

Efecto de la edad cronológica y sexo sobre las características de terneza y jugosidad de la carne de vacunos criados en Puerto Rico^{1,2}

Katherine Domenech³, Aixa Rivera⁴, Américo Casas⁵, Melvin Pagán⁵, Danilo Cianzio⁶ y Fernando Pérez⁷

J. Agric. Univ. P.R. 101(1):35-49 (2017)

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la edad cronológica (0, 2, 4, 6 y 8 incisivos permanentes [IP]) y el sexo sobre la calidad de la carne del músculo *Longissimus lumborum* utilizando 130 bovinos tipo carne en Puerto Rico. Se determinaron el peso de la canal (PC), grasa intramuscular (GI), pH, terneza (WBS), color (L*, a* y b*), capacidad de retención de agua y evaluación sensorial mediante un panel (terneza, jugosidad y aceptación general). Las hembras mostraron menor PC (178 vs. 252 kg; P<0.0001), mayor GI (6.48 vs. 3.87%; P<0.0001) y mayor pH (5.74 vs. 5.59; P=0.0179). En los machos la GI se redujo con la edad, mientras en las hembras fue lo opuesto (P=0.0153). Los animales jóvenes mostraron carnes más claras, rojas y amarillas (mayor valor de L*, a* y b*, respectivamente; P<0.05). A mayor pH los valores de L*, a* y b* disminuyeron (P<0.05) y también la proporción de agua liberada, verificado esto por una correlación negativa de -0.57 (P<0.0001). Las hembras tuvieron carnes más tiernas (8.06 vs. 9.08 kg; P<0.05). Se observó una interacción de sexo por edad (P=0.0011), siendo las hembras de 6 y 8 IP y los machos de 8 IP los de menor WBS. Aun cuando inesperado, estos resultados pueden haber sido influenciados por los valores elevados de pH y GI de dichas categorías. El panel sensorial no determinó diferencias para ninguno de los parámetros de calidad evaluados (P>0.05). Para entender cómo la edad y el sexo afectan la calidad de la carne, se deben minimizar las variaciones en el pH.

Palabras clave: bovinos para carne, edad, sexo, calidad de carne

¹Manuscrito resometido a la junta editorial el 10 de noviembre de 2016.

²Este trabajo se realizó como parte de la Tesis para obtener el grado de Maestría en Industria Pecuaria de la primera autora.

³Catedrática Auxiliar, Departamento de Ciencia Animal, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, PO Box 9000, Mayagüez, Puerto Rico 00680. Autor para correspondencia, Email: katherine.domenech@upr.edu.

⁴Catedrática Asociada, Departamento de Ciencia Animal, Recinto Universitario de Mayagüez.

⁵Catedrático, Departamento de Ciencia Animal, Recinto Universitario de Mayagüez.

⁶Catedrático (fallecido), Departamento de Ciencia Animal, Recinto Universitario de Mayagüez.

⁷Catedrático, Departamento de Ingeniería Agrícola y Biosistemas, Recinto Universitario de Mayagüez.

ABSTRACT

Effect of chronological age and sex on tenderness and juiciness of beef from cattle raised in Puerto Rico

Effects of chronological age (0, 2, 4, 6, and 8 permanent incisors [PI]) and sex were evaluated on meat quality of the *Longissimus lumborum* muscle using 130 beef-type animals. Hot carcass weight (HCW), intramuscular fat (IF), pH, tenderness (WBS), color (L*, a*, and b*), water holding capacity and sensory properties (tenderness, juiciness, and general acceptance) were evaluated. Females had lower HCW (178 vs. 252 kg; $P < 0.0001$), greater IF (6.48 vs. 3.87%; $P < 0.0001$), and higher pH (5.74 vs. 5.59; $P = 0.0179$). As age increased, IF decreased in males, while the opposite occurred in females ($P = 0.0153$). Younger animals had lighter, redder, and yellower meat (greater L*, a* and b*, respectively; $P < 0.05$). Higher pH resulted in lower L*, a* and b* values ($P < 0.05$) and a lower proportion of water liberated evident by a negative correlation of -0.57 ($P < 0.0001$). Females had more tender meat (8.06 vs. 9.08 kg; $P < 0.05$). An interaction between sex and age ($P = 0.0011$) resulted from females with 6 and 8 PI and males with 8 PI having lower WBS. Although unexpected, these results could have been influenced by greater pH and IF within these age categories. The sensory panel found no differences in any of the attributes tested ($P > 0.05$). To better understand how age and sex affect meat quality, pH variations must be addressed.

Key words: beef cattle, age, sex, meat quality

INTRODUCCIÓN

La satisfacción disfrutada al consumir carne de res es resultado de una combinación de las propiedades de terneza, jugosidad y sabor (Koochmaraie et al., 2002; Lagerstedt et al., 2008). La terneza es uno de los factores más determinantes para su aceptación, pero a su vez el más variable (Dransfield, 1994). Estas características pueden ser afectadas por numerosos factores tales como el sexo y la edad del animal. En Puerto Rico no existe un sistema de clasificación de canales que sea beneficioso tanto al consumidor como al ganadero. En aquellos países que han organizado el mercadeo de su carne estableciendo sistemas de clasificación de canales, se le ofrece al consumidor un producto más homogéneo y con una garantía de calidad, mientras que al ganadero se le paga de acuerdo a la calidad de carne de res que produce.

