

Efecto de sexo y tipo de animal sobre las características de terneza y jugosidad de la carne de vacunos con ocho incisivos permanentes 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):51-62 (2017)

RESUMEN

Se evaluó el efecto del sexo (hembra o macho intacto) y tipo de animal (carne, TC; o leche, TL) sobre atributos de calidad del músculo *Longissimus lumborum* de 89 bovinos comerciales sacrificados en Puerto Rico, todos con ocho incisivos permanentes (>53 meses de edad). La carne de TC tuvo un pH mayor ($P<0.0001$) que la de TL (5.75 vs. 5.40), siendo los machos TC y los de TL de mayor y menor pH (5.99 y 5.32); habiendo así interacción de sexo por tipo ($P=0.0003$). Referente a parámetros del color, las hembras TC y los machos TL obtuvieron valores de L^* más bajos (carnes más oscuras), constituyendo otra interacción de sexo por tipo ($P<0.0001$). Los machos mostraron valores de a^* y b^* mayores (carnes más rojas y amarillas) a los de las hembras ($P<0.05$). Las hembras superaron a los machos ($P<0.0001$) en concentración de grasa intramuscular (9.13 vs. 3.06%) y hubo una ventaja no significativa a favor del TL sobre el TC (8.90 vs. 5.87%). Un alto pH se asoció con alta retención de agua ($P<0.0001$). Los valores *Warner-Bratzler Shear* (WBS) y los de terneza determinada por un panel sensorial no adiestrado mostraron tendencias no significativas a favor de las hembras en general (WBS: 6.13 vs. 7.20 kg) y para el TC sobre el TL dentro del sexo masculino, (WBS: 6.69 vs. 7.71 kg). El panel sensorial determinó mayor jugosidad en la carne de machos frente a la de hembras (4.85 vs. 4.16 en escala del 1 al 8; $P<0.0074$).

Palabras clave: sexo, tipo, 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 sex and animal type on tenderness and juiciness of beef from cattle with eight permanent incisors in Puerto Rico

The effects of sex (female or intact male) and animal type (beef, BT; or dairy, DT) on meat quality attributes of the *Longissimus lumborum* muscle were evaluated in 89 commercially sourced bovines in Puerto Rico, all having eight permanent incisors (>53 months of age). Mean meat pH was greater ($P<0.0001$) for BT than for DT (5.75 vs. 5.40), with males of BT and DT having the highest and lowest values, respectively (5.99 vs. 5.32), resulting in a sex x type interaction ($P=0.0003$). Regarding color parameters, female BT and male DT had lower L^* values (darker meat), constituting another sex x type interaction ($P<0.0001$). Males showed greater a^* and b^* values than females (more red and yellow colored meat; $P<0.05$). Females surpassed males ($P<0.0001$) in intramuscular fat content (9.13 vs. 3.06%) and DT showed a non-significant advantage over BT (8.90 vs. 5.87%). Higher pH was associated with greater water retention ($P<0.0001$). *Warner-Bratzler Shear* (WBS) and tenderness scores assigned by untrained sensory panelists indicated non-significant tendencies in favor of females (WBS: 6.13 vs. 7.20 kg), and in favor of BT over DT within males (WBS: 6.69 vs. 7.71 kg). The sensory panel assigned higher juiciness scores to beef from males than females (4.85 vs. 4.16 on a scale from 1 to 8; $P=0.0074$).

Key words: sex, type, meat quality

INTRODUCCIÓN

Se acostumbra clasificar los vacunos como animales tipo carne o tipo leche según su uso y desarrollo anatómico. Los animales tipo carne reúnen características de mayor desarrollo corporal y conformación muscular, mejor eficiencia de conversión de alimento a tejido muscular y mejor proporción de masa muscular en los cuartos traseros en relación a los cuartos delanteros. Por el contrario, los animales tipo leche, que son eficientes en la conversión de alimento a leche, presentan una mayor angularidad corporal o llamado carácter lechero. En Puerto Rico las vacas de descarte de la industria lechera terminan en los macelos y representan un alto porcentaje de la carne de res que se vende. Lobo (2006) informó que en el año 2002 las vacas de descarte de la industria lechera aportaron un 60% del volumen total de matanza, lo que incide en la calidad de la carne de res vendida localmente.

