

ARTÍCULO TÉCNICO

Rodrigo Efrén Vásquez¹, Hugo Humberto Ballesteros² y César Andrés Muñoz³

ABSTRACT

Meat quality associated factors.**Part I: Bovine meat tenderness in 40 cattle enterprises in the Caribbean and mid-Magdalena regions of Colombia**

The methodology developed to evaluate the organoleptic quality of beef began with the classification of 46,155 cattle carcasses that supplied five processing plants located in La Dorada, Montería, Sincelejo, Valledupar and Barranquilla using the National System of Classification of Carcasses and Cuts of Beef developed by the Colombian Institute of Food Technology, ICTA (Colombia National University). With this information 465 cattle enterprises were identified as producers of optimal grade carcasses (4 and 5 stars) and technical, production and economic information was collected in 122 of those. This allowed for selecting 40 of the best enterprises in the Caribbean and mid-Magdalena regions, eight per packing plant. Samples of muscle tissue (*Longissimus dorsi*) were collected from three carcasses for each processing plant in order to evaluate resistance to cutting (tenderness) according to the Warner Bratzler technique for a total of 120 samples. Statistically significant ($P < 0.0001$) differences were found for the force of resistance to cutting with respect to the genetic type used and the enterprise sampled. Mean resistance to cutting was 4.81 ± 0.94 kgf (cv 19.43%), with age of sacrifice of the animal being an important factor. The tenderness of the meat samples from hybrids between Zebu and *Bos taurus* (Brown Swiss) and Romosinuano native breed, with 3.05 and 3.95 kgf, respectively, was notable. Additionally, greatest meat tenderness was found when nutritional supplementation was offered to the animals in the form of premixes, with values of resistance to cutting of 2.65 ± 0.33 kgf.

Key words: beef meat, Caribbean region, Colombia, resistance to cutting, tenderness.

Recibido: agosto 17 de 2007
Aceptado: diciembre 7 de 2007

1. Investigador profesional asociado, Grupo de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología Animal (categoría A de COLCIENCIAS), CORPOICA. Centro de Investigación Tibaitatá (Mosquera, Cundinamarca). e-mail: rvasquez@corpoica.org.co
2. Investigador, Grupo de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología Animal (categoría A de COLCIENCIAS), CORPOICA. Centro de Investigación Tibaitatá (Mosquera, Cundinamarca). e-mail: hballesteros@corpoica.org.co
3. Médico Veterinario Zootecnista. Investigador y asistente técnico particular. e-mail: camomvz@hotmail.com

Factores asociados con la calidad de la carne. I parte: la terneza de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio

RESUMEN

La metodología desarrollada para evaluar la calidad organoléptica de la carne bovina inició con la clasificación de 46.155 canales bovinas que abastecían cinco frigoríficos ubicados en La Dorada, Montería, Sincelejo, Valledupar y Barranquilla, usando el Sistema Nacional de Clasificación de Canales y Cortes de Carne Bovina desarrollado por el Instituto Colombiano de Tecnología de Alimentos –ICTA– de la Universidad Nacional de Colombia. Con esta información se identificaron 465 empresas ganaderas productoras de canales óptimas (4 y 5 estrellas) y en 122 de ellas se recogió información tecnológica, productiva y económica; ello permitió seleccionar las 40 mejores empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio, ocho empresas por cada frigorífico. Se recolectaron muestras de tejido muscular (*Longissimus dorsi*) en tres canales por empresa ganadera a fin de evaluar la resistencia al corte (terneza) según la técnica de Warner Bratzler para un total de 120 muestras. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0,0001$) de la fuerza de resistencia al corte con respecto al tipo genético utilizado y a la empresa muestreada; el promedio general de resistencia al corte fue de $4,81 \pm 0,94$ kgf (cv = 19,43%), siendo un factor de importancia la edad de sacrificio del animal. Se destacó la terneza de las muestras de carne de los animales cruzados de la raza Cebú con animales *Bos taurus* (Pardo Suizo) y criollos (Romosinuano), con 3,05 y 3,95 kgf, respectivamente. Además, se encontró mayor terneza de la carne cuando se ofrecía suplementación nutricional a los animales en forma de premezclas, con valores de resistencia al corte de $2,65 \pm 0,33$ kgf.

Palabras clave: carne bovina, Caribe, Colombia, corte, resistencia, terneza.