Países como Brasil, Argentina, Uruguay, Chile, Australia, Nueva Zelanda y África del Sur utilizan un sistema de clasificación basado en la dentición permanente del animal y a su vez consideran el peso de las canales y su conformación. Los australianos también clasifican los animales según el porcentaje de *Bos indicus* en el genotipo. En los Estados Unidos, al igual que en Canadá, Japón y la Comunidad Europea, se clasifica la carne según la cantidad de grasa intramuscular (GI), edad fisiológica, y firmeza del músculo (Polkinghorne y Thompson, 2010). Es

importante enfatizar que el sistema de clasificación a utilizarse debe estar de acuerdo con las preferencias del mercado consumidor, las características de la producción local y las metas de los productores. En Puerto Rico no necesariamente se pueden implementar los mismos sistemas de clasificación que se utilizan en otros países debido a las variaciones que existen en gustos, preferencias, y sistemas de producción, entre otros. Para establecer un sistema de clasificación de canales, y por ende de carne, es necesario establecer un banco de datos que determine o defina las características de la carne de res local. El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la edad (0, 2, 4, 6, u 8 incisivos permanentes) y el sexo de animales de carne criados en Puerto Rico sobre características de calidad de la carne.

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestras de carne se realizó en el matadero y planta de proceso comercial, Ganadería Santiago Inc.⁸, localizada en el municipio de Yauco. Los animales incluidos en el estudio se seleccionaron según su estado de dentición (número de incisivos permanentes [IP]; Casas et al., 2001), sexo (hembra o macho) y tipo (carne o leche). El peso de la canal caliente (peso muerto al gancho) de cada animal se registró y se identificaron las medias canales izquierdas que se procesaron luego de 24 horas de refrigeración (5° C). Un total de 130 animales tipo carne se clasificaron por número de IP (0, 2, 4, 6 u 8) y por sexo (hembra o macho) para un total de 10 categorías de clasificación. Se tomaron muestras de aproximadamente 1.36 kg de la región lumbar del músculo *Longissimus dorsi* de cada animal. Estas muestras se empacaron al vacío en bolsas plásticas (*polivinilidil chloride*) propiamente identificadas. Las muestras se mantuvieron congeladas a una temperatura de -27° C para su evaluación posterior.

Los parámetros utilizados para evaluar la carne incluyeron: pH, color, porcentaje de GI, capacidad de retención de agua (CRA), terneza mediante *Warner-Bratzler Shear Force* (WBS) y evaluación sensorial mediante un panel de consumidores no adiestrados como catadores. La medida del pH se realizó en duplicado según Jansen (2001), utilizando un metro de banco (*SympHony-SB70P*) donde se colocaron 5 g de carne molida libre de tejido conectivo y grasa visible en 5 ml de agua destilada. El color de la carne fue determinado utilizando un colorímetro de refracción *Hunter Lab Mini-scan XE Plus* (MiniScan XE User's Guide,

⁸Los nombres de compañías y de marcas registradas solo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan

2006). Las lecturas se programaron para obtener los valores L^* [luminosidad: blanco (100) a negro (0)], a^* [rojo: rojo (100) a verde (-80)] y b^* [amarillo: amarillo (70) a azul (-80)]. Se tomaron tres lecturas por muestra de forma aleatoria en la superficie externa del músculo libre de grasa y tejido conectivo luego de haber estado expuesta al aire por lo menos 20 min, permitiendo así el florecimiento (*bloom*) del color. Para la determinación de la grasa cruda se utilizó extracción etérea con solvente orgánico (éter de petróleo) en el equipo ANKOM ^{XT10} *Extraction System* (AOCS Official Procedure Am 5-04, 2009). La CRA se determinó según el procedimiento descrito por Jay (1964) e Irie et al. (1996) incorporando la técnica de la prensa Carver. En la escala de esta variable un menor valor numérico indica mayor retención de agua. La determinación de terneza por WBS se llevó a cabo según lo establecido por la Asociación Americana de Ciencia de la Carne (American Meat Science Association, 1995). Las muestras se obtuvieron del músculo *Longissimus dorsi*, previamente descongelado a 5° C, con un sacabocado de 1.27 cm de diámetro. Se tomaron nueve lecturas en la carne cruda y de igual modo en la carne cocida a temperatura interna de 77° C (bien cocida). La evaluación sensorial de la carne se llevó a cabo según los procedimientos establecidos por la American Meat Science Association (1995). Las tres características evaluadas por un grupo de 12 panelistas no adiestrados fueron jugosidad, terneza y aceptación general. A tales efectos se utilizó una escala hedónica del 1 al 8, donde 1 representa carne extremadamente seca, dura e inaceptable y el 8 una carne extremadamente jugosa, tierna y aceptable. La muestra cocida se trozó en pedazos tamaño bocado. Las muestras se mantuvieron en bolsas plásticas debidamente rotuladas sobre un baño de maría (54 a 60 °C) hasta el momento de servir las a los panelistas.

Se analizó el conjunto de datos recopilados mediante un diseño completamente aleatorizado con un PROC MIXED utilizando el programa SAS Versión 9.2 (SAS, 2009). Se utilizó la prueba de Tukey-Kramer para determinar las diferencias entre medias a una probabilidad de 5% ($P < 0.05$). Se realizaron, además, correlaciones simples de Pearson.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diferencia de 74.1 kg entre las medias del peso de la canal caliente (PC) de las hembras (178.1 kg) y los machos (252.2 kg) fue significativa ($P < 0.0001$; Cuadros 1 y 2). El efecto de edad también fue significativo ($P = 0.003$), donde las medias difirieron por un máximo de 52.7 kg, desde 193.4 kg para los animales con 2 IP hasta 247.1 kg para aquellos con 8 IP (Cuadro 3). Dentro del sexo femenino las medias abarcaron desde 158.9 kg para las hembras de 2 IP hasta 204.0 kg para aquellas

CUADRO 1.—Valores de probabilidad (*P*) obtenidos para los efectos de sexo, edad y la interacción de sexo por edad.

