



Calidad gustativa de la carne de bovinos en Venezuela: Una revisión

Eating quality of meat from bovines in Venezuela: A review

Qualidade gustativa da carne bovina na Venezuela: Uma revisão

Nelson Huerta-Leidenz^{1,2*} y Nancy Jerez-Timaure^{1,3}

¹Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. ²Department of Animal and Food Sciences, Texas Tech University. Box 42141. Lubbock, Texas 79409-2141. Correo electrónico: nelson.huerta@ttu.edu, . ³Instituto de Ciencia Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Correo electrónico: nancy.jerez@uach.cl .

Resumen

Se revisaron 78 publicaciones para disertar sobre la calidad gustativa de la carne bovina venezolana. La mayoría de los estudios (n=67) se refieren a factores intrínsecos (edad, genética, sexo) y extrínsecos (dieta, castración, categorización en canal y tecnologías *post mortem*) que pueden hacer variar esta calidad. La terneza es importante para los consumidores venezolanos; cuando la terneza es aceptable, el grado de satisfacción de los consumidores es resuelto con el sabor. Es consistente una mayor variación en terneza y fuerza de corte comparada con la de sabor y jugosidad. Los umbrales de terneza desarrollados con carnes venezolanas permiten clasificarlas en tiernas o duras, demostrando potencial para programas de control de calidad y clasificación-categorización de canales. Estudios observacionales y experimentales indican la desventaja en terneza de los toros vs. novillos/novillas. Tipos raciales con fuerte influencia *Bos indicus* tienden a producir carnes menos gustosas que bufalinos o mestizos *Bos taurus*. Se necesitan más estudios sobre los efectos de la edad dentaria o madurez fisiológica, de sus interacciones con clase sexual, y de dietas de suplementación al pastizal sobre la palatabilidad de la carne. Los marcadores de genes de calpaína y calpastatina mostraron ser informativos para fines de selección en ganado doble-

Recibido el 14-06-2018 • Aceptado el 06-05-2020.

*Autor de correspondencia. Correo electrónico: nelson.huerta@ttu.edu

propósito y de carne. Varias tecnologías *post mortem* pueden mitigar problemas de palatabilidad de carnes venezolanas. Se identifican vacíos de información y se proponen investigaciones para identificar y solucionar los problemas de palatabilidad de la carne bovina venezolana.

Palabras clave: calidad gustativa, bovino, *Bos indicus*, búfalo de agua, carne de res, ternera.

Abstract

To dissert on the eating quality of Venezuelan bovine meats, 78 publications were reviewed. Most of the studies (n=67) refer to intrinsic (age, genetics, sex) and extrinsic factors (diet, castration, carcass grade and *post mortem* technologies) that can vary the eating quality. Consumers attach importance to tenderness; when tenderness is acceptable, the degree of consumer satisfaction is resolved by taste. It is consistent that there is a greater variation in tenderness and shear force than in flavor and juiciness. The tenderness thresholds developed with Venezuelan meats allow them to be classified in tender or tough classes, showing potential for quality control programs and carcass classification-grading schemes. Observational and experimental studies indicate tenderness disadvantages of bulls vs. steers /heifers. Breed types with strong *Bos indicus* influence tend to produce less palatable meats than buffalo or *Bos taurus* crosses. More studies are needed on the effects of dental age or physiological maturity, of its interaction with gender, and of pasture supplementation diets on meat palatability. Markers of calpain and calpastatin genes are useful for selection purposes in dual-purpose and beef cattle. Various *post mortem* technologies can mitigate palatability problems of Venezuelan meats. Information gaps are identified, and research is proposed to identify and resolve meat palatability problems.

Keywords: eating quality, bovine, *Bos indicus*, buffalo, beef, tenderness.

Resumo

Foram revisadas 78 publicações para discutir a qualidade do sabor da carne bovina venezuelana. A maioria dos estudos (n = 67) refere-se a fatores intrínsecos (idade, genética, sexo) e fatores extrínsecos (dieta, castração, categorização de carcaça e tecnologias *post mortem*) que podem afetar sua qualidade. A maciez é importante para os consumidores venezuelanos; quando a maciez é aceitável, o grau de satisfação do consumidor é norteado pelo sabor. Uma variação maior na maciez sensorial e na força de corte é observada em relação ao sabor e suculência. Os limiares de maciez desenvolvidos com as carnes venezuelanas permitem que sejam classificadas em macias ou duras, demonstrando o potencial de programas de controle de qualidade e classificação e tipificação de carcaças. Estudos observacionais e experimentais indicam a desvantagem da maciez da

carne de touros vs. novillos / novilhas. Tipos raciais com forte influência de *Bos indicus* tendem a produzir carnes com menor aceitação do que carne de búfalos ou de bovinos com cruzamento com *Bos taurus*. São necessários mais estudos sobre os efeitos da idade dentária ou maturidade fisiológica, suas interações com a classe sexual e dietas com suplementação em sistemas de pastagem sobre a palatabilidade da carne. Os marcadores genéticos da calpaína e calpastatina mostraram-se informativos para fins de seleção em bovinos e bovinos de dupla aptidão. Várias tecnologias *post mortem* podem atenuar os problemas de palatabilidade das carnes venezuelanas. São identificadas lacunas de informação, e propostas de pesquisa para identificar e resolver os problemas de palatabilidade da carne bovina venezuelana são recomendados.

Palavras-chave: qualidade gustativa, bovino, *Bos indicus*, búfalo, carne bovina, maciez.

Introducción

La carne bovina es el producto pecuario de mayor valor (FAO, 2018) y éste, viene dado por su calidad, término de connotación múltiple (Huerta-Leidenz, 2002a, FAO, 2018). Calidad gustativa (o palatabilidad) de la carne se refiere a su calidad “como producto comestible” (FAO, 2018), también referida como “calidad sensorial” o “experiencia de calidad” (Becker, 2000). La calidad gustativa puede agregar, o restar valor, porque el conjunto de rasgos sensoriales que la definen (“atributos de experiencia”; Becker, 2000) influye en la aceptabilidad y valoración por el consumidor final. Terneza, jugosidad, sabor y aroma de la carne son de alta estima para 97,3 % de los consumidores venezolanos (Arenas de Moreno *et al.*, 2010a). La terneza es el atributo intrínseco más influyente en la satisfacción del consumidor y su variación ha sido objeto de numerosos estudios (Huerta-Leidenz y Rodas-González, 1998; Huerta-Leidenz,