INTRODUCCIÓN

LA CALIDAD DE LA CARNE ES una combinación adecuada de los atributos de terneza, jugosidad, sabor y color; en la actualidad, la industria de alimentos paga más por cortes de carne de alta calidad que aseguren, de esta manera, la satisfacción del consumidor. Según Huertas-Leidenz (2000) y Vásquez, Díaz y Pulido (2002) los factores que determinan la calidad de la carne están representados por las características organolépticas o sensoriales, el valor nutricional y las condiciones higiénico-sanitarias.

En cuanto a las características organolépticas, la terneza de la carne es un factor de gran importancia que incide en la aceptación que tiene el consumidor final del producto cárnico y se define como la dificultad o la facilidad con la que se puede cortar o masticar. Según Barton *et al.* (1988) la terneza se relaciona con los siguientes factores: 1) la degradación de la fibra muscular, 2) el estado contráctil del músculo, 3) la cantidad de tejido conecti-

vo y, 4) la cantidad de grasa intramuscular o 'marmóreo'; estos factores son susceptibles a cambios determinados por la variación genética y/o el medio ambiente, si bien existen otros factores que inciden en la terneza de la carne.

El marmóreo se considera un atributo determinante de la jugosidad de la carne. La industria norteamericana otorga bastante importancia al grado de marmóreo en la clasificación de las canales (Huertas-Leidenz *et al.*, 1997). Otros autores indican que sólo del 5 al 10% de la variabilidad en la palatabilidad se puede atribuir al marmóreo (Preston y Willis, 1975; Dikeman, 1987). Además, la terneza también se ve influida por el manejo *post mortem* de las canales como la velocidad de refrigeración.

Dentro de los métodos de determinación de la terneza se encuentran los de apreciación objetiva y los de apreciación subjetiva. Los primeros intentan predecir un valor de terneza de manera cuantitativa; entre ellos el más usado es la técnica de

Warner Bratzler, método directo mediante el cual una cuchilla mide la resistencia que opone la carne a ser cortada, la cual se expresa como 'fuerza de corte' (FCWB) en libras (lb) o en kilogramos-fuerza (kgf), brindando un dato objetivo (a mayor valor de fuerza de corte, menor terneza). Esta evaluación se realiza en el músculo *Longissimus dorsi*, pues se cree que es representativo de la calidad y composición de la masa cárnica de la canal. No obstante, puede existir una gran variabilidad entre los diferentes cortes de carne lo que indica la dificultad que se enfrenta para la predicción de la terneza; en efecto, se ha comprobado que la relación entre la terneza del *Longissimus* y otros músculos va de ligera a moderada (Schakelford, Wheeler y Koochmariaie, 1997a).

El objetivo del presente trabajo fue identificar las variables que determinan el grado de terneza de la carne bovina producida en las regiones Caribe y Magdalena Medio, tales como la alimentación, el mejoramiento genético, la salud animal, la gestión empresarial y la comercialización de la carne a nivel de empresas ganaderas y frigoríficos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología desarrollada para la evaluación de la calidad organoléptica de la carne bovina inició con la clasificación de canales bovinas que abastecían frigoríficos tecnificados de la región Caribe y el Magdalena Medio (Frigomedio ubicado en La Dorada, Frigosinú en Montería, Frigosabanas en Sincelajo, Coolesar en Valledupar y Camagüey en Barranquilla), en los cuales se desarrollo el proyecto 'Clasificación y diseño de una propuesta de pago por calidad para la comercialización de canales', financiado por Fedegan, en el cual se clasificaron 46.155 canales bovinas mediante el Sistema Nacional de Clasificación de Canales y Cortes de Carne Bovina desarrollado por el Instituto Colombiano de Tecnología de Alimentos -ICTA- de la Universidad Nacional de Colombia.

De acuerdo con la información obtenida se seleccionaron 465 empresas ganaderas productoras de canales de calidad (4 y 5 estrellas) que abastecían con mayor frecuencia los frigoríficos mencionados. Con la identificación de estas empresas, se

inició la recopilación de la información tecnológica, productiva y económica de 122 empresas, para lo cual la información obtenida fue digitalizada en una base de datos desarrollada en el programa Acces® para su posterior análisis; finalmente, y basados en dicha información, se seleccionaron las cuarenta (40) mejores empresas ganaderas, ocho (8) por cada frigorífico, a las cuales se les realizó un seguimiento de su modelo productivo y la posterior toma de muestras de músculo *Longissimus dorsi* de tres (3) animales de cada empresa seleccionada para el análisis de la resistencia al corte.