Variable dependiente	Efecto de sexo	Efecto de edad	Efecto de sexo x edad
Peso canal caliente (kg)	<0.0001	0.0030	0.3451
Capacidad de retención de agua ¹	0.3427	0.0941	<0.0001
Grasa (%)	<0.0001	0.2865	0.0153
pH	0.0179	0.0046	<0.0001
L ²	<0.0001	0.0001	0.0935
a ³	0.0002	0.0252	0.7369
b ⁴	<0.0001	0.0008	0.9328
WBS cocido (kg) ⁵	0.0475	<0.0001	0.0011
Terneza mediante panel ⁶	0.6026	0.3188	0.1639
Jugosidad mediante panel	0.4157	0.2334	0.0553
Aceptación mediante panel	0.8183	0.1451	0.4936

¹Valores más cercanos a 1 indican carnes con mayor capacidad de retención de agua.

²Escala de color donde L: escala de claridad de 100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz se absorbe.

³Escala de color donde a: escala de 100 = rojo; -80 = verde.

⁴Escala de color donde b: escala de +70 = amarillo; -80 = azul.

⁵Técnica de Warner-Bratzler Shear Force donde valores menores indican menor resistencia al corte (mayor terneza).

⁶Panel no adiestrado (escala hedónica donde 8 = extremadamente tierna, ju gosa o aceptable; 1 = extremadamente dura, seca e indeseable).

CUADRO 2.—Promedios de las variables dependientes de animales de cada sexo.

Variable dependiente	Promedio de hembras	Promedio de machos
Número de observaciones	57	73
Peso canal caliente (kg)	178.10 ± 7.37 a ⁷	252.18 ± 6.25 b
Capacidad de retención de agua ¹	2.07 ± 0.04 a	2.12 ± 0.03 a
Grasa (%)	6.48 ± 0.44 a	3.87 ± 0.37 b
pH	5.74 ± 0.05 a	5.59 ± 0.04 b
L ²	28.74 ± 0.60 a	32.35 ± 0.45 b
a ³	14.06 ± 0.64 a	17.18 ± 0.48 b
b ⁴	9.82 ± 0.51 a	13.48 ± 0.38 b
WBS cocido (kg) ⁵	8.06 ± 0.40 a	9.08 ± 0.32 b
Terneza mediante panel ⁶	4.56 ± 0.18 a	4.44 ± 0.14 a
Jugosidad mediante panel	4.38 ± 0.15 a	4.54 ± 0.12 a
Aceptación mediante panel	4.60 ± 0.15 a	4.56 ± 0.12 a

¹Valores más cercanos a 1 indican carnes con mayor capacidad de retención de agua.

²Escala de color donde L: escala de claridad de 100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz se absorbe.

³Escala de color donde a: escala de 100 = rojo; -80 = verde.

⁴Escala de color donde b: escala de +70 = amarillo; -80 = azul.

⁵Técnica de Warner-Bratzler Shear Force donde valores menores indican menor resistencia al corte (mayor terneza).

⁶Panel no adiestrado (escala hedónica donde 8 = extremadamente tierna, jugosa o aceptable; 1 = extremadamente dura, seca e indeseable).

⁷Letras diferentes en cada fila representan diferencias significativas ($P < 0.05$).

CUADRO 3.—Promedios de las variables dependientes de animales de ambos sexos catalogados por edad según número de incisivos permanentes.

Variable dependiente	Número de incisivos permanentes							
	0	2	4	6	8			
Número de observaciones	25	25	25	23	32			
Peso canal caliente (kg)	217.72 ± 10.88 a ⁷	193.38 ± 10.88 a	200.07 ± 10.88 a	217.46 ± 11.66 a	247.08 ± 9.59 b			
Capacidad de retención de agua ¹	2.11 ± 0.06 a	2.13 ± 0.06 a	2.07 ± 0.06 a	1.96 ± 0.06 a	2.19 ± 0.05 a			
Grasa (%)	5.66 ± 0.65 a	5.25 ± 0.65 a	5.79 ± 0.65 a	3.86 ± 0.70 a	5.31 ± 0.57 a			
pH	5.52 ± 0.07 a	5.58 ± 0.07 a	5.60 ± 0.07 ab	5.88 ± 0.08 b	5.75 ± 0.06 ab			
L ²	34.58 ± 0.77 a	30.85 ± 0.90 b	30.72 ± 0.65 b	29.60 ± 0.84 bc	26.98 ± 0.98 c			
a ³	16.49 ± 0.82 a	16.28 ± 0.96 a	17.19 ± 0.70 a	15.00 ± 0.90 b	13.16 ± 1.05 b			
b ⁴	13.25 ± 0.65 a	11.68 ± 0.76 ab	13.07 ± 0.55 a	11.15 ± 0.71 b	9.10 ± 0.83 b			
WBS Cocido (kg) ⁵	8.38 ± 0.53 ab	9.31 ± 0.60 a	10.27 ± 0.55 a	8.48 ± 0.63 ab	6.39 ± 0.52 b			
Termeza mediante panel ⁶	4.58 ± 0.24 a	4.47 ± 0.27 a	4.04 ± 0.25 a	4.75 ± 0.28 a	4.66 ± 0.23 a			
Jugosidad mediante panel	4.55 ± 0.20 a	4.30 ± 0.23 a	4.16 ± 0.21 a	4.86 ± 0.24 a	4.41 ± 0.19 a			
Aceptación mediante panel	4.70 ± 0.20 a	4.43 ± 0.23 a	4.15 ± 0.21 a	4.86 ± 0.24 a	4.75 ± 0.20 a			

¹Valores más cercanos a 1 indican carnes con mayor capacidad de retención de agua.