Introduction

Beef is the highest valued livestock product (FAO, 2018) and this feature is given by its quality, a term with multiple connotations (Huerta-Leidenz, 2002a, FAO, 2018). Eating quality (or palatability) of meat refers to its quality “as an edible product” (FAO, 2018), also referred to as “sensory quality” or “quality experience” (Becker, 2000). The eating quality can add, or subtract value, because the set of sensory traits that define it (“attributes of experience”; Becker, 2000) influences the acceptability and valuation by the final consumer. Tenderness, juiciness, flavor and aroma of meat are highly esteemed for 97.3 % of Venezuelan consumers (Arenas de Moreno *et al.*, 2010a). Tenderness is the most influential intrinsic attribute on consumer satisfaction and its variation has been the subject of numerous studies (Huerta-Leidenz and Rodas-González, 1998; Huerta-Leidenz, 2002a; Huerta-Leidenz, 2005; Kemp *et al.*, 2010;

2002a; Huerta-Leidenz, 2005; Kemp *et al.*, 2010; Picard *et al.*, 2019). Rasgos de la calidad gustativa se pueden evaluar con grupos de personas no capacitadas en degustación, o por jueces debidamente entrenados en cata (catadores), utilizando metodologías estandarizadas (Huerta-Leidenz *et al.*, 1996a; AMSA, 2015). Propiedades texturales (reológicas) del producto pueden ser evaluadas con mediciones instrumentales (Szczesniak, 2007). La fuerza de corte con la cizalla Warner-Bratzler (FCWB) es la prueba más utilizada para medir la calidad textural de la carne (AMSA, 2015).

Los sistemas de clasificación-categorización de canales bovinas pueden ayudar a describir la carne por su calidad gustativa. A la fecha, Venezuela cuenta con más de 25 años de experiencia aplicando estos sistemas (Huerta-Leidenz, 2002b; Huerta-Leidenz, 2010). Los agentes que producen y comercializan la carne a nivel nacional, así como profesionales de las ciencias agrícolas, pueden estar ajenos a las bases científicas del sistema nacional de clasificación-categorización de canales y los factores de variación de la calidad gustativa de la carne del ganado bovino tropical. Latinoamérica no ha contado con muchos grupos de investigación en ciencia de la carne y pocos son los dedicados a estudiar la calidad gustativa del producto no procesado (Arenas de Moreno *et al.*, 2010b). En esta materia, Gómez-Pernía (2012) menciona las contribuciones en Venezuela de La Universidad del Zulia (LUZ) por el equipo de investigaciones conocido como “Grupo Carnes-LUZ”.

Picard *et al.*, 2019). Eating quality traits can be assessed with groups of people not trained in tasting, or by duly trained tasting judges (trained panelists), using standardized methodologies (Huerta-Leidenz *et al.*, 1996a; AMSA, 2015). Textural (rheological) properties of the product can be evaluated with instrumental measurements (Szczesniak, 2007). The shear force measurement with the Warner-Bratzler (WBSF) device is the most widely used test to assess the textural quality of meat (AMSA, 2015). Bovine carcass classification-grading systems can assist to describe meats for its eating quality. To date, Venezuela has more than 25 years of experience implementing these systems (Huerta-Leidenz, 2002b; Huerta-Leidenz, 2010). The agents that produce and commercialize meats at domestic settings, as well as professionals of the agricultural sciences, may be unfamiliar with the scientific bases of the national system of classification-grading of carcasses and the factors affecting the variation of the eating quality of meats of the tropical bovines. Latin America has not counted on many groups of meat science researchers, and few are dedicated to studying the eating quality of fresh meat products (Arenas de Moreno *et al.*, 2010b). In this matter, Gómez-Pernía (2012) mentions the contributions in Venezuela of the University of Zulia (LUZ) research team known as “Carnes-LUZ Working Group”. With the compilation of 78 publications (41 from Venezuelan researchers) this bibliographic review has as

Con la recopilación de 78 publicaciones (41 de investigadores venezolanos) esta revisión bibliográfica tiene como principal objetivo disertar sobre la calidad gustativa de la carne bovina producida en Venezuela. Como objetivos secundarios se trazó: (a) conocer las preferencias del consumidor venezolano por atributos de la carne bovina, (b) ponderar los factores que afectan la variación en calidad gustativa de la carne de bovinos engordados a pastoreo, suplementados o no, particularmente en el trópico venezolano, y (c) discutir las bases científicas del sistema nacional de clasificación-categorización de canales.

Encuestas de consumidores venezolanos sobre la calidad gustativa

Se conoce muy poco de las investigaciones de mercado de carácter privado para discernir percepciones, preferencias y necesidades del consumidor venezolano (e.g., Mercedes Hércules & Asociados, informe para el Consejo Venezolano de la Carne (CONVECAR), citado por Arenas de Moreno (2010)]. En los últimos 11 años no ha habido encuestas de consumidores venezolanos por grupos académicos. Segovia *et al.* (2005) encuestaron a 330 consumidores de todas las clases socioeconómicas en 110 carnicerías de Maracaibo, Venezuela. Independientemente de la clase socioeconómica, el 64 % de los consumidores buscaba la calidad en las carnes (sin referirse específicamente a la calidad gustativa). Segovia *et al.* (2005) entienden que la tipificación tradicional en el sector minorista, en

its main objective to dissert on the eating quality of meats produced by bovines in Venezuela. The secondary objectives were: (a) to learn about the preferences of the Venezuelan consumer for beef attributes, (b) to ponder the factors that affect the variation in eating quality of meats of bovines fattened on pasture, supplemented or not, particularly in the Venezuelan tropics, and (c) discuss the scientific bases of the national carcass classification-grading system.

Venezuelan consumer surveys on eating quality

Very little is known about private market research to discern perceptions, preferences and needs of the Venezuelan consumer [e.g., Mercedes Hércules & Asociados, report for the Venezuelan Meat Council- (CONVECAR), cited by Arenas de Moreno (2010)]. In the last 11 years there have been no surveys of Venezuelan consumers conducted by academic groups. Segovia *et al.* (2005) surveyed 330 consumers of all socioeconomic classes in 110 butcher shops in Maracaibo, Venezuela. Regardless of socioeconomic class, 64 % of consumers looked for quality in meats (without specifically referring to eating quality). Segovia *et al.* (2005) understand that the traditional jargon used in the retail sector to categorizing meat cuts in first, second and third quality, is a tenderness classification, being the first-quality cuts “the most tender with the highest economic value”, the second-quality cuts of “intermediate tenderness” and the third-quality group, of “greater

cortes en primera, segunda y tercera, es una clasificación por terneza, siendo los cortes de primera “los más blandos y de mayor valor económico”, los de segunda de “terneza intermedia” y los de tercera, de “mayor dureza”. A la pregunta: ¿qué tipo de carne compran, 1ª, 2ª y/o 3ª?