El ganado bovino local criado expresamente para producción de carne se alimenta a pastoreo, mientras que las vacas lecheras consumen gran cantidad de alimento concentrado, lo que altera el contenido de grasa en la canal y el perfil de ácidos grasos (Webb y O'Neil, 2008). Actualmente se observa una mayor demanda por carne baja en grasa debido a la preocupación del público por la salud cardiovascular y el creciente problema de obesidad (Dunne et al., 2009; Givens et al., 2006). Una de las mayores ventajas del ganado de carne criado en la

isla es que produce carne magra, siendo el contenido de grasa de los principales músculos evaluados no mayor de 3% (La Res Informativa, 2005; Santrich, 2006). Dado que existe una cantidad notable de vacas de descarte de la industria lechera de edad variable, pero en su mayoría mayores de cuatro años y medio, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto del sexo y del tipo en un muestreo de los animales sacrificados con ocho incisivos permanentes (IP; ≥ 53 meses de edad) sobre la calidad de la carne.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras

Se tomaron las muestras de carne en las operaciones comerciales del matadero y planta de proceso Ganadería Santiago, Inc.⁸, ubicado en el municipio de Yauco. Se seleccionaron animales de ambos sexos y tipos para el estudio que presentaron ocho IP (Casas et al., 2001). Luego de registrar el peso de la canal caliente (muerto al gancho) se identificaron las medias canales izquierdas que se procesaron luego de las 24 h de refrigeración (5° C). Un total de 89 animales se clasificaron por sexo y tipo para constituir un total de cuatro categorías de clasificación. Se sacaron muestras de 1.36 kg de la región lumbar del músculo *Longissimus dorsi* de cada animal y se colocaron en bolsas plásticas (*polivinilidil chloride*) debidamente identificadas; estas se mantuvieron congeladas a -27° C hasta su evaluación.

Evaluación de la carne

Las siguientes variables se utilizaron para evaluar la calidad de la carne: pH, color, porcentaje de grasa intramuscular, capacidad de retención de agua (CRA), terneza mediante *Warner-Bratzler Shear Force* (WBS) y tres criterios de evaluación sensorial mediante un panel de consumidores.

La determinación del pH siguió el procedimiento de Jansen (2001); se colocaron 5 g de carne molida, libre de tejido conectivo y grasa visible, en 5 ml de agua destilada en duplicado. Las muestras se agitaron manualmente con un agitador de cristal y se utilizó un metro de banco para la medición (*SympHony-SB70P*). Se caracterizó el color de la carne utilizando un colorímetro de refracción *Hunter Lab Mini-scan XE Plus* (MiniScan XE User's Guide, 2006). Las lecturas se progra-

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 otras compañías, productos o equipo que no se mencionan.

maron para obtener los valores L* (luminosidad), a* (rojo) y b* (amarillo). Se tomaron tres lecturas por muestra en sitios aleatorios en la superficie externa del músculo libre de grasa y de tejido conectivo, expuesto previamente al aire por lo menos 20 min para lograr el florecimiento (*bloom*) del color. El contenido de grasa cruda se determinó mediante extracción etérea con disolvente orgánico (éter de petróleo) en el equipo *ANKOM^{XT10} Extraction System* (AOCS Official Procedure Am 5-04, 2009). La determinación de CRA siguió el procedimiento descrito por Jay (1965) e Irie et al. (1996) y contó con el uso de una prensa Carver. La determinación de terneza mediante WBS se realizó por el método descrito 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, mediante el uso de un sacabocado de 1.27 cm de diámetro. Se tomaron nueve lecturas en la carne cruda y cocida a temperatura interna de 77° C (bien cocida). La evaluación sensorial de la carne siguió los procedimientos establecidos por la Asociación Americana de Ciencia de la Carne (American Meat Science Association, 1995). Doce panelistas no adiestrados evaluaron las tres características de jugosidad, terneza y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica del 1 al 8, donde 1 representa carne extremadamente seca, dura e inaceptable, y 8 una carne extremadamente jugosa, tierna y aceptable. Se trozó la muestra cocida (77° C) en pedazos tamaño bocado que se guardaron en bolsas plásticas rotuladas, sobre un baño de maría (54 a 60 °C), hasta su evaluación por los panelistas.