La muestra de tejido muscular fue recolectada posteriormente al desposte de la canales en los frigoríficos, retirando de ellas el 'lomo liso' o 'bife angosto' (músculo *Longissimus dorsi*) el cual tiene como base ósea las cuatro últimas vértebras torácicas, la extremidad proximal de la décima a la décima tercera costilla en su tercio superior y las seis vértebras lumbares a nivel de las apófisis espinosas y cresta iliaca; como plano muscular, el *Longissimus dorsi* se encuentra entre los músculos ileocostal lumbar, *longissimus* lumbar, retractor costal, rotadores, intertransversos lumbares, transverso espinoso y multifidos. Los lomos fueron empacados al vacío y enviados en neveras de icopor con hielo, para mantener una temperatura aproximada de 6°C, al Laboratorio de Calidad de Carnes de CORPOICA, ubicado en el Centro de Investigación Tibaitatá en el municipio de Mosquera (Cundinamarca).

La estandarización de la metodología para la evaluación de la resistencia al corte según la técnica de Warner Bratzler (RCWB) se llevó a cabo en el laboratorio citado, con base en protocolos obtenidos del Meat Animal Research Center adscrito al United States Department of Agriculture -USDA- (1994, 1995, 1998, 1999). Allí, las muestras de carne fueron almacenadas a una temperatura de -20°C durante 24 horas, luego de lo cual fue retirada la porción caudal de cada muestra, así: 3 lonjas de tres 3 cm de ancho cada una, las cuales fueron debidamente identificadas con el número del animal y la fecha de corte, y fueron sometidas a descongelación por 12 horas. Una vez descongeladas, cada lonja se dejó con un ancho de 5 cm, un largo de 6 cm y un alto de 3 cm, registrando en ellas un peso que osciló entre 100 y 120 gr.

La cocción de cada muestra se efectuó en un asador eléctrico de marca Convection Oven®, modelo DHL-32, el cual se precalentó antes de su uso. La temperatura interna de la lonja se midió utilizando una termocupla tipo K de marca Shimadem®, modelo SR 3, la cual se insertó en el centro geométrico de la muestra; cuando se alcanzó un temperatura interna de 40°C, la muestra fue volteada y puesta nuevamente sobre la parrilla hasta alcanzar 70°C, momento en el cual se interrumpió la cocción y se registró el tiempo de proceso. Cuando la muestra estuvo fría se pesó de nuevo para determinar el porcentaje de merma; posteriormente, de cada lonja se extrajeron ocho (8) cilindros con un sacabocados de 1,3 cm de diámetro, paralelamente a la dirección de las fibras musculares.

El equipo utilizado para medir la resistencia o fuerza al corte según el método de Warner Bratzler (FCWB) fue un Shimadzu® - Modelo EZ Test, el cual fue equipado con una mordaza con lámina metálica de 1 mm de espesor, provista de un orificio triangular con un ángulo de 60°, la cual realizó un corte transversal en la dirección de la fibra muscular. El equipo fue configurado con una velocidad de corte de 200 mm por minuto y la información fue almacenada con la ayuda del software Rheo-meter®.

Para calcular las medidas de tendencia central y la variación de la resistencia al corte en las muestras de carne procedentes de la región Caribe y de la microregión Magdalena Medio, se empleó el procedimiento de Modelos Generales Lineales (GLM) del paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System). Un primer modelo incluyó la identificación del animal (lomo), el efecto de las tres (3) muestras de este lomo y su procedencia (empresa ganadera). El modelo utilizado se describe a continuación:

$$Y_{ijkl} = \mu_i + L_j + M_k + E_l + e_{ijkl}$$

donde,

Y_{ijkl} : variable respuesta (resistencia al corte)

μ_i : media poblacional

L_j : efecto del lomo

M_k : efecto de la muestra

E_l : efecto de la empresa ganadera

e_{ijkl} : error experimental.

El segundo modelo incluyó la raza del animal, el tipo de forraje que consumía cuando terminó el engorde, el suplemento suministrado, si fue aplicado algún tipo de promotor de crecimiento (hormonas), su condición sexual (entero o castrado) y la clasificación final de su canal (4 ó 5 estrellas). El modelo utilizado se describe a continuación:

$$Y_{ijklmn} = \mu_i + R_j + F_k + S_l + H_m + C_n + Q_o + e_{ijklmno}$$

donde,

Y_{ijklmn} : variable respuesta (resistencia al corte)

μ_i : media poblacional

R_j : efecto de la raza

F_k : efecto del tipo de forraje

S_l : efecto del tipo de suplemento

H_m : efecto del tipo de hormonas

C_n : efecto de la condición sexual

Q_o : efecto de la clasificación de la canal

$e_{ijklmno}$: error experimental.

