cortes finos</b>					
Posterior	<i>iliopsoas</i>	3.32 a*	0.34	2.77-3.83	0.09
Anterior	<i>longissimus thoraci</i>	1.87 cd	0.15	1.67-2.08	0.09
Posterior	<i>longissimus dorsi</i>	1.90 cd	0.53	1.12-3.21	0.09
Posterior	<i>gluteus superficiales (glutebiceps)</i>	1.80 d	0.12	1.63-2.06	0.09
<b>Cortes de primera</b>					
Posterior	<i>gluteus medius</i>	1.71 d	0.14	1.44-1.91	0.09
Posterior	<i>tensor fasciae latae</i>	3.26 a	0.48	2.43-3.83	0.09
Posterior	<i>semimembranosus</i>	2.05 cd	0.29	1.52-2.46	0.09
Posterior	<i>rectus femoris</i>	1.85 cd	0.14	1.70-2.11	0.09
Posterior	<i>semitendinosus</i>	2.14 bcd	0.32	1.78-2.86	0.09
Posterior	<i>biceps femoris (gluteobiceps)</i>	1.69 d	0.19	1.34-1.95	0.09
<b>Cortes de segunda</b>					
Anterior	<i>extensor digitorum communis</i>	2.02 cd	0.32	1.71-2.59	0.09
Anterior	<i>obliquus externus abdominis</i>	1.74 d	0.21	1.35-2.18	0.09
Anterior	<i>tricipitis brachii</i>	2.33 bc	0.23	2.06-2.80	0.09
Anterior	<i>supraespinatus</i>	2.03 cd	0.37	1.58-2.77	0.09
Anterior	<i>infraspinatus</i>	2.13 bcd	0.32	1.74-2.8	0.09
Anterior	<i>pectoralis profundus</i>	2.57 ab	0.32	1.82-2.98	0.09
Anterior	<i>pars cervicalis</i>	1.97 cd	0.25	1.65-2.52	0.09
<b>Cortes de tercera</b>					
Posterior	<i>extensor digitorum lateralis</i>	1.79 d	0.14	1.63-2.06	0.09

\*Letras diferentes dentro de la columna indican diferencias significativas.  $p < 0.05$

En la figura 3. se puede observar diferencias estructurales de los sarcómeros de los músculos *M. iliopsoas* también llamado solomito o lomo fino, el cual presentó la mayor longitud (3.32  $\mu\text{m}$ ), en comparación con el *M. gluteobiceps* conocido comercialmente como bota o posta donde presentó la menor longitud de sarcómeros, con 1.69  $\mu\text{m}$ , existiendo una diferencia entre los cortes en mención ( $p < 0.05$ ).



**Figura 3.** Unidades estructurales del sarcómero. a) Solomito o lomo fino (*M. iliopsoas*). b) Bota o posta (*M. gluteobiceps*).

## DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos, la longitud de sarcómeros (LS) promedio de los músculos evaluados en el cruce F1 Romosinuano por Cebú (F1 RxC) fue 2.12  $\mu\text{m}$ . Según lo reportado por Heinemann et al. (13) en canales de novillos Nelore jóvenes muestreadas en frigorífico, el músculo *semimembranosus* fue 0.1  $\mu\text{m}$  más corto que la medida encontrada en el presente estudio (2.05  $\mu\text{m}$ ). Algo similar sucedió con el músculo *longissimus dorsi*, el cual fue levemente más corto (0.08  $\mu\text{m}$ ) que lo encontrado en el cruce F1 RxC (1.90  $\mu\text{m}$ ). No obstante, Guzek et al (11) reportó para el m *longissimus* de toros de la raza Limousin un LS de 2.25  $\mu\text{m}$ , lo cual es 0.35  $\mu\text{m}$  superior a lo encontrado en cruce F1 RxC.

Por otro lado, en el mencionado estudio de Heinemann et al (13) se encontró que LS del *biceps femoris* fue de 1.88  $\mu\text{m}$ , es decir, 0.19  $\mu\text{m}$  superior que en cruce F1 RxC.