Análisis Estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con los dos factores, sexo y tipo de animal, en un arreglo factorial 2x2. El análisis de los datos fue por un PROC MIXED, utilizando el programa SAS Versión 9.2 (SAS, 2009). Para la separación de medias se utilizó la prueba Tukey-Kramer a una probabilidad de 5% (P<0.05) para establecer significancia. También se calculó una correlaciones simple de Pearson entre pH y CRA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso de canal caliente fue mayor (P<0.0001) en machos que en hembras (295.6 vs. 212.12 kg) y no significativamente mayor (P>0.05) en animales de TL que de TC (260.7 vs. 247.1 kg; Cuadros 1, 2 y 3). La ventaja del TL existió dentro de ambos sexos (220.3 vs. 204.0 kg en hembras y 301.1 vs. 290.2 kg en machos; Cuadros 4 y 5), pero sin diferencias significativas.

CUADRO 1.—Valor de probabilidad (P) obtenidos para los efectos de sexo, tipo y la interacción de sexo por tipo.

Variable dependiente	Efecto de sexo	Efecto de tipo	Efecto de sexo x tipo
Peso canal caliente (kg)	<0.0001	0.3355	0.8494
Capacidad de retención de agua ¹	0.0149	0.0003	<0.0001
Grasa (%)	<0.0001	0.2255	0.9761
pH	0.0570	<0.0001	0.0003
L* ²	0.3733	0.0421	<0.0001
a* ³	0.0485	0.3033	0.4899
b* ⁴	0.0159	0.9469	0.1600
WBS cocido (kg) ⁵	0.1444	0.4502	0.5131
Terneza mediante panel ⁶	0.1826	0.6386	0.7336
Jugosidad mediante panel	0.0074	0.4496	0.3263
Aceptación mediante panel	0.1873	0.8437	0.6909

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).

La media general (n = 89) de pH de la carne fue de 5.58 ± 0.06 , sin diferencia ($P > 0.05$) entre hembras (5.50) y machos (5.65), pero más bajo ($P < 0.0001$) en animales TL (5.40) que en los TC (5.75) (Cuadros 1, 2 y 3). Dentro de cada sexo, correspondió a los animales TL, siendo la diferencia no significativa en las hembras (5.48 vs. 5.52), pero significativa en los machos (5.32 vs. 5.99; $P < 0.05$) (Cuadros 4 y 5). Del Campo et al. (2008) sugirieron que este efecto del tipo de animal en el pH de la carne puede deberse a la exposición del ganado lechero al habitual contacto directo con los seres humanos (estando por lo tanto menos estresados previo al sacrificio) y también al alto nivel energético de sus dietas. Aquellos autores señalan que en Uruguay (al igual que en Puerto Rico) los animales de carne, por lo general, no están expuestos a manejo diario a diferencia de los bovinos lecheros. Puesto que la bajada del pH en la conversión de músculo a carne se relaciona inversamente con la concentración de glicógeno en el músculo, dietas ricas en energía fomentan la acumulación de glicógeno muscular, lo cual impide una disminución rápida de pH. Sin embargo, se observó una interacción de sexo por tipo ($P = 0.0003$), dado el menor valor de pH de las hembras (5.52) que de los machos (5.99) dentro del TC y al revés, menor en los machos (5.32) que en las hembras (5.48) dentro del TL (Cuadros 4 y 5). Dicha interacción no tiene explicación evidente y requiere mayor investigación.