Los resultados obtenidos fueron comparados frente a dos sistemas de clasificación que se describen a continuación:

1. Una carne puede ser catalogada según la fuerza de corte (resistencia al corte) que oponen las fibras musculares por medio de la cuchilla de Warner Bratzler (FCWB) según el siguiente esquema:

Ligeramente tierna si la FCWB es menor de 6 kgf.

Terneza intermedia si la FCWB está entre 6 y 9 kgf.

Por encima de 9 kgf la carne debe ser declarada *dura*.

2. Otros autores (Schakelford, Wheeler y Koohmaraie, 1997a; Tatum *et al.*, 1996; Huerta-Leindenz *et al.*, 1998) han indicado que el umbral de 6 kgf no coincide con valores más exigentes, como 4,6 kgf ó 3,8 kgf, y han propuesto la siguiente clasificación:

Carne *tierna* si la FCWB es menor de 2,27 kgf.

Carne *medianamente tierna* si la FCWB es mayor de 2,27 y menor de 3,63 kgf.

Carne *dura* si la FCWB es mayor de 3,63 y menor de 5,44 kgf.

Carne *extremadamente dura* si la FCWB es mayor de 5,44 kgf.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad organoléptica o sensorial es uno de los aspectos de mayor importancia en el momento de seleccionar un tipo de carne. La experiencia del mercado en otros países demuestra que la calidad percibida por la mayoría de los clientes finales se refiere en mucho al carácter sensorial de la carne; es decir, a los atributos que se captan del producto con los órganos de nuestros sentidos (Judge *et al.*, 1989) y que inciden en la disposición del consumidor a pagar un buen precio para repetir dicha experiencia.

Los resultados obtenidos señalaron que existen diferencias ($P < 0,0001$) de la resistencia al corte con respecto a la empresa ganadera, siendo el promedio general de $4,81 \pm 0,94$ kgf con un coeficiente de variación (cv) de 19,43%; este valor indica que estas carnes se clasifican como '*dura*' según la clasificación de Schakelford, Wheeler y Koohmaraie (1997a), Tatum *et al.* (1996) y Huerta-Leindenz *et al.* (1998); no obstante, al emplear la clasificación de FCWB éstas serían del tipo '*ligeramente tierno*'. Estos valores están influidos por factores tales como la alimentación, la edad y el manejo del animal, pero pueden ser optimizados por el manejo que se le da a la canal bovina durante su faenamiento y almacenamiento, lo que mejora su calidad sensorial (disminución de la resistencia al corte).

En la Tabla 1 se puede observar el número de empresas ganaderas catalogadas por el valor promedio de resistencia al corte; es importante destacar como al aplicar diferentes métodos de clasificación de la terneza de la carne, el número de

empresas productoras de carne clasificada como *tierna*, *varia*, lo que demuestra la importancia de determinar un umbral de terneza que involucre las exigencias de los consumidores del mercado al que se pretenda llegar; ya que entre los atributos que más influyen en su satisfacción, se destaca el carácter tierno (terneza), la jugosidad y el sabor de la carne cocida (Judge *et al.*, 1989). De estos tres factores la terneza juega el papel más decisivo (Schakelford, Koohmaraie y Wheeler, 1995, 1997ab). Las otras sensaciones, especialmente la jugosidad y la cantidad de tejido conjuntivo (residuo al masticar) están estrechamente vinculadas a la terneza evaluada por cataadores (Huerta-Leindenz *et al.*, 1997).

En la Tabla 2 se pueden observar los promedios obtenidos de resistencia al corte según el tipo racial utilizado en las ganaderías. Se debe destacar el excelente comportamiento que tienen los animales cruzados de la raza Cebú con animales del tipo *Bos taurus* (Pardo Suizo) y la raza criolla colombiana Romosinuano; esto concuerda con lo reportado por Crouse *et al.* (1989) y Riley *et al.* (1986) quienes han demostrado que la carne de *Bos indicus* es menos tierna que la de *Bos taurus*, lo cual tiene que ver con el proceso enzimático de proteólisis del músculo (ablandamiento de la carne por la rotura de partes del componente miofibrilar). Así, la extensión de la proteólisis inducida por las calpaínas en bovinos *Bos indicus* y el vacuno europeo (*Bos taurus*) se correlacionan con la textura, siendo mayor la proteólisis en *Bos taurus*, cuya carne es, por lo general, más tierna; por su parte, los músculos de *Bos indicus* presentan en actividades más altas del inhibidor calpastatina

Tabla 1. Número de empresas ganaderas y valores promedio de resistencia al corte según la clasificación de Warner Bratzler (RCWB) y según la clasificación de Schakelford, Wheeler y Koohmaraie (1997a), Tatum *et al.* (1996) y Huerta – Leindenz *et al.* (1998).