53 % de los encuestados dijo cortes de primera, el 35 % de todos los cortes y el restante, cortes de segunda y tercera. Sorprende que la clase socioeconómica más baja (clase E) prefiriera *más los cortes de primera; y que para el 21 %* de los consumidores en esta clase, resultaran relevantes la jugosidad, el olor y la terneza en su decisión de compra (Segovia *et al.*, 2005). En el periodo 2007-2009, Arenas de Moreno *et al.* (2020) estudiaron las expectativas de compra, motivaciones, necesidades, percepciones y preferencias de los consumidores venezolanos de carne bovina (n= 693) en las regiones occidental, central y oriental del país. Analizaron las respuestas de cuatro grupos de consumidores identificados como G1, G2, G3 y G4 por análisis de conglomerados. El grupo mayoritario de consumidores integrado por G1, G2 y G3 (n=528) consideró a la terneza como un atributo importante. Los autores concluyen que los atributos intrínsecos (terneza, color, olor, sabor, frescura y jugosidad) revisten importancia para los consumidores venezolanos; pero también los extrínsecos, tales como maduración, higiene, origen, raza e información sobre la alimentación que recibe el animal (Arenas de Moreno *et al.*, 2020).

toughness”. To the question: “what type of meat do you buy, 1st, 2nd and / or 3rd quality? 53 % of the respondents said “first-quality”, 35 % responded “all type of cuts” and the remaining group responded “second and third-quality cuts”. It is surprising that the consumers belonging to the lowest socioeconomic class (class E) preferred the first-quality cuts; and that for 21 % of consumers in this class, juiciness, smell and tenderness were relevant in their purchase decision (Segovia *et al.*, 2005). In the 2007-2009 period, Arenas de Moreno *et al.* (2020) studied the purchase expectations, motivations, needs, perceptions and preferences of Venezuelan beef consumers (n = 693) in the western, central and eastern regions of the country. They analyzed the responses of four consumer groups identified as G1, G2, G3, and G4 by cluster analysis. The majority group of consumers made up of G1, G2 and G3 (n = 528) considered tenderness as an important attribute. The authors concluded that intrinsic attributes (tenderness, color, smell, flavor, freshness and juiciness) are important for Venezuelan consumers; but also, the extrinsic ones, such as aging, hygiene, origin, breed and information on the animal’s feeding (Arenas de Moreno *et al.*, 2020).

Development of tenderness thresholds in Venezuelan meats

The development of “tenderness thresholds” arises from the interest in using more objective criteria for the classification of meats (Riley *et al.*, 2009). The WBSF values are inversely proportional to the usual

Desarrollo de umbrales de terneza en carnes venezolanas

El desarrollo de “umbrales de terneza” surge del interés por utilizar criterios más objetivos en la clasificación de carnes (Riley *et al.*, 2009). Los valores de FCWB son inversamente proporcionales a las puntuaciones usuales de terneza asignadas por catadores (Huerta-Leidenz, 2002a) y consumidores (Rodas-González *et al.*, 2009). Huerta-Leidenz y Rodas-González (1998) analizaron por regresión, las calificaciones de catadores para 767 bistés de solomo, y definieron tres umbrales de FCWB como criterios para establecer “carne tierna” (FCWB < 3,88 kg); “carne de terneza intermedia” (3,88 a 4,98 kg de FCWB); y “carne dura” (FCWB > 4,98 kg). Umbrales similares de terneza se han reportado en Colombia (Acosta Castellanos, 2018). Posteriormente, Rodas-González *et al.* (2009) desarrollaron otros dos umbrales de FCWB como líneas divisorias para diferenciar carnes tiernas de duras; el primero de 3,87 kg con calificaciones de catadores y el segundo de 4,09 kg con las opiniones hedonistas de consumidores que mostraban su satisfacción, con un 81 % de aceptabilidad, para muestras que recibían calificaciones iguales o superiores a 6 puntos (=me gusta ligeramente). Cuando los consumidores consideraban que la terneza de los bistés era aceptable, entonces se concentraban en el sabor para dictaminar su satisfacción final (Rodas-González *et al.*, 2009). Estos umbrales de terneza (Huerta-Leidenz y Rodas-González, 1998; Rodas-

tenderness scores assigned by trained panelists (Huerta-Leidenz, 2002a) and consumers (Rodas-González *et al.*, 2009). Huerta-Leidenz and Rodas-González (1998) analyzed, by regression, the tenderness scores for 767 sirloin steaks, and defined three thresholds of WBSF as criteria to establish the “tender meat” class (WBSF < 3.88 kg); “Intermediate beef” (3.88 to 4.98 kg of WBSF); and “tough meat” class (WBSF > 4.98 kg). Similar tenderness thresholds have been reported in Colombia (Acosta Castellanos, 2018). Subsequently, Rodas-González *et al.* (2009) developed two other WBSF thresholds as dividing lines to differentiate tender from tough meats; the first of 3.87 kg with ratings of trained panelists and the second of 4.09 kg with the hedonic opinions of consumers who showed their satisfaction, with 81 % acceptability for samples receiving ratings equal to or greater than six points (= “I like it slightly”). When consumers considered the tenderness of steaks to be acceptable, then they focused on the flavor to dictate their ultimate satisfaction (Rodas-González *et al.*, 2009). These tenderness thresholds (Huerta-Leidenz and Rodas-González, 1998; Rodas-González *et al.*, 2009) can serve as criteria to qualify the tenderness of samples in the studies reviewed herein.

Variation factors in taste quality of meat

Animal age and carcass maturity

The significant decrease in tenderness of 12 muscles with progressive advances in age was

González *et al.*, 2009) sirven de criterio para cualificar la terneza de muestras en los estudios aquí revisados.

Factores de variación en calidad gustativa de la carne

Edad del animal y madurez de la canal

La disminución significativa en terneza de 12 músculos con avances progresivos en la edad fue documentada por Shorthose y Harris (1990) en ocho grupos de bovinos con edades cronológicas comprendidas entre un mes hasta 60 meses. Estos autores relacionaron la tasa de aumento en la dureza de la carne, con la fuerza del tejido conectivo, apoyando el hallazgo de un mayor contenido de colágeno muscular con menor solubilidad en animales de mayor edad (Cross *et al.*, 1973; Cross *et al.* 1984; Schönfeldt y Strydom, 2011, y otros). Sin embargo, investigaciones ulteriores (Schackelford *et al.*, 1995; Monteiro *et al.*, 2005) reportaron resultados diferentes. Schackelford *et al.* (1995), comparando lomos de novillas añosas y vacas de 2 años, no detectaron diferencias significativas en la FCWB; y aunque los bistés de novillas fueron más tiernos ($P < 0,05$), la magnitud de la diferencia fue de apenas 0.4 unidades en la escala descriptiva de 8 puntos. Hubo 10 veces más variación en la terneza dentro de cada grupo de edad que la detectada entre los dos grupos de edad (Schackelford *et al.*, 1995). Tampoco Monteiro *et al.* (2005) comparando bovinos de 6 vs. 12 meses de edad, lograron detectar diferencias significativas en características fisicoquímicas ligadas a la calidad