CUADRO 2.—Promedios y desviación estándar de las variables dependientes por sexo.

Variable dependiente	Sexo	
	Hembra	Macho
Número de observaciones	66	23
Peso canal caliente (kg)	212.16 ± 7.48 a ¹	295.63 ± 11.93 b
Capacidad de retención de agua ²	2.49 ± 0.05 a	2.25 ± 0.08 b
Grasa (%)	9.13 ± 0.68 a	3.06 ± 1.09 b
pH	5.50 ± 0.04 a	5.65 ± 0.07 a
L* ³	29.15 ± 1.16 a	27.85 ± 0.86 a
a* ⁴	12.52 ± 1.02 a	15.14 ± 0.76 b
b* ⁵	7.78 ± 0.81 a	10.35 ± 0.60 b
WBS cocido (kg) ⁶	6.13 ± 0.38 a	7.20 ± 0.62 a
Terneza mediante panel ⁷	4.38 ± 0.15 a	4.79 ± 0.26 a
Jugosidad mediante panel	4.16 ± 0.13 a	4.85 ± 0.22 b
Aceptación mediante panel	4.56 ± 0.13 a	4.89 ± 0.22 a

¹Promedios con letras diferentes en cada fila representan diferencias significativas ($P < 0.05$).

²Valores más cercanos a 1 indican carnes con mayor capacidad de retención de agua.

³Escala de color donde L*: escala de claridad de 100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz se absorbe.

⁴Escala de color donde a*: escala de 100 = rojo; -80 = verde.

⁵Escala de color donde b*: escala de +70 = amarillo; -80 = azul.

⁶Técnica de Warner-Bratzler *Shear Force* donde valores menores indican menor resistencia al corte (mayor terneza).

⁷Panel de probadores no adiestrado (escala hedónica donde 8 = extremadamente tierna, jugosa o aceptable; 1 = extremadamente dura, seca e indeseable).

El porcentaje de grasa intramuscular fue tres veces mayor ($P < 0.0001$) en las hembras (9.13%) que en los machos (3.06%) (Cuadros 1 y 2) y no significativamente mayor en animales TL que en los TC (8.90 vs. 5.87%) (Cuadros 1 y 3). Dentro de ambos sexos, animales TL tendieron a superar a los animales TC (9.93 vs. 8.32% en hembras, Cuadro 4; y 3.82 vs. 2.29% en machos, Cuadro 5), pero sin significancia ($P > 0.05$).

La CRA, cuya escala se relaciona inversamente con la retención de agua, tuvo una media menor (más agua retenida, $P = 0.0149$) en los machos (2.25) que en las hembras (2.49) (Cuadros 1 y 2) y menor en los animales TC que en los TL (2.19 vs. 2.56) (Cuadros 1 y 3). Sin embargo, dentro del sexo femenino el valor de CRA fue levemente menor en las TL (2.46 vs. 2.52) (Cuadro 4), mientras que dentro del sexo masculino fue decididamente menor en los TC (1.85 vs. 2.65) (Cuadro 5), dando lugar a una interacción de sexo por tipo ($P < 0.0001$; Cuadro 1).

Referente al color de la carne, los valores del parámetro L* (luminosidad) no difirieron ($P > 0.05$) entre las hembras (29.15) y los machos (27.85) (Cuadros 1 y 2), pero sí ($P < 0.05$) entre animales TC (26.98) y los TL (30.03) (Cuadros 1 y 3). Dentro del sexo femenino el valor L* fue

CUADRO 3.—Promedios y desviación estándar de las variables dependientes por tipo de animal.