Clasificación de Warner Bratzler (FCWB)	Valor	n	Resistencia al corte (kgf)
Dura	> 9 kgf	0	-
Terneza intermedia	Entre 6 y 9 kgf	2	6,79 ± 1,05
Ligeramente tierna	< 6 kgf	38	4,76 ± 1,01
Clasificación de Schakelford, Wheeler y Koohmaraie (1997a), Tatum <i>et al.</i> (1996) y Huerta-Leindenz <i>et al.</i> (1998)	Valor	n	Resistencia al corte (kgf)
Extremadamente dura	> de 5,44 kgf	12	5,90 ± 0,42
Dura	> de 3,63 y < de 5,44 kgf	23	4,58 ± 0,47
Medianamente tierna	> de 2,27 y < de 3,63 kgf	5	2,95 ± 4,27
Tierna	< de 2,27 kgf	0	-

(Schakelford *et al.*, 1991). Así mismo, Smith (2001) indica que la palatabilidad de la carne se relaciona con la cantidad de tejido conectivo y colágeno/reticulina, la deposición de grasa intramuscular y la actividad de la enzima calpastatina.

En la Tabla 3 se puede observar que existieron diferencias ($P < 0,0001$) entre los forrajes utilizados en cada una de las empresas ganaderas; se encontró una resistencia menor al corte en los animales alimentados con praderas de Angleton o con la asociación de Angleton y Braquipara, con valores de $3,05 \pm 1,38$ kgf y $2,65 \pm 0,33$ kgf, respectivamente. Según Hammond (1932) y McMeekan (1940) los efectos generales del plano de nutrición sobre el crecimiento de los animales destinados a producir carne se manifiestan en la composición de los músculos. Así, una mayor cantidad de granos en la alimentación aumenta el contenido energético de la dieta, lo que causa un mayor engrasamiento de la canal y de la carne (Huertas-Leindenz *et al.*, 1997) y, consecuentemente, se incrementa el porcentaje de grasa intramuscular, disminuyendo el valor de resistencia al corte.

Adicionalmente se evaluó la influencia de la suplementación ofrecida a los animales con respecto a la resistencia al corte de las canales provenientes de dichas ganaderías. Se encontraron diferencias estadísticas significativas cuando se ofrecieron mezclas como forma de suplementación a los animales, siendo éste el mejor valor de terneza ($2,65 \pm 0,33$ kgf) del ensayo. Así mismo, otros tipos de suplementos, como granos y frutos, y subproductos agrícolas, proporcionan una mejor terneza a la carne (Tabla 4). Este comportamiento fue similar a lo reportado por Miller *et al.* (1983) quien explicó que el alimentar novillos intensamente antes del sacrificio mejora la palatabilidad de la carne, lo que es causado por la acumulación de grasa subcutánea e intramuscular y una mayor síntesis de proteína (colágeno), la cual se convierte fácilmente en gelatina mediante la cocción; este tipo de alimentación produce carnes más blandas. Por otra parte, canales producidas con base en forrajes presentan carne con menos marmóreo, más oscuras, con textura áspera y menos tiernas (Huertas-Leindenz *et al.*, 1997).

En cuanto a los promedios obtenidos de resistencia al corte determinados por el

Tabla 2. Promedios generales de resistencia al corte obtenidos por tipo racial evaluado.

Tipo racial	n	Resistencia al corte (kgf)	Clasificación WB*	Otra clasificación**
Brahman	44	5,1617 ^a	Ligeramente tierna	Dura
Brangus	6	5,1576 ^a	Ligeramente tierna	Dura
Romosinuano	10	4,7853 ^{ab}	Ligeramente tierna	Dura
Cebú x Bos taurus	20	4,2605 ^{bc}	Ligeramente tierna	Dura
Romosinuano x cebú	10	3,9488 ^{bc}	Ligeramente tierna	Dura
Pardo Suizo x Cebú	30	3,0513 ^d	Ligeramente tierna	Medianamente tierna

^{a,b,c,d} Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0,0001$); * Clasificación de Warner Bratzler (FCWB); ** según Schakelford, Wheeler y Koohmaraie, 1997a; Tatum *et al.*, 1996 y Huerta-Leindenz *et al.*, 1998.

Tabla 3. Promedios generales de resistencia al corte obtenidos según tipo de forraje.