documented by Shorthose and Harris (1990) in eight groups of cattle with chronological ages ranging from one month to 60 months. These authors related the rate of increase in meat toughness with the strength of the connective tissue, supporting the findings of a higher content of muscle collagen with less solubility in older animals (Cross *et al.*, 1973; Cross *et al.* 1984; Schönfeldt and Strydom, 2011, and others). However, subsequent research (Schackelford *et al.*, 1995; Monteiro *et al.*, 2005) reported different results. Schackelford *et al.* (1995), comparing loins of yearling heifers vs. 2-year-old cows, did not detect significant differences in WBSF; and although steaks from heifers were more tender ($P < 0.05$), the magnitude of the difference was just 0.4 units on the descriptive 8-point scale. There was 10 times more variation in tenderness within each age group than there was between the two age groups (Schackelford *et al.*, 1995). Monteiro *et al.* (2005) comparing cattle at 6 vs. 12 months of age, were not able to detect significant differences in physicochemical characteristics related to eating quality. The negative association of age with WBSF and tenderness, and the role of the amount and quality of collagen to explain the differences between ages, has been questioned (Lucero-Borja *et al.*, 2014). In Venezuela, the effects of the exact age of cattle on sensory or textural features of beef have not been studied. As the chronological age, verified by records, is unknown in most observational studies at harvesting plants, the researchers estimated it by

gustativa. La asociación negativa de la edad con la FCWB y terneza, y el rol de la cantidad y calidad del colágeno para explicar las diferencias entre edades, han sido cuestionados (Lucero-Borja *et al.*, 2014). En Venezuela no se han estudiado los efectos de la edad exacta del bovino sobre rasgos sensoriales o texturales de la carne. Como la edad cronológica, constatada por registros, se desconoce en la mayoría de los estudios observacionales en plantas de cosecha, los investigadores la estimaron por la erupción y desgaste de los incisivos (edad o madurez dentaria) y/o con la madurez esquelética y muscular de la canal. Jerez-Timaure *et al.* (1994) al explorar cambios en la calidad gustativa de solomos con avances en edad dentaria y madurez esquelética (2 vs. 4 años; tres niveles de madurez en orden creciente: A, B, C) no detectaron efectos significativos en terneza; los mayores valores de FCWB en las madureces más avanzadas (C y B) no fueron diferentes ($P > 0,10$) de la madurez A. Con los avances en madurez, las puntuaciones de terneza y demás atributos sensoriales no tendieron a disminuir; al contrario, la jugosidad de la carne fue mejor calificada en carnes de madurez C ($P < 0,05$) (Jerez-Timaure *et al.*, 1994), lo cual concuerda con la observación de Schönfeldt y Strydom (2011a) para la jugosidad sostenida. Tampoco Huerta-Leidenz *et al.* (1997b) encontraron variación significativa en FCWB, puntuaciones de terneza, u otros rasgos sensoriales comparando solomos de bovinos de 2 vs. 3 años. En el estudio de Schönfeldt y Strydom

the eruption and wear of the incisors (age or dental maturity) and / or with skeletal and lean maturities of the carcass. Jerez-Timaure *et al.* (1994) when exploring changes in the eating quality of striploins with advances in dental age and skeletal maturity (2 vs. 4 years and three maturity levels in increasing order: A, B, C) did not detect significant effects on tenderness; the highest WBSF values at the more advanced maturities (C and B) were not different ($P > 0.10$) from that of the youngest A maturity; with advances in maturity, tenderness ratings and other sensory attributes did not tend to decrease, on the contrary, meat juiciness was better rated in meat from more mature C carcasses ($P < 0.05$, Jerez-Timaure *et al.*, 1994) which agrees with the observation of Schönfeldt and Strydom (2011a) for the sustained juiciness. Huerta-Leidenz *et al.* (1997b) did not find significant variation in WBSF, tenderness scores, or other sensory traits when comparing beef steaks from cattle of 2 vs. 3 years. In the study of Schönfeldt and Strydom (2011a), the flavor intensity was the most discriminant trait among the three dental age groups (0, 2 and 8 permanent incisors) and it decreased with the advancing age.

The non-significant, or the few significant effects of dental age on WBSF and tenderness in the two Venezuelan reports, are contrary to what was observed by Schönfeldt and Strydom (2011b); perhaps because the low number of observations ($N = 23$, in Huerta-Leidenz *et al.*, 1997b) or the sensory ratings were assigned

(2011a) la intensidad del sabor fue la mayor discriminante entre los tres grupos de edad dentaria (0, 2 y 8 incisivos permanentes) y la misma disminuyó con los avances de la edad.

La no detección de (o los pocos efectos) significativos de la edad dentaria sobre la FCWB y terneza, en los dos reportes venezolanos, son contrarios a lo observado por Schönfeldt y Strydom (2011b); quizás debido a un bajo número de observaciones (N=23, en Huerta-Leidenz *et al.*, 1997b) o a puntuaciones sensoriales asignadas por panelistas que no habían completado su entrenamiento (Jerez-Timaure *et al.*, 1994), una justificación igual a la de Domenech *et al.* (2011b) al no hallar variación en rasgos sensoriales en sus comparaciones. No obstante, las observaciones de este par de estudios exploratorios en Venezuela concuerdan con las de otros reportes en diferentes países, indicando diferencias no significativas en FCWB y/o puntuaciones de terneza entre bovinos de edades dentarias diferentes [Lawrence *et al.* (2001b) en grupos de 0, 2, 4, 6 u 8 incisivos permanentes (IP), 20 canales por grupo, EE.UU.; Pflanzner y de Felício (2009) en 822 novillos Nellore con 2, 4, y 6 IP, Brasil; Moholisa *et al.* (2017) en 40 novillos tipo Bonsmara con 1-2 IP vs. 3-6 IP, Sudáfrica; Castellanos Acosta (2018) en 50 bovinos tipos doble propósito con edades dentarias menores y mayores de 3 años, Colombia). En Puerto Rico, Domenech *et al.* (2017) al clasificar 130 bovinos (machos y hembras) por edad dentaria [0, 2, 4, 6 u 8 IP) encontraron respuestas inesperadas en FCWB;