²Escala de color donde L: escala de claridad de 100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz se absorbe.

³Escala de color donde a: escala de 100 = rojo; -80 = verde.

⁴Escala de color donde b: escala de +70 = amarillo; -80 = azul.

⁵Técnica de Warner-Bratzler Shear Force donde valores menores indican menor resistencia al corte (mayor termeza).

⁶Panel no adiestrado (escala hedónica donde 8 = extremadamente tierna, jugosa o aceptable; 1 = extremadamente dura, seca e indeseable).

⁷Promedios con letras diferentes en cada fila representan diferencias significativas ($P < 0.05$).

con 8 IP (Cuadro 4); dentro del sexo masculino, de 227.9 a 290.2 kg para los de 2 y 8 IP, respectivamente (Cuadro 5). Así que las medias por edad defirieron a un máximo de 45.1 y 62.3 kg en hembras y machos, respectivamente.

El pH de la carne tomada a las 24 horas post-mortem arrojó una media general de 5.67 ± 0.05 . La carne de las hembras tuvo un mayor valor que la de los machos (5.74 vs. 5.59; $P=0.0179$; Cuadros 1 y 2). Este resultado sugiere que las hembras podrían ser más susceptibles al estrés de manejo, lo que favorece una movilización de glicógeno y ATP muscular, que a su vez limitaría la formación de ácido y el descenso de pH post-mortem. Las hembras de 6 IP y los machos de 8 IP presentaron los valores de pH más altos, de 6.17 y 5.99, respectivamente (Cuadros 4 y 5). Excluyendo las hembras con 8 IP, los restantes animales de ambos sexos mostraron aumento progresivo en pH con la edad y las medias de los dos sexos combinados subieron de 5.52 a 5.75 de 0 a 8 IP (Cuadro 3; Figura 1). La interacción de sexo por edad resultó significativa ($P<0.0001$; Cuadro 1).

Referente al color de la carne, medido por las tres escalas L^* , a^* y b^* , los valores de los machos superaron significativamente a los de las hembras (Cuadros 1 y 2). Un valor de L^* más elevado (32.35 vs. 28.74; $P<0.0001$) significa que la carne de los machos fue más luminosa. Los mayores valores de L^* concuerdan, como sería de esperar, con los menores valores de pH en la carne de los machos arriba citados, gracias a que el pH tiene efecto sobre los espacios entre las fibras musculares y altera las cargas de las proteínas miofibrilares (Young y West, 2001). Page et al. (2001) informaron que la reflexión de la luz ocurre sobre el agua libre, y en casos donde el pH es más elevado las proteínas atrapan fuertemente el agua provocando que las fibras musculares aumenten su tamaño y reduzcan el espacio entre las fibras. Debido a la limitación del agua libre la luz no se refleja, lo que resulta en carnes más oscuras. La edad también ejerció un efecto ($P<0.0001$), siendo en los animales con 0 IP los de mayor valor de L^* (carne más luminosa) que aquellos con 8 IP (34.58 y 26.98, respectivamente; Cuadro 3). Boles y Swan (2002) también observaron que según aumenta la edad del animal ocurre una disminución en el valor de L^* . Priolo et al. (2001) afirmaron que al avanzar la edad se aumenta la concentración de mioglobina muscular, resultado de un aumento en la actividad física, lo que se traduce en una coloración más oscura, especialmente en animales criados a pastoreo (Dunne et al., 2009). Referente a los valores de a^* y b^* , indicativos de la intensidad de color rojo y la tonalidad amarilla, las mayores cifras de los machos en comparación a las hembras (17.18 vs. 14.06 y 13.48 vs. 9.82, respectivamente) indican que la carne de los machos tendió a ser más roja y amarilla (Cuadro 2). Según Priolo et al. (2001) la diferencia

CUADRO 4.—Promedios de las variables dependientes de las hembras catalogadas por edad según número de incisivos permanentes.

Variable dependiente	Número de incisivos permanentes							
	0	2	4	6	8			
Número de observaciones	10	10	10	8	19			
Peso canal caliente (kg)	166.10 ± 16.85 ab ⁸	158.90 ± 16.85 a	163.40 ± 16.85 ab	198.12 ± 18.84 ab	204.00 ± 12.23 b			
Capacidad de retención de agua ¹	1.99 ± 0.09 a	1.95 ± 0.09 a	1.99 ± 0.09 a	1.88 ± 0.10 a	2.52 ± 0.07 b			
Grasa (%)	5.83 ± 1.00 a	6.09 ± 1.00 a	7.36 ± 1.00 a	4.78 ± 1.12 a	8.32 ± 0.73 a			
pH	5.62 ± 0.11 a	5.72 ± 0.12 ab	5.70 ± 0.11 a	6.17 ± 0.13 b	5.52 ± 0.08 a			
L ²	31.93 ± 0.94 a	28.89 ± 1.33 ab	30.07 ± 1.05 ab	29.03 ± 1.49 ab	23.79 ± 1.72 b			
a ³	15.55 ± 1.01 a	14.16 ± 1.43 a	16.27 ± 1.13 a	12.94 ± 1.59 a	11.41 ± 1.84 a			
b ⁴	11.93 ± 0.80 a	9.56 ± 1.13 a	11.15 ± 0.89 a	9.38 ± 1.26 a	7.09 ± 1.46 a			
WBS cocido (kg) ⁵	9.58 ± 0.83 a	8.87 ± 0.99 a	9.69 ± 0.87 a	6.03 ± 1.07 b	6.09 ± 0.63 b			
Termeza mediante panel ⁶	4.78 ± 0.37 a	4.78 ± 0.44 a	3.71 ± 0.39 a	5.11 ± 0.48 a	4.40 ± 0.27 a			
Jugosidad mediante panel	4.82 ± 0.31 a	4.23 ± 0.37 a	3.85 ± 0.33 a	5.06 ± 0.40 a	3.94 ± 0.23 a			
Aceptación mediante panel	4.86 ± 0.32 a	4.51 ± 0.38 a	3.91 ± 0.33 a	5.10 ± 0.41 a	4.63 ± 0.23 a			