Forraje	n	Resistencia al corte (kgf)	Clasificación WB*	Otra clasificación**
Guinea	9	5,4990 ^a	Ligeramente tierna	Extremadamente dura
Angleton, Guinea	18	5,4468 ^a	Ligeramente tierna	Extremadamente dura
Angleton, Colosuana	18	5,1756 ^{ab}	Ligeramente tierna	Dura
Angleton, Estrella, Colosuana	15	5,0855 ^{ab}	Ligeramente tierna	Dura
Angleton, Admirable	15	4,8510 ^{abc}	Ligeramente tierna	Dura
Otros	10	4,7528 ^{abc}	Ligeramente tierna	Dura
Angleton, Guinea, Colosuana	8	4,4722 ^{bc}	Ligeramente tierna	Dura
Guinea, Colosuana	9	4,2221 ^c	Ligeramente tierna	Dura
Angleton	9	3,0513 ^d	Ligeramente tierna	Medianamente tierna
Angleton, Braquipara	9	2,6519 ^d	Ligeramente tierna	Medianamente tierna

^{a,b,c,d} Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0,0001$); * clasificación de Warner Bratzler (FCWB); ** según Schakelford, Wheeler y Koohmaraie, 1997a; Tatum *et al.*, 1996 y Huerta-Leindenz *et al.*, 1998.

Tabla 4. Promedios generales de resistencia al corte obtenidos según el tipo de suplementación ofrecida a los animales en la etapa final de 'terminado'.

Suplementación	n	Resistencia al corte obtenida (kgf)	Clasificación WB*	Otra clasificación**
No suplementa	105	4,9398 ^a	Ligeramente tierna	Dura
Subproductos agrícolas	6	4,6619 ^a	Ligeramente tierna	Dura
Granos y frutos	6	4,3503 ^a	Ligeramente tierna	Dura
Mezclas	3	2,6519 ^b	Ligeramente tierna	Medianamente tierna

^{a,b} Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0,0001$); * Clasificación de Warner Bratzler (FCWB); ** según Schakelford, Wheeler y Koohmaraie, 1997a; Tatum *et al.*, 1996 y Huerta-Leindenz *et al.*, 1998.

uso de promotores de crecimiento (Tabla 5) y la de la condición sexual (Tabla 6), no se encontraron diferencias estadísticas. No obstante, Huertas-Leindenz y Ríos (1993), indican que la carne de los toros (no castrados) adultos es calificada por catadores como menos tierna al ser comparada con novillos (castrados) o novillas de la misma edad. Esto puede atribuirse a la mayor complejidad del tejido conectivo, a la mayor concentración de testosterona en el animal entero (Cross, Schanbacher y Crouse, 1984) y a una actividad pronunciada de la calpastatina (Morgan *et al.*, 1993). En otros estudios se observó que animales castrados presentan un valor mejor de terneza, ya que los machos tienen menos grasa intramuscular que las hembras,

mientras que los individuos castrados de cada sexo tienen más grasa intramuscular que la que corresponde a animales sexualmente enteros (Hammond, 1932 y Wierbicki y Deatherage, 1958).

En la Tabla 7 se pueden observar los promedios obtenidos de resistencia al corte derivados de la clasificación de la canal (4 ó 5 estrellas del Sistema Nacional de Clasificación de Canales y Cortes de Carne Bovina desarrollado por el Instituto Colombiano de Tecnología de Alimentos –ICTA– de la Universidad Nacional de Colombia), siendo mayor la terneza en las canales clasificadas con 5 estrellas con respecto a las canales 4 estrellas ($P < 0,0001$), efecto posiblemente causado por

Tabla 5. Promedios generales de resistencia al corte logrados por el uso de promotores de crecimiento en los bovinos.

Uso de promotores de crecimiento	n	Resistencia al corte (kgf)	Clasificación WB*	Otra Clasificación**
No	72	4,9150 ^a	Ligeramente tierna	Dura
Sí	48	4,6598 ^a	Ligeramente tierna	Dura

^a Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0,0001$); * Clasificación de Warner Bratzler (FCWB); ** según Schakelford, Wheeler y Koochmariaie, 1997a; Tatum *et al.*, 1996 y Huerta-Leindenz *et al.*, 1998.

Tabla 6. Promedios generales de resistencia al corte obtenidos por efecto de la condición sexual de los animales.

Condición sexual	n	Resistencia al corte (kgf)
Entero	90	4,9983 ^a
Castrado	30	4,7502 ^a

^a Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0,0001$).

Tabla 7. Promedios generales de resistencia al corte obtenidos por el tipo de canal (clasificación 4 y 5 estrellas).