by panelists who had not completed their training (Jerez-Timaure *et al.*, 1994), a justification equal to that of Domenech *et al.* (2011b) when they did not find significant variation in sensory traits in their comparisons. However, the observations of these two exploratory trials in Venezuela are in agreement with other reports in different countries, which indicated non-significant differences in WBSF and / or tenderness ratings between meats from bovines of different dental ages [Lawrence *et al.* (2001b) in groups of 0, 2, 4, 6 or 8 permanent incisors (IP), 20 carcasses per group, USA; Pflanzner and de Felício (2009) in 822 Nellore steers with 2, 4, and 6 IP, Brazil; Moholisa *et al.* (2017) in 40 Bonsmara-type steers with 1-2 IP vs. 3-6 IP, South Africa; Castellanos Acosta (2018) in 50 dual-purpose cattle with dental ages under and over 3 years, Colombia). In Puerto Rico, Domenech *et al.* (2017) when classifying 130 bovines (males and females) by dental age [0, 2, 4, 6 or 8 IP) they found unexpected findings in WBSF; females of 0, 2, and 4 IP resulted in tougher meats (higher WBSF) than those of 6 and 8 IP; and meat from males of 0 and 8 IP were more tender (lower WBSF) than those of 2, 4 and 6 IP. Matching dental age levels with those of skeletal / muscular maturity does not seem feasible, as detected in two experiments by Lawrence *et al.* (2001a) where “dental maturity” was only in agreement with skeletal / muscular maturity in 162 of 1,264 carcasses (experiment 1) and in 54 of 200 carcasses (experiment 2). In the USA, dental age serves to segregate

hembras de 0, 2, y 4 IP resultaron con carnes más duras (mayor FCWB) que las de 6 y 8 IP; y la carne de machos de 0 y 8 IP fueron más tiernas (menor FCWB) que las de 2, 4 y 6 IP. Equiparar niveles de edad dentaria con los de madurez esquelética/muscular no parece factible, según lo sugieren dos experimentos de Lawrence *et al.* (2001a) donde la madurez dentaria solo estuvo de acuerdo con la madurez esquelética/muscular en 162 de 1.264 canales (experimento 1) y en 54 de 200 canales (experimento 2). En USA, la dentición sirve para segregar canales mayores o menores de 30 meses de edad, requisito de exportación a ciertos países (USDA, 2017); las reses menores a 30 meses de edad se tipifican como de madurez A, pero si exhiben rasgos que denoten madureces esqueléticas más avanzadas (D y E) no serán elegibles para los cuatro primeros grados de calidad (USDA, 2017).

Clase de ganado y clasificación-categorización de canales

La clase de ganado, conocida también como clase de mercado, tipo, condición o clase sexual, describe, con términos propios de la jerga ganadera (becerros, toros, novillas vacas, etc.) animales que aun siendo del mismo sexo, pueden tener diferente morfología y fisiología que sus congéneres, en función de su etapa de desarrollo y madurez reproductiva; o bien, por cambios hormonales inducidos con la castración. La castración de machos influye mucho en la calidad gustativa de la carne (Cross *et al.*, 1984; Morgan *et al.*, 1993, y otros).

carcasses older or younger than 30 months of age, an export requirement of certain countries (USDA, 2017); cattle less than 30 months of age are classified as of maturity A, but if they exhibit traits denoting more advanced skeletal maturity (D and E) they will not be eligible for the first four USDA quality grades (USDA, 2017).

Sex class and carcass classification-grading

The class of cattle, also known as the market class, gender, sex condition or sex class, describes, with terms specific to the livestock jargon (calves, bulls, heifers, cows, etc.) animals that, even if they are of the same sex, may have different morphology and physiology than their counterparts, depending on their stage of development and reproductive maturity; or, by hormonal changes induced by castration. Male castration greatly influences the eating quality of beef (Cross *et al.*, 1984; Morgan *et al.*, 1993, and others).

The carcass classification-grading by quality try to segregate a heterogeneous supply of bovine carcasses in reasonably homogeneous groups (classes and/or grades) in eating quality (Huerta-Leidenz, 2002b). Huerta-Leidenz (2002b) presented a historical account of the different regulations for the classification-categorization of bovine carcasses in Venezuela since 1972. According to this narrative (Huerta-Leidenz, 2002b) the first three decrees required the sex of the carcass (male or female); but this requirement was replaced by the sex class in the Presidential

Los sistemas de clasificación-categorización de canales por calidad intentan segregar una oferta heterogénea de canales bovinas en grupos razonablemente homogéneos (clases, categorías o grados) en calidad gustativa (Huerta-Leidenz, 2002b). Huerta-Leidenz (2002b) presentó un recuento histórico de las diferentes normativas para la clasificación-categorización de canales bovinas en Venezuela desde 1972. De acuerdo con esta narrativa (Huerta-Leidenz, 2002b) los primeros tres decretos, requerían el sexo de la canal (macho o hembra); pero este requisito fue reemplazado por la clase sexual en el Decreto Presidencial No. 181 (1994) (D181). Se ha demostrado que lomos de hembras pueden resultar, significativamente, con una menor FCWB que las de machos (Domenech *et al.*, 2011a) pero a la misma edad dentaria (8 IP), esta comparación no mostró diferencias significativas en terneza, pero sí en jugosidad, a favor de la carne de machos (Domenech *et al.*, 2011b).

El instructivo para aplicar el Decreto Presidencial No. 1896 (1997) (D1896) describe diferentes clases sexuales del ganado, tales como “toretas” (machos jóvenes sin castrar), “toros” (machos adultos sin castrar), “novillos” (machos jóvenes castrados tempranamente), “torunos” (machos adultos castrados tardíamente), “novillas” (hembras jóvenes sin parir) y “vacas” (hembras paridas). El D-1896 obliga a una segregación de la canal por su clase sexual (clasificación primaria) como requisito previo a la categorización

Decreto No. 181 (1994) (D181). It has been shown that loins of females can result, with significantly lower WBSF than those of males (Domenech *et al.*, 2011a) but at the same dental age (8 IP), the sex comparison did not show significant differences in tenderness, but it did in juiciness, in favor of beef from males (Domenech *et al.*, 2011b).

The instructions for applying Presidential Decree No. 1896 (1997) (D1896) describe different sex classes of livestock, such as “bullock” (young intact males), “bull” (a sexually mature male), “steer” (young castrated male), “stag” (late castrated bull), “heifer” (a female that has not produced a calf) and “cow” (a female that has produced a calf). D-1896 requires a segregation of the carcass by its sex class (primary classification) as a prerequisite to the voluntary quality grading. Sex class can be determined in the carcass (USDA, 2017). The carcasses quality grades, according to the eligible sex class, are designated as Veal (for calves of both sexes), AA (for heifers and steers), A (for heifers, steers and bullocks), B and C (for heifers, steers, bulls and cows) and D (for all sex classes) and are determined with the physiological maturity, exterior fat finish scores and marbling scores (Presidential Decree No. 1896, 1997; Huerta-Leidenz, 2002b). Beef carcass quality grading in D1896 is intended to follow a descending order of expected palatability (AA> A> B> C> D) but this ranking has not been validated (Malaver *et al.*, 2000). The eating quality of “Veal”, reserved for male and female calves, has been subjected to little research (Morón-