¹Valores más cercanos a 1 indican carnes con mayor capacidad de retención de agua.

²Escala de color donde L: escala de claridad de 100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz se absorbe.

³Escala de color donde a: escala de 100 = rojo; -80 = verde.

⁴Escala de color donde b: escala de +70 = amarillo; -80 = azul.

⁵Técnica de Warner-Bratzler Shear Force donde valores menores indican menor resistencia al corte (mayor termeza).

⁶Panel no adiestrado (escala hedónica donde 8 = extremadamente tierna, jugosa o aceptable; 1 = extremadamente dura, seca e indeseable).

⁷Promedios con letras diferentes en cada fila representan diferencias significativas ($P < 0.05$).

CUADRO 5.—Promedios de las variables dependientes de los machos catalogados por edad según número de incisivos permanentes.

Variable dependiente	Número de incisivos permanentes							
	0	2	4	6	8			
Número de observaciones	15	15	15	15	13			
Peso canal caliente (kg)	269.33 ± 13.76 a ⁷	227.87 ± 13.76 b	236.73 ± 13.76 ab	236.80 ± 13.76 ab	290.15 ± 14.78 a			
Capacidad de retención de agua ¹	2.23 ± 0.07 a	2.32 ± 0.07 a	2.15 ± 0.07 ab	2.04 ± 0.07 ab	1.85 ± 0.08 b			
Grasa (%)	5.48 ± 0.82 a	4.40 ± 0.82 a	4.23 ± 0.82 a	2.94 ± 0.82 a	2.29 ± 0.88 a			
pH	5.42 ± 0.08 a	5.45 ± 0.08 a	5.51 ± 0.08 a	5.59 ± 0.08 a	5.99 ± 0.10 b			
L ²	37.24 ± 1.21 a	32.81 ± 1.21 ab	31.37 ± 0.77 b	30.18 ± 0.77 b	30.16 ± 0.94 b			
a ³	17.43 ± 1.30 a	18.40 ± 1.30 a	18.11 ± 0.82 a	17.07 ± 0.82 a	14.92 ± 1.01 a			
b ⁴	14.57 ± 1.03 a	13.81 ± 1.03 a	14.98 ± 0.65 a	12.92 ± 0.65 a	11.11 ± 0.80 a			
WBS cocido (kg) ⁵	7.17 ± 0.68 a	9.75 ± 0.68 b	10.85 ± 0.68 b	10.93 ± 0.68 b	6.69 ± 0.83 a			
Termeza mediante panel ⁶	4.37 ± 0.30 a	4.16 ± 0.30 a	4.37 ± 0.30 a	4.38 ± 0.30 a	4.91 ± 0.37 a			
Jugosidad mediante panel	4.28 ± 0.25 a	4.38 ± 0.25 a	4.47 ± 0.25 a	4.67 ± 0.25 a	4.88 ± 0.31 a			
Aceptación mediante panel	4.55 ± 0.26 a	4.35 ± 0.26 a	4.40 ± 0.26 a	4.62 ± 0.26 a	4.87 ± 0.32 a			

¹Valores más cercanos a 1 indican carnes con mayor capacidad de retención de agua.

²Escala de color donde L: escala de claridad de 100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz se absorbe.

³Escala de color donde a: escala de 100 = rojo; -80 = verde.

⁴Escala de color donde b: escala de +70 = amarillo; -80 = azul.

⁵Técnica de Warner-Bratzler Shear Force donde valores menores indican menor resistencia al corte (mayor termeza).

⁶Panel no adiestrado (escala hedónica donde 8 = extremadamente tierna, jugosa o aceptable; 1 = extremadamente dura, seca e indeseable).

⁷Promedios con letras diferentes en cada fila representan diferencias significativas ($P < 0.05$).