Clasificación de la canal*	n	Resistencia al corte obtenida (kgf)	Clasificación WB**	Otra clasificación***
4 estrellas	64	5,01701 ^a	Ligeramente tierna	Extremadamente dura
5 estrellas	56	4,5789 ^b	Ligeramente tierna	Extremadamente dura

^{a,b} Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0,0001$); * según el Sistema Nacional de Clasificación de Canales y Cortes de Carne Bovina desarrollado por el Instituto Colombiano de Tecnología de Alimentos –ICTA–; ** clasificación de Warner Bratzler (FCWB); *** según Schakelford, Wheeler y Koochmariaie, 1997a; Tatum *et al.*, 1996 y Huerta-Leindenz *et al.*, 1998.

Tabla 8. Promedios generales de resistencia al corte derivados de la microrregión en donde fue producida la carne.

Microrregión	n	Resistencia al corte (kgf)	Clasificación WB+	Otra Clasificación*
Valle del Sinú	47	5,3298 ^a	Ligeramente tierna	Extremadamente dura
Valle del Cesar	28	4,5437 ^b	Ligeramente tierna	Extremadamente dura
Sabanas de Córdoba, Sucre y Bolívar	25	3,4803 ^c	Ligeramente tierna	Medianamente tierna
Magdalena Medio	20	2,6519 ^d	Ligeramente tierna	Medianamente tierna

^{a,b,c,d} Letras diferentes indican diferencias estadísticas ($P < 0,0001$); * Clasificación de Warner Bratzler (FCWB); ** según Schakelford, Wheeler y Koochmariaie, 1997a; Tatum *et al.*, 1996 y Huerta-Leindenz *et al.*, 1998.

la edad de sacrificio de los animales, siendo este uno de los factores que más afecta la calidad organoléptica de la carne, ya que la inmadurez al sacrificio generalmente se asocia con carnes tiernas (Cross, Schanbacher y Crouse, 1984; Schakelford, Koochmariaie y Wheeler, 1995), pues en los músculos de los animales jóvenes existe una mayor concentración del colágeno 'halosoluble', un precursor del colágeno insoluble. Además, la dureza de la carne de animales maduros se atribuye a una mayor complejidad de la estructura molecular del tejido conectivo.

Fue posible establecer diferencias de resistencia de la carne al corte según cada

microrregión evaluada, encontrándose diferencias entre cada una de ellas ($P < 0,0001$): el Magdalena Medio es la microrregión con el mejor valor de terneza ($2,65 \pm 0,33$ kgf) lo que se atribuye a variables como la genética, el tipo de alimentación y la edad al sacrificio (Tabla 8).

CONSIDERACIÓN FINAL

Los datos hallados sobre terneza de la carne bovina procedente de microrregiones, empresas ganaderas y frigoríficos altamente especializados en Colombia constituyen un gran avance en el logro de estándares internacionales de calidad

del producto cárnico. No obstante, es conveniente adelantar estudios futuros con el fin de corroborar los valores obtenidos en el presente trabajo debido a que en la medición de los patrones de calidad se ve reflejada una gran variabilidad de algunos parámetros por efecto de diferentes variables que deben ser controladas. Con la información obtenida se propone el diseño de estudios focalizados y con un mayor número de variables controladas, con el propósito de resaltar la importancia de algunas microrregiones y tipos raciales frente a la producción de carne de calidad.

La información aquí presentada es el resultado del Convenio No. 275-2002 "Identificación de Nichos Estratégicos, Tecnologías y Patrones de Calidad de Canales Bovinas en la Región Caribe y el Magdalena medio" realizado entre la Federación Nacional de Ganaderos –FEDEGAN–, el Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología 'Francisco José de Caldas' –COLCIENCIAS– y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria –CORPOICA–.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Barton-Gade, P.A., H.R. Cross, J.M. Jones y R.J. Winger. 1988. Factors affecting sensory properties of meat. *Meat, Milk Sci. Technol.* 5: 165.
- Cross, H.R., B.D. Schanbacher y J.D. Crouse. 1984. Sex, age and breed related changes in bovine testosterone and intramuscular collagen. *Meat Sci.* 10: 187.
- Crouse, J.D., L.V. Cundiff, R.M. Koch, M. Koochmariaie y S.C. Seideman. 1989. Comparison of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristic and mean palatability. *J. Amin. Sci.* 67: 2661-2668.
- Dikeman, M.E. 1987. Fat reduction in animals and effects on palatability and consumer acceptance of meat products. *Recip. Meat. Conf.* 40: 93-103.
- Hammond, J. 1932. Growth and development of mutton qualities in the sheep. Oliver & Boy, London.
- Huertas-Leidenz, N. 2000. Parámetros de calidad de carne para o inicio de milenio. En: *Gestao Estrategica na Pecuaria. Anais 4º. Congresso Brasileiro das racas Cebuínas.* 26-28 de Outubro. Uberaba.
- Huertas-Leidenz, N. y A. Rodas-González. 1998. El ganado de doble propósito. ¿Carne para consumidores exigentes?. En: C. González *et al.* (eds). *Mejorada de la ganadería mestiza de doble propósito.* Astro Data, Maracaibo.