Variable dependiente	Tipo de animal	
	Carne	Leche
Número de observaciones	32	57
Peso canal caliente (kg)	247.08 ± 9.90 a ¹	260.72 ± 10.01 a
Capacidad de retención de agua ²	2.19 ± 0.06 a	2.56 ± 0.07 b
Grasa (%)	5.87 ± 2.60 a	8.90 ± 3.77 a
pH	5.75 ± 0.06 a	5.40 ± 0.06 b
L ^{*3}	26.98 ± 1.19 a	30.03 ± 1.28 b
a ^{*4}	13.16 ± 1.05 a	14.50 ± 0.72 a
b ^{*5}	9.10 ± 0.83 a	9.03 ± 0.57 a
WBS cocido (kg) ⁶	6.39 ± 0.53 a	6.94 ± 0.49 a
Terneza mediante panel ⁷	4.66 ± 0.21 a	4.52 ± 0.20 a
Jugosidad mediante panel	4.41 ± 0.18 a	4.60 ± 0.17 a
Aceptación mediante panel	4.75 ± 0.19 a	4.70 ± 0.17 a

¹Promedios con letras diferentes en cada fila representan diferencias significativas ($P < 0.05$).

²Valores más cercanos a 1 indican carnes con mayor capacidad de retención de agua.

³Escala de color donde L*: escala de claridad de 100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz se absorbe.

⁴Escala de color donde a*: escala de 100 = rojo; -80 = verde.

⁵Escala de color donde b*: escala de +70 = amarillo; -80 = azul.

⁶Técnica de Warner-Bratzler Shear Force donde valores menores indican menor resistencia al corte (mayor terneza).

⁷Panel de probadores no adiestrado (escala hedónica donde 8 = extremadamente tierna, jugosa o aceptable; 1 = extremadamente dura, seca e indeseable).

menor para animales TC (23.79) versus TL (34.51) (Cuadro 4), mientras dentro del masculino el valor de L* fue menor para animales TL (25.55) que para los TC (30.16) (Cuadro 5) y la interacción de sexo por tipo fue significativa ($P < 0.0001$) (Cuadro 1). Para la escala de a*, que indica la intensidad del rojo, la media de los machos (15.14) superó ($P < 0.05$) a la de las hembras (12.52) (Cuadros 1 y 2), pero no difirieron los valores entre los dos tipos de animales (TL, 14.50 y TC, 13.16) (Cuadros 1 y 3). Dentro de ambos sexos los animales TL tuvieron valores de a* mayores (13.63 vs. 11.41 en hembras y 15.16 vs. 14.92 en machos) (Cuadros 4 y 5), pero sin diferencias significativas. En la escala b*, que indica la intensidad del color amarillo, la media de los machos (10.35) superó ($P = 0.0159$) a la de las hembras (7.78), pero los dos tipos de animales tuvieron casi los mismos valores (9.10 para TC y 9.03 para TL) (Cuadros 1, 2 y 3).

Según Patten et al. (2008) se espera una relación inversa entre el pH de la carne y el valor de L*, es decir que a mayor pH, menor luminosidad, resultando en carnes más oscuras; esto por supuesto en ausencia de otros factores capaces de enmascarar dicha relación. En los datos presentes esta expectativa se vio contravenida dentro del sexo mascu-

CUADRO 4.—Promedios y desviación estándar de las variables dependientes por tipo de animal dentro del sexo femenino.

Variable dependiente	Tipo de animal	
	Carne	Leche
Número de observaciones	19	47
Peso canal caliente (kg)	204.00 ± 12.62 a ¹	220.32 ± 8.03 a
Capacidad de retención de agua ²	2.52 ± 0.08 a	2.46 ± 0.06 a
Grasa (%)	8.32 ± 1.15 a	9.93 ± 0.73 a
pH	5.52 ± 0.07 a	5.48 ± 0.05 a
L* ³	23.79 ± 2.08 a	34.51 ± 1.00 b
a* ⁴	11.41 ± 1.84 a	13.63 ± 0.89 a
b* ⁵	7.09 ± 1.46 a	8.47 ± 0.70 a
WBS cocido (kg) ⁶	6.09 ± 0.65 a	6.17 ± 0.40 a
Terneza mediante panel ⁷	4.40 ± 1.22 a	4.37 ± 1.11 a
Jugosidad mediante panel	3.94 ± 1.20 a	4.38 ± 0.90 a
Aceptación mediante panel	4.63 ± 1.13 a	4.48 ± 0.93 a