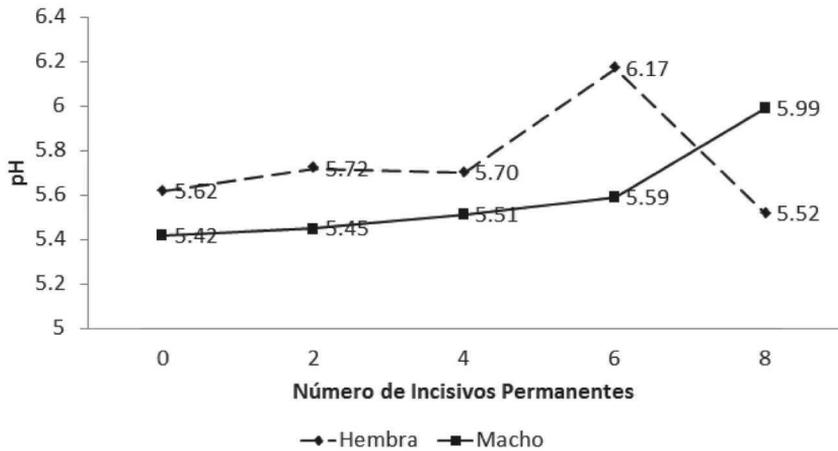


FIGURA 1. pH de la carne 24 horas post-mortem relativo al número de incisivos permanentes (0, 2, 4, 6 u 8 IP) de animales de cada sexo.

entre sexos se debe al efecto de la hormona testosterona en el desarrollo muscular y a mayor actividad física en los machos. La edad también tuvo efectos significativos (Cuadros 1 y 3). A medida que avanzó la edad, los valores de a^* y b^* disminuyeron, restando intensidad de color rojo. Dicho comportamiento es cónsono con la tendencia ascendente del pH ya mencionado con significativa correlación negativa entre el pH y los valores de L^* , a^* y b^* obtenida por Page et al. (2001).

Las hembras mostraron mayor contenido de grasa intramuscular en relación a los machos (6.48% vs. 3.87%; Cuadros 1 y 2). Esta diferencia concuerda con los resultados de Patten et al. (2008) de que a la misma edad las hembras depositan mayor cantidad de GI que los machos. El efecto general de edad no fue significativo (Cuadro 1), pero los animales con 6 IP, tanto hembras como machos, presentaron porcentajes bajos de GI. Entre las hembras se trata al parecer de una anomalía de estos datos (Cuadro 4), mientras en los machos se observa una tendencia consistente a bajar el contenido de grasa al avanzar la edad (Cuadro 5). Esta discrepancia se refleja en una interacción ($P=0.0153$) entre sexo y edad (Cuadro 1).

Los factores sexo y edad no tuvieron efectos generales significativos sobre la CRA (Cuadros 1, 2 y 3). Sin embargo, hubo una interacción de sexo x edad ($P<0.0001$) debido a que en las hembras el valor de CRA (escala inversa) se mantuvo bastante estable de 0 IP hasta 6 IP y luego aumentó (indicativo de una menor proporción de agua retenida) a los 8 IP (Cuadro 4), mientras en los machos la tendencia fue decreciente a partir del grupo de 2 IP en adelante (indicativo de una mayor retención

de agua; Cuadro 5). La existencia de un efecto del pH en la retención de agua es conocida. Recordando que valores de CRA más cercanos a 1 indican carnes de mayor capacidad de retención de agua, según delineado por Jay (1964) e Irie et al. (1996), se encontró una correlación negativa ($r = -0.57$) entre el pH y la CRA ($P < 0.0001$), significando que el alto pH es asociado con una alta retención de agua. Esta relación inversa entre las dos variables fue bastante consistente referente a las medias por grupo de IP dentro de cada sexo (Cuadros 4 y 5). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Huff-Lonergan y Lonergan (2005) y Pearce et al. (2011) de que a mayor pH mayor retención de agua tendrán las carnes. Dichos autores señalan, además, que el pH de 5.4 es el punto isoelectrico de las proteínas de la carne, es decir el pH al que las cargas positivas y negativas se igualan y dejan de aportar a la habilidad de retener el agua. Las carnes con pH más elevado retienen más agua y son más jugosas y aquellas con pH más bajo retienen menos agua y son más secas.

La carne de los machos fue más alta en WBS en comparación con la de las hembras (9.08 vs. 8.06 kg; $P = 0.0475$) (Cuadros 1 y 2). Jeleníková et al. (2008) también observaron mayor ternura en la carne de hembras que en la de machos, lo que podría deberse a una mayor construcción de GI. La edad también influyó los valores WBS ($P < 0.0001$) y se obtuvo una interacción de sexo por edad ($P = 0.0011$; Cuadros 1 y 3; Figura 2). Varios estudios coinciden en que con un aumento en edad ocurre un aumento en la dureza de la carne debido a un incremento en el número de doble enlaces en el colágeno que compone el tejido conectivo que rodea las fibras musculares (Lepetit, 2007; Schönfeldt y Strydom, 2011a,b; Xiong et al., 2007). Sin embargo, en el presente estudio se observó que los machos de 0 y de 8 IP no defirieron significativamente en WBS, mientras los de 2, 4 y 6 IP mostraron valores más altos ($P < 0.05$), significando mayor dureza en la carne (Cuadro 5). En la categoría de machos con 8 IP (>53 meses de edad) la mejoría en ternura se asocia a un alto pH de 5.99, pero esto no es el caso en los machos con 0 IP.