Para el músculo *longissimus thoraci*, Guzek et al (11) encontró una de media de 2.45  $\mu\text{m}$ , lo cual fue 0.58  $\mu\text{m}$  superior a lo reportado en el presente estudio. También, García-Torres et al. (6) en bovinos de raza Retinta de tres diferentes sistemas de producción reportó para este corte una LS de 2.73  $\mu\text{m}$ , es decir, 0.86  $\mu\text{m}$  superior a lo encontrado para el cruce F1 RxC. Por otro lado, Farias et al (17) en el mismo músculo en fresco, de macho adulto de raza Nelore, observaron una LS de 1.59  $\mu\text{m}$ , lo cual fue 0.28  $\mu\text{m}$  inferior a lo reportado en este estudio. Cabe mencionar, que en el estudio de Farias et al (17), luego de una maduración de 7 y 14 días se incrementó la LS de 1.75 y 1.66  $\mu\text{m}$ , respectivamente; sugiriendo que en ejemplares Nelore es necesario un tiempo mínimo de maduración para conseguir incrementar la LS. Además, estos autores

señalan que las variaciones de las medidas de los sarcómeros entre un corte y otro puede darse debido a la forma y localización anatómica de los músculos, siendo la velocidad de enfriamiento mayor en aquellos con menor sección transversal y localizados en posiciones más expuestas del animal vivo, incrementando así la contracción post mortem de los sarcómeros.

Los resultados de este estudio corroboran lo indicado por dichos autores (17), ya que la variabilidad de la LS está dada principalmente por las diferencias observadas en las formas (funciones) y ubicaciones de los músculos en la canal, y su relación con el frío sobre cada uno de ellos. En este caso el solomillo (*Iliopsoas*) y colita de cadera (*tensor fasciae latae*) uno catalogado como corte fino y el otro corte de primera, fueron los de mayores diferencias por encima de la media general. El primero ubicado en el cuarto anterior de la canal, protegido por las vértebras, músculos dorsales y una capa de grasa, dejándolo bien distanciado del contacto directo con el frío. Sin embargo, el segundo mencionado, que es un corte de primera, está más expuesto y obtuvo una LS similar a la del corte fino, lo cual debe estar relacionado al nivel de actividad de este último y a la cobertura grasa que para estas canales fue bastante homogénea. Es importante mencionar que no se observó una linealidad en los valores de LS y la categorización del corte, ya que encontramos incluso varios cortes de segunda con una mayor LS que algunos cortes finos. Con relación a esto último, Lee et al(20) evaluaron la LS en cinco cortes de carne en toros y novillos entre 24 y 30 meses de raza nativa coreana Hanwoo, obteniendo valores en los musculos *pars cervicalis* (2.88  $\mu\text{m}$ , corte de segunda), *longissimus dorsi* (2.53  $\mu\text{m}$ , corte fino), *rectus femoris* (2.28  $\mu\text{m}$ , corte de primera) y *Par pectoralis* (3.72  $\mu\text{m}$ , corte de segunda), superiores los cuales fueron no lineales con el tipo de corte, respecto a lo encontrado en el presente estudio. No obstante, la medida de los sarcómeros para el músculo *iliopsoas* (corte fino) fue menor en la raza Hanwoo (2.95  $\mu\text{m}$ ) que en nuestro F1 RxC. Algo similar sucedió con el valor de la LS observada en el m. *infraespinatus*, el cual fue inferior (2.13  $\mu\text{m}$ ) a lo encontrado por Guzek et al (11) quienes obtuvieron un promedio de 2.67  $\mu\text{m}$  para la raza Limousin, siendo este musculo considerado corte de segunda.