¹Promedios con letras diferentes en cada fila representan diferencias significativas ($P < 0.05$).

²Valores más cercanos a 1 indican carnes con mayor capacidad de retención de agua.

³Escala de color donde L*: escala de claridad de 100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz se absorbe.

⁴Escala de color donde a*: escala de 100 = rojo; -80 = verde.

⁵Escala de color donde b*: escala de +70 = amarillo; -80 = azul.

⁶Técnica de Warner-Bratzler Shear Force donde valores menores indican menor resistencia al corte (mayor terneza).

⁷Panel de probadores no adiestrado (escala hedónica donde 8 = extremadamente tierna, jugosa o aceptable; 1 = extremadamente dura, seca e indeseable).

lino donde la relación se tornó directa al ser los animales TC superiores a los TL ($P < 0.05$) en ambas variables (pH: 5.99 vs. 5.32 y L*: 30.16 vs. 25.55; Cuadro 5). Sin embargo, según Priolo et al. (2001), la grasa intramuscular también contribuye a elevar el valor de L*. Este factor coincide con las observaciones de las hembras dentro de ambos tipos (Cuadro 4) pero no concuerda con los machos de ambos tipos (Cuadro 5). Estos resultados son ilustrativos del hecho de que las relaciones entre luminosidad (L*), pH y porcentaje de grasa intramuscular son complejas y otros factores ejercen efectos sobre los mismos.

La escala a* indica cuán roja es la carne y, dado que la mioglobina es el pigmento principal en la misma, se entiende a que a mayor valor de a* mayor será la concentración de mioglobina (Priolo et al., 2001). Por otro lado, Young y West (2001) encontraron que las carnes de coloración oscura tienden a presentar mayor retención de agua, lo que indicaría una pérdida menor de mioglobina en el líquido exudado de la carne, contribuyendo a un aspecto más oscuro de carnes con pH mayor de 5.8. Dicho comportamiento se observó en los machos TC con carnes de pH alto (5.99) que fueron acompañadas de un valor relativamente alto de

CUADRO 5.—Promedios y desviación estándar de las variables dependientes por tipo de animal dentro del sexo masculino.

Variable dependiente	Tipo de animal	
	Carne	Leche
Número de observaciones	13	10
Peso canal caliente (kg)	290.15 ± 15.26 a ¹	301.11 ± 18.34 a
Capacidad de retención de agua ²	1.85 ± 0.10 a	2.65 ± 0.13 b
Grasa (%)	2.29 ± 1.39 a	3.82 ± 1.67 a
pH	5.99 ± 0.09 a	5.32 ± 0.10 b
L ^{*3}	30.16 ± 1.14 a	25.55 ± 1.28 b
a ^{*4}	14.92 ± 1.01 a	15.16 ± 1.13 a
b ^{*5}	11.11 ± 0.80 a	9.32 ± 0.89 a
WBS cocido (kg) ⁶	6.69 ± 0.85 a	7.71 ± 0.89 a
Terneza mediante panel ⁷	4.91 ± 1.02 a	4.66 ± 0.99 a
Jugosidad mediante panel	4.88 ± 0.71 a	4.87 ± 0.63 a
Aceptación mediante panel	4.87 ± 0.77 a	4.85 ± 0.77 a

¹Promedios con letras diferentes en cada fila representan diferencias significativas ($P < 0.05$).

²Valores más cercanos a 1 indican carnes con mayor capacidad de retención de agua.