voluntaria por calidad. La clase sexual se puede determinar en canal (USDA, 2017). Las categorías de canales por calidad, de acuerdo con la clase sexual permitida, se designan como Ternera (para becerros y becerras), AA (para novillos y novillas), A (para novillas, novillos y toretes), B y C (para novillos, novillas, toros y vacas) y D (para todas las clases) y se determinan con la madurez fisiológica, acabado graso exterior y marmoleado (Decreto Presidencial No. 1896, 1997; Huerta-Leidenz, 2002b). La categorización por calidad en el D1896 pretende seguir un orden descendente de palatabilidad esperada (AA>A>B>C>D) pero esta jerarquización no ha sido validada (Malaver *et al.*, 2000). La calidad gustativa de la categoría “Ternera”, reservada para becerros y becerras, se ha estudiado poco (Morón-Fuenmayor *et al.*, 1999) por la muy escasa producción de animales pre-púberes, grupo que también incluye a la clase “torettes”. En cuanto a la castración de machos, la mayoría de los criadores en Venezuela no la practican; dejan intacto al becerro o “maute” para aprovechar ritmos de crecimiento más rápidos, mayores tasas de conversión alimenticia y atender una demanda robusta por canales pesadas y musculosas, propias de toros y toretes; que, por lo general, rinden canales más magras que novillos y hembras (Rodas-González *et al.*, 2017). Sin embargo, con esta mayor magrez, hay poca cantidad de marmoleado de las canales de toros (Huerta-Leidenz *et al.*, 2004; Chase *et al.*, 2006; Jerez-Timaure y Huerta-Leidenz, 2009; Vázquez-Mendoza

Fuenmayor *et al.*, 1999) due to the very low production of pre-pubertal animals, a group that also includes the “bullock” class. As for male castration, most breeders in Venezuela do not practice it; they leave intact the calf or “maute” to take advantage of faster growth rates, higher feed conversion rates and meet a robust demand for heavy and muscular carcasses, typical of bulls and bullocks; that, in general, yield leaner carcasses than steers and female cattle (Rodas-González *et al.*, 2017). However, with this greater leanness, there is little amount of marbling found in the bull carcasses (Huerta-Leidenz *et al.*, 2004; Chase *et al.*, 2006; Jerez-Timaure and Huerta-Leidenz, 2009; Vázquez-Mendoza *et al.*, 2017) which in turn, it is associated with poor eating quality (Corbin *et al.*, 2015).

The first comparison in Venezuela between meat from bulls vs. steers in eating quality was that of Jerez-Timaure *et al.* (1994), which found a higher WBSF ($P < 0.04$) for beef striploin steaks from bulls as compared to those from steers (5.96 vs. 4.76 kg) but according to the ratings assigned by 12 candidates to panelists under training, the amount of connective tissue, flavor and juiciness, did not differ between classes ($P > 0.05$). Later, Huerta-Leidenz and Rodas-González (1998), with a larger sample size ($N = 407$) and trained panelists, reported that the bulls, regardless of the biotype (dual purpose, Zebu or continental) resulted in tougher and less desirable steaks than those of steers ($P < 0.05$). Similar findings were reported by Huerta-Leidenz

et al., 2017) lo cual se asocia a una deficiente calidad gustativa (Corbin *et al.*, 2015).

La primera comparación en Venezuela entre carne de toros y novillos en calidad gustativa fue la de Jerez-Timaure *et al.* (1994), la cual arrojó una mayor FCWB ($P < 0,04$) para la carne de solomos de toros respecto a novillos (5,96 vs. 4,76 kg) pero las puntuaciones asignadas por 12 candidatos a catadores a la terneza, cantidad de tejido conectivo, el sabor y la jugosidad, no difirieron entre las clases ($P > 0,05$). Posteriormente, Huerta-Leidenz y Rodas-González (1998), con un mayor tamaño de muestra ($N=407$) y panelistas entrenados, reportaron que los toros, independientemente del biotipo (doble propósito, cebuínos o continentales) resultaban con carnes más duras y menos deseables que los novillos ($P < 0,05$). Similares hallazgos fueron reportados por Huerta-Leidenz *et al.* (1997b), y más recientemente, Rodríguez *et al.* (2014), con ganado $\frac{3}{4}$ Brahman x $\frac{1}{4}$ Charoles a pastoreo, en Costa Rica; y Acosta Castellanos (2018), con lotes de ganado doble propósito en Colombia. Excepto para el sabor, atributo en que las clases sexuales no fueron diferentes ($P < 0,05$), las desventajas significativas de los toros frente a novillos, novillas y vacas en FCWB, terneza de la fibra, terneza general y jugosidad, fueron demostradas con 872 bovinos para validar el D-181 (Huerta-Leidenz *et al.*, 1996b). Definitivamente, la desventaja de la carne de toro está en su alta variación en terneza. Al revisar 33 estudios, Huerta-Leidenz

et al. (1997b), and more recently, by Rodríguez *et al.* (2014), with $\frac{3}{4}$ Brahman x $\frac{1}{4}$ Charoles grazing cattle, in Costa Rica, and Acosta Castellanos (2018), with dual-purpose cattle in Colombia. Except for flavor, an attribute in which the sex classes were not different ($P > 0.05$) the significant disadvantages of bulls compared to steers, heifers and cows in WBSF, fiber tenderness, overall tenderness and juiciness, were demonstrated with 872 cattle to validate D-181 (Huerta-Leidenz *et al.*, 1996b).

The downside of bull meat is definitely its high variation in tenderness. In reviewing 33 studies, Huerta-Leidenz and Ríos (1993) conclude that: (1) intact males are inferior in tenderness compared to castrates, (2) castration is not equally beneficial for beef quality when it is practiced late to produce stags, and (3) age at castration has little effect on beef aroma, flavor and juiciness.

Due to the accumulation of scientific evidence indicating inferiority in carcass qualitative traits (i.e., poor marbling) and in beef palatability, intact males, represented mostly by those harvested after puberty (bulls) are not eligible for the maximum quality grade (AA) provided for in D1896. Furthermore, following the different methodologies of carcass evaluation by both decrees (D-181 and D-1896), Malaver *et al.* (2000) were unable to demonstrate significant differences between bull meat of the A and B grades (in D-181) or between bull meat of the A vs. B vs. C grades (in D-1896) for sensory traits or WBSF. The average WBSF values for

y Ríos (1993) concluyen que: (1) los machos enteros son inferiores en terneza respecto a castrados, (2) la castración no es igual de beneficiosa para la calidad cuando se practica tardíamente para producir torunos, y (3) la edad a la castración tiene poco efecto sobre el aroma, sabor y jugosidad de la carne.

Debido al cúmulo de evidencias científicas indicando inferioridad en rasgos cualitativos de la canal (destacando su marmoleado deficiente) y en palatabilidad de carnes, los machos enteros, representados mayormente por los cosechados después de la pubertad (toros) no son elegibles para la categoría máxima de calidad (AA) prevista en el D1896. Mas aún, siguiendo las metodologías diferentes de evaluación de canales por los dos decretos (D-181 y D-1896), Malaver *et al.* (2000) no pudieron demostrar diferencias significativas entre categorías A y B (en D-181) o entre A vs. B vs. C (en D-1896) para rasgos sensoriales o la FCWB de bistés de toros. Los valores promedio de FCWB para cualquiera de las categorías especificadas por D-181 o D-1896, superaron los 4,20 kg de fuerza, indicando que se trataba de carnes duras, según los umbrales de terneza (Rodas-González *et al.*, 2009).