- Huertas-Leidenz, N., O. Atencio-Valladares, A. Rodas-González, N. Jerez-Timaure y B. Bracho. 1997. Características de canales de novillos y novillas acebúados producidos en pastoreo y su relación con atributos de la calidad comestible de la carne. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5. Suple. 1: 565-567.
- Huertas-Leidenz, N. y G. Ríos. 1993. La castración a diferentes estadios de crecimiento II. Efectos sobre las características de la canal. Rev. Fac. Agr. Luz 10: 163.
- Judge, M.D., E.D. Aberle, J.C. Forrest, H.B. Hedrick y R.A. Merkel. 1989. Principles of meat science. Second edition. Kendall & Hunt Pub. Co. Dubuque, Iowa. pp. 271.
- McMeekan, C.P. 1940. The meat. J.A. Sci. 30: 276 – 287.
- Miller, R.K., J.D. Tatum, H.R. Cross, R.A. Bowling, y R.P. Clayton. 1983. Effects of carcass maturity on collagen solubility and palatability of beef from grain-finished steers. J. Food Sci. 48:484-525.
- Morgan, J.B., T.L. Wheeler, M. Koohmaraire, J.W. Savell, y J.D. Crouse. 1993. Meat tenderness and calpain proteolytic system in *Longissimus* muscle of young bulls and steers. J. Anim. Sci 71: 1471 – 1476.
- Preston, T.R. y M.B. Willis. 1975. Composición y calidad de la canal. Cap. 2. En: Producción intensiva de carne. Ed. Diana. México DF. pp. 61-143.
- Riley, R.R., H.R. Smith, H.R. Cross, J.W. Savell, C.R. Long, y T.C. Cartwright. 1986. Chronological age and breed type effects on carcass characteristic and palatability of bull beef. Meat Sci. 17:18.
- Schakelford, S.D., M. Koohmaraie y T.L. Wheeler. 1995. Effects of slaughter age on meat tenderness and USA carcass maturity scores of beef females. J. Anim. Sci. 73: 3304-3309.
- Schakelford, S.D., M. Koohmaraie, M.F. Miller, J.D. Crouse y J.D. Reagan. 1991. An evaluation of tenderness of the *Longissimus* muscle of Angus by Hereford versus Brahman crossbred heiferds. J. Anim. Sci. 69: 171-177.
- Schakelford, S.D., T.L. Wheeler y M. Koohmaraie. 1997a. Tenderness classification of beef: I: Evaluation of beef *Longissimus* shear force at 1 or 2 days postmortem as a predictor of aged beef tenderness. J. Ani. Sci. 75: 2417-2422.
- Schakelford, S.D., T.L. Wheeler y M. Koohmaraie. 1997b. Repeatability of tenderness measurements in beef round muscles. J. Anim. Sci. 75: 2411-2416.
- Schakelford, S.D., T.L. Wheeler y M. Koohmaraie. 1995. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. J. Anim. Sci. 73: 3333-3340.
- Smith, G.C. 2001. Global sources of and markets for, beef (and perhaps, for buffalo meat); factors affecting palatability of beef and meat from the water buffalo. En: Proceedings VI World Buffalo Congress. The buffalo: an alternative for animal agriculture in the third millennium. Huerta-Leidenz, N., J. Vergara y F. Rodas-González (eds.) 1(Lectures): 172-201.
- Tatum, J.D., R.D. Green, S.F. O'Connors y G.C. Smith. 1996. Puntos críticos del control genético para mejorar la terneza en carnes de res de cruces de bovinos tolerantes al calor. En: n. Huerta-Leidenz, N. y K.E. Belk (eds.). El ganado Brahman en el umbral del siglo XXI. Memorias del Congreso Mundial de la Raza Brahman. pp. 374-403.
- USDA – United States Department of Agriculture. 1999. Meat Animal Research Center. Documents. 1994, 1995, 1998, 1999.
- Vásquez, R.E., T.E. Díaz, y J.I. Pulido. 2002. Producción de carne de alta calidad en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-, Boletín técnico.
- Wierbicki, E. y F.E. Deatherage. 1958. Determination of water-holding capacity of fresh meats. J. Agric. Food Chem. 6: 387–392.