³Escala de color donde L*: escala de claridad de 100 = toda la luz es reflejada; 0 = toda la luz se absorbe.

⁴Escala de color donde a*: escala de 100 = rojo; -80 = verde.

⁵Escala de color donde b*: escala de +70 = amarillo; -80 = azul.

⁶Técnica de Warner-Bratzler Shear Force donde valores menores indican menor resistencia al corte (mayor terneza).

⁷Panel de probadores no adiestrado (escala hedónica donde 8 = extremadamente tierna, jugosa o aceptable; 1 = extremadamente dura, seca e indeseable).

a* (14.92) y un bajo valor de CRA (1.85) (Cuadro 5). Se observó también que los mayores valores de a* correspondieron a los machos (Cuadro 2), lo que podría deberse al efecto de la testosterona en el desarrollo muscular. Generalmente los machos que alcanzan una edad mayor de 53 meses (8 IP) son padrotes, lo que implica un mayor desarrollo muscular, irrigación sanguínea a los músculos y actividad física. Todos estos factores contribuyen a una mayor concentración de mioglobina (Priolo et al., 2001). En la escala b*, indicativa del color amarillo, los machos superaron ($P = 0.0159$) a las hembras (10.35 vs. 7.79; Cuadros 1 y 2), siendo la media más alta (11.11) de los machos TC (Cuadro 5).

Wulf et al. (1996) establecieron una relación inversa entre la concentración de grasa intramuscular y la retención de agua. En los datos presentes dicha relación se manifestó, con excepción de la comparación entre los tipos dentro del sexo femenino (Cuadro 4), en que los animales TC tuvieron un menor porcentaje de grasa (8.32 vs. 9.93%) y levemente mayor valor de CRA (2.52 vs. 2.46), lo que significa menor retención de agua, aunque la diferencia no fue significativa. También son posibles efectos del pH sobre la CRA. El pH de la carne de los ma-

chos TL de 5.32 (Cuadro 5) se halla cerca de su punto isoeléctrico ($pI = 5.4$), donde la carga eléctrica neta de la proteína es cero y la retención de agua debería ser menor, lo que resultaría en carne más seca (Pearce et al., 2011). En el caso atípico en cuestión, el pH citado correspondió a un alto valor de CRA de 2.65 (lo que indica baja retención de agua). Aun así, se calculó una correlación negativa ($r = -0.54$) indicando que a mayor pH menor será el valor de la CRA ($P < 0.001$), por ende dichas carnes de pH elevado tendrán una mayor retención de agua.

No se encontró efecto ($P > 0.05$) de sexo o tipo animal ni de su interacción para terneza determinada mediante WBS (Cuadros 1 al 5). De igual modo, el panel sensorial no detectó diferencias en terneza ni aceptación de la carne, pero sí en jugosidad, en la cual la media de los machos (4.85) superó ($P < 0.05$) a la de las hembras (4.16) (Cuadros 1 y 2). En los machos TC el alto valor de jugosidad correspondió lógicamente a un valor bajo de CRA, mientras en los machos TL no existió dicha correspondencia (Cuadro 5). Otra complicación que se ha señalado es la posibilidad de que una mayor dureza de las muestras de carne puede provocar mayor masticación por los panelistas y aumentar así la salivación, aparentando tener mayor jugosidad (Huff y Perrish, 1993; Schönfeldt y Strydom, 2011a, b). Típicamente los animales mayores de edad, como los del presente estudio con 8 IP (> 53 meses), tienen colágeno menos soluble en su carne, lo que puede resultar en mayor salivación al masticarla.