A diferencia de los machos, en las hembras el grupo de 0 IP no presentó un valor de WBS más bajo que los grupos de 2 y 4 IP (Cuadro 4). La reducción significativa de los valores de WBS ($P < 0.05$) en las hembras de 6 y 8 IP no son de fácil explicación. Lo observado en las hembras de 6 IP concuerda con lo observado en los machos de 8 IP, al coincidir el bajo valor de WBS (6.03 kg) con el valor de pH más alto (6.17). Sin embargo, en las hembras de 8 IP no se observó esta relación. Según Silva et al. (1999) y Viljoen et al. (2002), las carnes con pH igual o mayor a 5.8 se identifican como "dark firm and dry" (DFD) por su apariencia seca, firme y oscura. Silva et al. (1999) catalogaron la carne como normal (pH: 5.5 a 5.8), moderadamente DFD (pH: 5.8 a 6.2) y

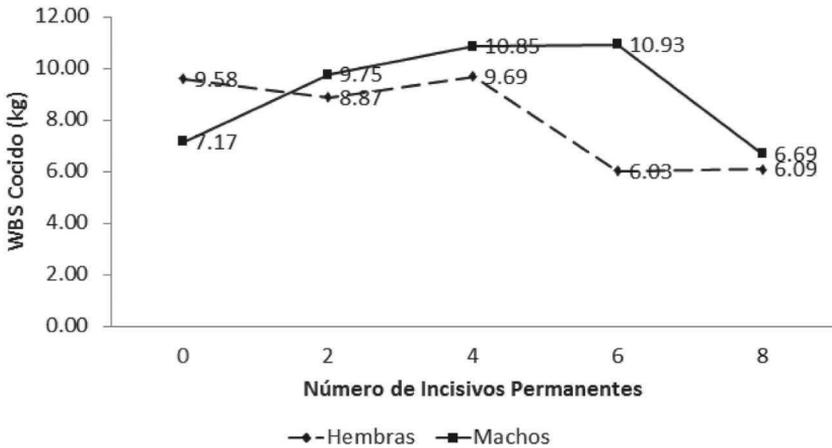


FIGURA 2. Valor WBS de la carne cocida relativo al número de incisivos permanentes (0, 2, 4, 6 u 8 IP) de animales de cada sexo.

DFD (pH: 6.2 a 6.7) y obtuvieron una correlación negativa ($r = -0.83$) entre el pH y el WBS. A un pH elevado actúan las enzimas proteolíticas calpaínas mientras que a pH por debajo de 5.8 se activan las enzimas catepsinas de los lisosomas. Por ende, la proteólisis aumenta a medida que aumenta el pH, lo que genera un mayor índice de fragmentación miofibrilar (IFM) para las carnes con la condición DFD. Jeleníková et al. (2008) también afirmaron que a mayor pH mayor será la actividad de las enzimas calpaínas (enzimas endógenas responsables del enterrecimiento de la carne). Uzcátegui-Bracho y Jerez-Timaure (2008) indicaron que la actividad de las calpaínas es favorecida a valores de pH altos, como 6.1, lo que resulta en mayor terneza de la carne. Dransfield (1994) observó que un incremento en pH de 5.7 a 6.8 conllevó valores más bajos de WBS y más altos de retención de agua.

Otro posible factor contribuyente a una mayor terneza en los machos de 8 IP es el señalado por Duarte et al. (2011) y Pflanzner y Felício (2009) al establecer que canales de mayor peso tienden a ser más tiernas que las de menor peso. Según Lochner et al. (1980) esta relación se puede deber a un enfriamiento más lento en las primeras dos a cuatro horas post-mortem de las canales más pesadas. Uzcátegui-Bracho y Jerez-Timaure (2008) explican que un enfriamiento más lento previene el acortamiento de la fibra muscular en frío y conduce a carne más tierna.

Las hembras con 8 IP registraron un bajo valor de WBS de 6.09 kg (Cuadro 4) y aunque su pH no fue alto (5.52) se detectó el contenido de GI de 8.32%, el mayor de todas las categorías en el estudio. El grado de marmoleo es otro factor que afecta la terneza. Según Pflanzner y

Felício (2011) el contenido de grasa en la carne es un mejor indicador de terneza que la madurez fisiológica del animal. Razminowicz et al. (2006) señalan que un mayor contenido de GI está asociado a una mayor cobertura de grasa subcutánea que a su vez puede significar una protección contra el encogimiento de la carne en el frío.

El panel sensorial no determinó diferencias significativas en ninguno de los parámetros de calidad evaluados (Cuadros 1 y 5). Las diferencias numéricas que distinguió el panel son cónsonas con los resultados del WBS en hallar mayor terneza en las hembras que en los machos (4.77 vs. 4.56). En cuanto a aceptación general, los valores del panel favorecieron a las hembras por escaso margen (4.60 vs. 4.56), mientras en jugosidad la ventaja fue de los machos (4.54 vs. 4.38).

CONCLUSIONES

En general el pH de la carne fue mayor en las hembras que en los machos. Excluyendo las hembras de 8 IP, los animales restantes mostraron un aumento en el pH de la carne al avanzar en edad. La carne de las hembras fue más oscura, menos roja y menos amarilla que la de los machos. Con el aumento en edad ocurrió una disminución en las tres escalas de color, presentando los animales jóvenes carne más clara, roja y amarilla. Hubo una relación inversa entre el pH y el color, donde a mayor pH descendieron los valores de L^* , a^* y b^* . Las hembras superaron a los machos en el porcentaje de GI. La correlación entre el pH y la CRA fue negativa (el pH alto se asoció a mayor retención de agua). Las hembras tuvieron carnes más tiernas que los machos. Las hembras de 0, 2 y 4 IP produjeron carnes de mayor dureza que las de 6 y 8 IP, posiblemente por los efectos de diferencias en pH o GI. Los machos de 0 y 8 IP mostraron tener carne más tierna que los de 2, 4 y 6 IP, posiblemente debido en parte a efectos del pH. El panel sensorial sin entrenar no fue capaz de discernir diferencias significativas para ninguno de los parámetros de calidad evaluados. Las variaciones en pH tuvieron un efecto significativo sobre los atributos básicos de calidad de carne. Por ende, para dilucidar el modo en que la edad y el sexo afectan la calidad de carne bovina producida localmente, se deben buscar alternativas para minimizar las variaciones en el pH como las observadas en el presente estudio.