La comparación de machos castrados y enteros antes de la pubertad, en condiciones de pastoreo, no indica diferencias en FCWB, colágeno total y soluble, índice de fragmentación de miofibrillas u otras variables fisicoquímicas (Monteiro *et al.*, 2005). Latorre *et al.* (2017) al comparar carne de

any of the grades specified by D-181 or D-1896 in this study, exceeded 4.20 kg of force, indicating that it was a tough meat, according to the tenderness thresholds (Rodas-González *et al.*, 2009). Comparison of castrated and intact males before puberty, under grazing conditions, does not indicate significant differences in WBSF, total and soluble collagen, myofibril fragmentation index or other physicochemical variables (Monteiro *et al.*, 2005). Latorre *et al.* (2017) when comparing m. *longissimus* from intact and castrated males of 12 months of age, fattened in feedlots for 90 days in Argentina, did not find significant differences in tenderness values; however, the maximum contraction of the perimysium during the heat treatment was significantly greater in the intact males. The inferiority of bull meat in tenderness may be due to an increased calpastatin activity (Morgan *et al.*, 1993) and / or intramuscular collagen synthesis from or near puberty (Cross *et al.*, 1973; Cross *et al.*, 1984); responses that these authors attribute to higher levels of testosterone. Seideman *et al.* (2007) suggest that bull meat can also be tough due to a greater shortening of myofibrillar proteins during carcass chilling, due to its thinner fat cover. In fact, between cows and heifers, the differences in WBSF and tenderness seem to be associated with the variation in the chilling speed and sarcomere length (Lucero-Borja *et al.*, 2014). Comparison of loins from carcasses of heifers, cows and bulls of Brahman influence, fattened on pasture and graded according to

lomo (m. *longissimus*) de machos enteros y castrados de 12 meses de edad y cebados a corral por 90 días en Argentina, no encontraron diferencias significativas entre los valores de terneza; sin embargo, la contracción máxima del perimio durante el tratamiento térmico fue significativamente mayor en los enteros. La inferioridad de los toros en terneza puede deberse a una mayor actividad calpastatínica (Morgan *et al.*, 1993) y/o a la síntesis del colágeno intramuscular a partir de la pubertad o cerca de ella (Cross *et al.*, 1973; Cross *et al.*, 1984); respuestas que estos autores atribuyen a niveles más altos de testosterona. Seideman *et al.* (2007) sugieren que la carne de toros también puede resultar dura por un mayor acortamiento de las proteínas miofibrilares durante la refrigeración de la canal, debido a su menor espesor de grasa de cobertura. De hecho, entre vacas y novillas, las diferencias en FCWB y terneza parecen estar asociadas a la variación en la velocidad de enfriamiento y longitud del sarcómero (Lucero-Borja *et al.*, 2014). La comparación de lomos de novillas, vacas y toros de influencia Brahman, cebadas a pasto y categorizadas en canal, indican que novillas de categorías A o B, y las vacas categorizadas C, respecto a toros categoría B, tuvieron menor FCWB, mejores calificaciones en terneza y sabor ($P < 0,05$) y una mayor proporción ($>80\%$ vs ca. 40% , $P < 0,01$) de bistés tiernos (FCWB $< 4,09$ kg) (Rodas-González *et al.*, 2017).

Venezuelan standards, indicate that heifer carcasses of A or B grades, and cows of the C grade, with respect to bulls of the B grade, had lower WBSF, higher tenderness and flavor ratings ($P < 0.05$) and yielded a higher proportion ($> 80\%$ vs. ca. 40% , $P < 0.01$) of tender steaks (WBSF < 4.09 kg) (Rodas-González *et al.*, 2017).

Huerta-Montauti *et al.* (2008) compared ribeyes (m. *longissimus dorsi thoracis*, LDT) and top sirloin caps (m. biceps femoris, BF) aged for 15 days, from F1 Red Angus x Brahman and purebred Brahman steers, fattened to commercial concentrate for 60 days, and graded in the top Venezuelan quality grades (AA and A) vs. U.S. counterparts (USDA "Choice or higher"). The relevant findings of Huerta-Montauti *et al.* (2008) were: (1) Imported LDT and BF samples generated higher levels of consumer acceptability (80% and 56% , respectively), (2) Imported LDTs reached the highest acceptability (79.7% , $P=0.006$), followed by the LDT of the Venezuelan AA grade (66.7%), (3) The LDT+BF pool of the imported samples had lower WBSF (2.67 kg, $P=0.05$) than that of the Venezuelan counterparts (3.53 and 3.15 kg for A and AA grades, respectively), and exhibited a higher proportion (94%) of tender steaks (WBSF < 3.88 kg).

Relationship of carcass traits with shear force in the Venezuelan beef

Jerez-Timaure *et al.* (2013) examined multivariate relationships between carcass traits of 331 Venezuelan cattle with different degrees of Zebu influence, and

Huerta-Montauti *et al.* (2008) compararon carnes de solomo (m. *longissimus dorsi thoracis*, LDT) y punta trasera (m. *biceps femoris*, BF) madurados por 15 días, de novillos F1 Angus Rojo x Brahman y Brahman puro, cebados a concentrado comercial por 60 días, de las superiores categorías de calidad venezolanas (AA y A) vs. contrapartes estadounidenses USDA "Choice o más alta". Los hallazgos relevantes de Huerta-Montauti *et al.* (2008) fueron: (1) Las muestras LDT y BF importadas generaron niveles más altos de aceptabilidad en los consumidores (80% y 56%, respectivamente), (2) Las LDT importadas alcanzaron la mayor aceptabilidad (79,7%, $P=0,006$), seguidas por las LDT de categoría AA (66,7 %), (3) El pool (LDT + BF) de las muestras importadas tuvo menor FCWB (2,67 kg, $P=0,05$) que el de las contrapartes venezolanas (3,53 y 3,15 kg para A y AA, respectivamente), y exhibió una mayor proporción (94 %) de bistés tiernos (FCWB <3,88 kg).

Relación de rasgos de la canal con la fuerza de corte en solomos venezolanos

Jerez-Timaure *et al.* (2013) examinaron relaciones multivariadas entre rasgos de la canal de 331 reses venezolanas con diferentes grados de influencia cebuína, y desarrollaron ecuaciones de predicción para la FCWB. Encontraron que, entre el 88,1 y el 95,1 % de la variación en FCWB se atribuye a su regresión ortogonal con peso de la canal, puntuación

desarrollada para predecir ecuaciones para la WBSF. Encontraron que entre el 88,1 y el 95,1% de la variación en WBSF es atribuida a su regresión ortogonal con el peso de la canal, puntaje de terminación de grasa externa, espesor de grasa de la espalda, y madurez esquelética (Jerez-Timaure *et al.*, 2013).