En un estudio previo (Domenech et al., 2017), se investigaron las mismas variables dependientes en 130 bovinos de carne de amplio espectro de edades (0 a 8 IP) y sacrificados en el mismo matadero. En aquella ocasión el efecto de sexo, determinado al comparar los datos obtenidos de 57 hembras y 73 machos, favoreció a los machos en peso de la canal y las tres escalas del color de la carne, L^* , a^* y b^* , lo que concuerda con los resultados presentes. En el estudio previo, a diferencia del presente, no se observó ventaja significativa de los machos en retención de agua ni jugosidad de la carne. En ambos estudios las hembras llevaron una amplia ventaja en el contenido de grasa intramuscular, mientras su ventaja sobre los machos en terneza, según WBS, fue significativa ($P < 0.05$) en el primer estudio, pero no así en el segundo.

CONCLUSIONES

El mayor efecto sobre el pH de la carne fue el del tipo de animal, siendo el valor más alto (de menor acidez) en los TC, sobre todo en los machos TC, lo que se atribuye posiblemente a mayor susceptibilidad al estrés previo a la matanza y alimentación menos intensiva en energía que en animales TL. El porcentaje de grasa intramuscular de las hem-

bras superó ampliamente al de los machos y el TL aventajó no significativamente al TC, lo que también sugiere una alimentación poco intensiva en estos animales. La retención de agua (inverso al parámetro de CRA) fue mayor en los machos que en las hembras y en el TC sobre el TL, pero con interacción de sexo por tipo. El criterio L*, descriptivo de la luminosidad de la carne, mostró efectos interactivos entre sexo y tipo y cierta tendencia a variar con el porcentaje de grasa intramuscular. Los criterios de color de la carne, a* y b* (rojo y amarillo), fueron mayores en machos que en hembras. La terneza, determinada objetivamente por WBS y subjetivamente por un panel sensorial, no detectó diferencias debido al sexo ni tipo animal. De igual modo el panel sensorial no indicó diferencias en aceptación general de las muestras, pero la jugosidad así determinada favoreció la carne de los machos sobre la de las hembras.

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. ANNKOM Technology Method 2, 01-30-09.
- 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 de la Universidad de Puerto Rico, Agosto 2001.
- Del Campo, M., G. Brito, J. M. Soares de Lima, D. Vaz Martins, C. Sañudo, R. San Julián, P. Hernández y F. Montossi, 2008. Effects of feeding strategies including different proportion of pasture and concentrate, on carcass and meat quality traits in Uruguayan steers. *Meat Science* 80: 753-760.
- Domenech, K., A. Rivera, A. Casas, D. Cianzio y F. Pérez, 2017. Efecto de la edad cronológica y sexo sobre las características de terneza y jugosidad de la carne de vacunos criados en Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 101(1): 35-49.
- 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.
- Givens, D. I., K. E. Kliem y R. A. Gibbs, 2006. The role of meat as a source of n-3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Science* 74: 209-218.
- Huff, E. J. y F. C. Perrish Jr., 1993. Bovine longissimus muscle tenderness as affected by postmortem aging time, animal age and sex. *Journal of Food Science* 58: 713-716.
- 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., 1965. Relationship between water-holding capacity of meats and microbial quality. *Applied Microbiology* 13: 120-121.
- La Res Informativa: Nuestra Carne de Res, 2005. Volumen 9, Número 2. Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.
- Lobo, J. C., 2006. Análisis económico comparativo de tres sistemas de manejo y alimentación en hatos lecheros en la región agrícola de Arecibo. Tesis M.S. Departamento de Economía Agrícola, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.
- MiniScan XE User's Guide, 2006. Firmware Versions 6.40 and Above, Manual Version 2.4. A60-1010-352.

- 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.
- 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.
- Santrich, D. V., 2006. Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Tesis M.S. Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.
- 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.
- Webb, E. C. y H. A. O'Neill, 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science* 80: 28-36.
- Wulf, D. M., J. B. Morgan, J. D. Tatum y G. C. Smith, 1996. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. *Journal of Animal Science* 74: 569-576.
- Young, O. A. y J. West, 2001. Meat Science and Applications: Chapter 3 – Meat Color. Pages 1-31. Marcel Dekker Inc. New York.