Dado que los animales del estudio proceden de una misma raza, sexo, similar edad y peso corporal, se podría inferir que las diferencias generales en LS encontradas con otros estudios básicamente

se pueden deber a la genética y a la maduración de las muestras en algunos estudios (este estudio fue sin maduración). De este modo, las mayores diferencias encontradas fueron con la raza coreana Hanwoo (LS en general superiores); las que fueron disminuyendo con razas tropicales como la Nelore. Otra de las variables que pueden influir en la LS es el pH. En el presente estudio solo se obtuvieron los pH de la canal y luego de los cortes con maduración. El pH de la canal tomada a nivel del lomo y de la pierna tuvieron un promedio de 5.69 y 5.73, respectivamente, considerados valores normales. Por el carácter observacional y de línea base de este estudio, no se consideró la evaluación de procesos tecnológicos propios de la empresa (monitoreo de la temperatura y velocidad del viento y ubicación específica de canales en cámaras respecto a los equipos de frío).

En conclusión, en canales de F1 RxC, el *M. iliopsoas* conocido a nivel comercial como lomo fino o solomillo, obtuvo la mayor longitud de sarcómeros, con una diferencia bastante marcada de la mayoría de los cortes. Este es considerado un corte fino por sus atributos de terneza y rápida cocción. Sin embargo, no se encontró una relación de linealidad que corresponda entre la LS y tipo de corte (fino, de primera, segunda o tercera). Esto quiere decir que podríamos encontrar cortes de segunda con características de calidad similares a un corte fino, ya que varios cortes de segunda tuvieron LS superiores a los cortes finos.

La LS es un indicador importante para comprender la transformación del músculo en carne durante la etapa post mortem, su relación con la disposición de canales en cámaras de frío, tiempos de enfriamiento y maduración sobre la calidad de la carne. Temas que no fueron incluidos en este estudio. Por lo tanto, más estudios son necesarios para observar el comportamiento de estos músculos frente al manejo del frío, la posición de la canal, la maduración y la terneza, lo cual puede ser de gran interés para la industria cárnica. De igual manera el tipo racial de los animales es primordial, por lo que se recomienda ampliar este tipo de estudios con el fin de conocer más sobre el aporte genético de las razas criollas sobre la LS aún sin llevar a cabo el proceso de maduración.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) por la ejecución del proyecto "Estrategias de valoración integral de la cadena de valor para diferenciación del producto cárnico en la región Caribe" y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por la financiación del estudio. Finalmente, agradecemos al investigador Ronnal Ortiz Cuadros por su apoyo en el análisis estadístico.

## REFERENCIAS

1. Ertbjerg P, Puolanne E. Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review. *Meat Sci.* 2017; 132:139–152. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.261>
2. Fausto DA, de Lima MA, Ramos PM, Pertile SFN, Susin I, Delgado EF. Cold shortening decreases the tenderization of biceps femoris muscle from lambs. *Rev Bras Saude e Prod Anim.* 2017;18(1):16–25. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000100003>
3. Rassier DE. Sarcomere mechanics in striated muscles: From molecules to sarcomeres to cells. *Am J Physiol - Cell Physiol.* 2017; 313(2):134–145. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00050.2017>
4. Della Rosa MM. Variaciones en la calidad de la carne asociadas al consumo residual de bovinos en pastoreo. Tesis Doctoral. Universidad nacional de Mar del Plata: Balcarce, Argentina; 2018. [http://intrabalc.inta.gob.ar/dbtw-wpd/images/Della\\_Rosa-MM.pdf](http://intrabalc.inta.gob.ar/dbtw-wpd/images/Della_Rosa-MM.pdf)