LITERATURA CITADA

- American Meat Science Association, 1995. Research guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. Champaign, IL.
- AOCS Official Procedure AM 5-04, 2009. Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. ANKOM Technology Method 2, 01-30-09.

- Boles, J. A. y J. E. Swan, 2002. Processing and sensory characteristics of cooked roast beef: effect of breed, age, gender and storage conditions. *Meat Science* 62: 419-427.
- Casas, A., D. Cianzio, A. Rivera, L. Cantisani y L. Añeses, 2001. Estimación de la edad del ganado vacuno por sus incisivos. Boletín 299, Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez. Agosto 2001.
- Dransfield, E., 1994. Optimisation of tenderization, ageing and tenderness. *Meat Science* 36: 105-121.
- Duarte, M. S., P. V. R. Paulino, M. A. Fonseca, L. L. Diniz, L. Cavali, N. V. L. Serão, L. A. M. Gomide, S. F. Reis y R. B. Cox, 2011. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nellore bulls. *Meat Science* 88: 441-446.
- Dunne, P. G., F. J. Monahan, F. P. O'Mara y A. P. Moloney, 2009. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Science* 81: 28-45.
- Huff-Lonergan, E. y S. M. Lonergan, 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71: 194-204.
- Irie, M., A. Izumo y S. Mohri, 1996. Rapid method for determining water-holding capacity in meat using video image analysis and simple formulae. *Meat Science* 42: 95-102.
- Jansen, M. L., 2001. Determination of meat pH-temperature relationship using ISFET and glass electrode instruments. *Meat Science* 58: 145-150.
- Jay, J. M., 1964. Relationship between water-holding capacity of meats and microbial quality. *Applied Microbiology* 13: 120-121.
- Jeleníková, J., P. Pipek y L. Staruch, 2008. The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Science* 80: 870-874.
- Koohmaraie, M., M. P. Kent, S. D. Shackelford, E. Veiseth y T. L. Wheeler, 2002. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Science* 62: 345-352.
- Lagerstedt, A., L. Enfält, L. Johansson y K. Lundström, 2008. Effect of freezing on sensory quality, shear force and water loss in beef *M. longissimus dorsi*. *Meat Science* 80: 457-461.
- Lepetit, J., 2007. A theoretical approach of the relationships between collagen content, collagen cross-links and meat tenderness. *Meat Science* 76: 147-159.
- Lochner, J. V., R. G. Kauffman y B. B. Marsh, 1980. Early-postmortem cooling rate and beef tenderness. *Meat Science* 4: 227-241.
- MiniScan XE User's Guide, 2006. Firmware Versions 6.40 and Above, Manual Version 2.4. A60-1010-352.
- Page, J. K., D. M. Wulf y T. R. Schwotzer, 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science* 79: 678-687.
- Patten, L. E., J. M. Hodgen, A. M. Stelzleni, C. R. Calkins, D. D. Johnson y B. L. Gwartney, 2008. Chemical properties of cow and beef muscles: Benchmarking the differences and similarities. *Journal of Animal Science* 86: 1904-1916.
- Pearce, K. L., K. Rosenvold, H. J. Andersen y D. L. Hopkins, 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes — A review. *Meat Science* 89: 111-124.
- Pflanzer, S. E. y P. E. Felício, 2009. Effect of teeth maturity and fatness of Nellore (*Bos indicus*) steer carcasses on instrumental and sensory tenderness. *Meat Science* 83: 697-701.
- Pflanzer, S. E. y P. E. Felício, 2011. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. *Meat Science* 87: 7-11.
- Polkinghorne, R. J. y J. M. Thompson, 2010. Meat standards and grading: A world view. *Meat Science* 86: 227-235.
- Priolo, A., D. Micol y J. Agabriel, 2001. Effect of grass feeding systems on ruminant meat color and flavor: A review. *Animal Research* 50: 185-200.

- Razminowicz, R. H., M. Kreuzer y M. R. L. Scheeder, 2006. Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. *Meat Science* 73: 351-361.
- SAS Institute Inc., 2009. SAS/STAT 9.2 Users Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina.
- Schönfeldt, H. C. y P. E. Strydom, 2011a. Effect of age and cut on cooking loss, juiciness and flavour of South African beef. *Meat Science* 87: 180-190.
- Schönfeldt, H. C. y P. E. Strydom, 2011b. Effect of age and cut on tenderness of South African beef. *Meat Science* 87: 206-218.
- Silva, J. A., L. Patarata y C. Martins, 1999. Influence of ultimate pH on bovine meat tenderness during aging. *Meat Science* 52: 453-459.
- Uzcátegui-Bracho, S. y N. Jerez-Timaure, 2008. Factores que afectan la actividad de las roteasas dependientes del calcio y su relación con el proceso de ablandamiento de la carne. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 16: 177-186.
- Viljoen, H. F., H. L. de Kock y E. C. Webb, 2002. Consumer acceptability of dark, firm, and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Science* 61: 181-185.
- Xiong, Y. L., O. E. Mullins, J. F. Stika, J. Chen, S. P. Blanchard y W. G. Moody, 2007. Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscles from mature cows of various ages. *Meat Science* 77: 105-113.
- Young, O. A. y J. West, 2001. *Meat Science and Applications: Chapter 3 – Meat Color*. Marcel Dekker Inc., New York. Pages 1-31.