5. Starkey CP, Geesink GH, Collins D, Hutton Oddy V, Hopkins DL. Do sarcomere length, collagen content, pH, intramuscular fat and desmin degradation explain variation in the tenderness of three ovine muscles? *Meat Sci.* 2016; 113:51–58. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.013>
6. García-Torres S, López-Gajardo A, Tejerina D, Prior E, Cabeza de Vaca M, Horcada A. Effect of Two Organic Production Strategies and Ageing Time on Textural Characteristics of Beef from the Retinta Breed. *Foods.* 2020; 9(10):1417. <https://www.mdpi.com/2304-8158/9/10/1417>
7. Bosco DMS, Andrighetto C, Luz PAC, Poiatti ML, Jorge AM, Francisco CL, et al. Qualidade da carne bovina maturada e tenderizada comercializada na região de Dracena, Sp. *Bol Indústria Anim.* 2016; 73(4):304–309. <http://revistas.bvs-vet.org.br/bia/article/view/34132>
8. Veiseth-Kent E, Pedersen ME, Rønning SB, Rødbotten R. Can postmortem proteolysis explain tenderness differences in various bovine muscles? *Meat Sci.* 2018; 137:114–122. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.011>
9. Bayraktaroglu AG, Kahraman T. Effect of muscle stretching on meat quality of biceps femoris from beef. *Meat Sci.* 2011; 88(3):580–583. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.021>
10. Półtorak A, Moczowska M, Wyrwisz J, Wierzbicka A. Beef Tenderness improvement by dietary Vitamin D3 supplementation in the last stage of fattening of cattle. *J Vet Res.* 2017; 61(1):59–67. <https://doi.org/10.1515/jvetres-2017-0008>
11. Guzek D, Głabska D, Głabski K, Pogorzelski G, Barszczewski J, Wierzbicka A. Relationships between sarcomere length and basic composition of infraspinatus and longissimus dorsi muscle. *Turkish J Vet Anim Sci.* 2015; 39(1):96–101. <https://doi.org/10.3906/vet-1405-69>
12. O'Neill HA, Webb EC, Frylinck L, Strydom PE. Effects of short and extended fasting periods and cattle breed on glycogenolysis, sarcomere shortening and Warner-Bratzler shear force. *S Afr J Anim Sci.* 2018; 48(1):71. <https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/166175>
13. Heinemann RJB, Pinto MF, Ponsano EHG, Perri SHV. Método Simples Para Estimar Encurtamento Pelo Frio Em Carne Bovina. *Ciência Rural.* 2002; 32(2):335–339. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000200025>
14. Torrecilhas JA, Vito ES, Fiorentini G, Castagnino P de S, Simioni TA, Lage JF, et al. Effects of supplementation strategies during the growing phase on meat quality of beef cattle finished in different systems. *Livest Sci.* 2021; 247:104465. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104465>
15. Decreto Número 1500 De 2007. Ministerio de Protección Social: Colombia; 2007. <https://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2007decreto1500.pdf>
16. Megías M, Molist P, Pombal MA. Técnicas histológicas Protocolos. *Atlas la Univ Vigo.* 2018; 1–53. <http://mmegias.webs.uvigo.es/6-tecnicas/1-introduccion.php>
17. Farias JS, De Assis Fonseca De Macedo F, De Arruda Santos GR, Barbosa LT, Barbosa AAT, De Almeida FLA, et al. Qualitative characteristics of the longissimus thoracic lumborum muscle of Nellore cattle during different maturation periods. *Semina: Ciências Agrárias.* 2018; 39:1295–305. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n3p1295>
18. Ithurralde J, Bianchi G, Feed O, Nan F, Ballesteros F, Garibotto G, et al. Variation in instrumental meat quality among 15 muscles from 14-month-old sheep and its relationship with fibre typing. *Anim Prod Sci.* 2018; 58(7):1358–1365. <https://doi.org/10.1071/AN16013>
19. Ferreira T, Rasband W. ImageJ User Guide IJ 1.46r. 2012. <https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf>
20. Lee Y-J, Kim C-J, Park B-Y, Seong P-N, Kim J-H, Kang G-H, et al. Warner-Bratzler Shear Force, Sarcomere Length, Total Collagen Contents and Sensory Characteristics of Hanwoo Beef (Korean Native Cattle) Quality Grade. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 2009; 29(6):726–735. <http://koreascience.or.kr/journal/view.jsp?kj=CSSPBQ&py=2009&vnc=v29n6&sp=726>