Especies y biotipo

Comparación de ganado vacuno versus búfalo

Principalmente para fines lácteos, el ganado nacional de búfalos (water buffalo (*Bubalus bubalis*), con genética europea y asiática, ha crecido constantemente en Venezuela a aproximadamente 350,000 cabezas que producen 17 millones de kg de carne (Zava, 2013). Gómez-Pernía (2016) relaciona la historia y las experiencias de cría con búfalos en Venezuela. El deterioro y la emaciación de búfalos sugiere que la carne de búfalo es de baja calidad (Huerta-Leidenz *et al.*, 2015). En sistemas pastorales o con dietas de forraje, los resultados de comparar la calidad de la carne de búfalo con la de reses (tabla 1) no son unánimes (Robertson *et al.*, 1983; Robertson *et al.*, 1986; Lapitan *et al.*, 2008; Merle *et al.*, 2004; Huerta-Leidenz *et al.*, 2015). En Australia, los ensayos con búfalos de 4 años de edad (Robertson *et al.*, 1983) o de 27 meses de edad (Robertson *et al.*, 1986) indicaron que los lomos de reses Brahman tenían valores de WBSF significativamente más bajos y fueron descritos como más tiernos, más sabrosos y más aceptables que los de búfalos de genética no especificada (tabla 1). Las experiencias en Filipinas (Lapitan *et al.*, 2008) con Carabao x Murrah crossbreeds,

de acabado graso exterior, espesor de grasa de la espalda y madurez esquelética (Jerez-Timaure *et al.*, 2013).

Especie y biotipo

Comparación de vacunos versus búfalos

Principalmente para fines lácteos, el rebaño nacional del búfalo de agua (*Bubalus bubalis*), con genética europea y asiática, ha crecido constantemente en Venezuela hasta aproximadamente 350.000 cabezas que producen 17 millones de kg de carne (Zava, 2013). Gómez-Pernía (2016) relata la historia y las experiencias pecuarias con búfalos en Venezuela. La cosecha de búfalos decrepitos, deteriorados y escualidos hace pensar que la carne de búfalo es de mala calidad (Huerta-Leidenz *et al.*, 2015). Bajo sistemas pastoriles o con dietas altas en forrajes, los resultados de comparar la calidad gustativa de carnes de búfalo con las de vacuno (cuadro 1) no son unánimes (Robertson *et al.*, 1983; Robertson *et al.*, 1986; Lapitan *et al.*, 2008; Merle *et al.*, 2004; Huerta-Leidenz *et al.*, 2015). En Australia, los ensayos con animales de 4 años (Robertson *et al.*, 1983) o de 27 meses de edad (Robertson *et al.*, 1986) indicaron que la carne de Brahman tenía, significativamente, menores valores de FCWB y era descrita como más tierna, de mejor sabor y más aceptable que la de búfalos de genética no especificada (Cuadro 1). Las experiencias de autores filipinos (Lapitan *et al.*, 2008) con mestizos Carabao x Murrah, no coinciden con los estudios australianos (Cuadro 1).

do not coincide with the Australian studies (table 1). In Venezuela, Merle *et al.* (2004) reported that steaks from Brahman crossbred cattle (m. *longissimus*) had higher WBSF values (5.05 kg vs. 3.52 kg, $P < 0.01$) and somewhat lower scores for overall tenderness, although of low magnitude (4.3 vs. 4.8, $P < 0.05$) with respect to those of buffalo. Huerta-Leidenz *et al.* (2015) examined differences in WBSF and sensory attributes between loin steaks of both species, at four harvest ages (7 months, 17 months, 19 months, and 24 months); they also measured consumer acceptability of the loins at 19 and 24 months of age. In summary, Huerta-Leidenz *et al.* (2015) reported that: (1) with a lower WBSF, buffalo loins yielded a higher proportion of tender steaks (WBSF < 4.09 kg) than Brahman-influenced cattle at 7 and 24 months of age ($P < 0.05$), (2) At weaning (seven months of age), the comparison indicated that buffalo meat steaks were rated as more tender and more flavorful ($P < 0.05$) than beef steaks, and (3) consumers indicated a higher acceptability ($P < 0.1$) of buffalo meat vs. cattle at 19 (79 % vs. 68 %) and 24 months (66 % vs. 58 %) of age.

Comparison of Bos indicus versus Bos taurus biotypes

Beef cattle production in Venezuela has a high genetic prevalence of Zebu biotypes due to its heat tolerance, pest resistance, and rusticity. In the dual-purpose production systems (beef and milk), diverse crosses of Zebu breeds converge with European dairy breeds (mainly Holstein and Brown Swiss) and native breeds

Cuadro 1. Estudios sobre rasgos de calidad de carnes a pastoreo o dieta alta en forrajes de búfalos de agua contra ganado bovino de diferentes genéticas.

Table 1. Studies on quality traits of grass-fed meats or high-forage diets of water buffaloes against cattle of different genetics

Genética bovina	Genética bufalina	N	País	(Rasgo) diferencia a favor (más deseable) de la especie señalada	Referencia y punto final de la prueba	
Brahman x	NI	18	Australia	(WBSF) Bovina* (Sabor) Bovina* (Jugosidad) Bovina* (Aceptación)Bovina*	Robertson <i>et al.</i> (1983) Búfalos: 50.5 m; Brahman 50.9 m.	
Brahman x	NI	18	Australia	(WBSF) Bovina* (Sabor) Bovina* (Jugosidad) Bovina* (Aceptación) Bovina*	Robertson <i>et al.</i> (1986) 24-30 m.	
Cebu x	Murrah	45	Venezuela	(WBSF) Bufalina* (Terneza) Bufalina* (Jugosidad) Bufalina*	Merle <i>et al.</i> (2004) Búfalos 435-515 kg; Bovinos 375-495 Kg]	
			20	Filipinas	(WBSF) Bufalina** (Terneza) ns (Jugosidad) ns (Palatabilidad) ns	Lapitan <i>et al.</i> (2008) 18-24 m de edad. Búfalos: 389.3 kg; Bovinos: 296.3 kg
Brahman x	Murrah/ Mediterránea	132	Venezuela		Huerta-Leidenz <i>et al.</i> (2015)	
					(WBSF) Bufalina* (Terneza) Bufalina* (Jugosidad) Bufalina* (Sabor) Bufalina*	[7 m.]
					(WBSF) ns (Terneza) ns (Jugosidad) ns (Sabor) ns	[17 m.]
					[(WBSF) ns (Terneza) ns (Jugosidad) ns (Sabor) ns	[19 m.]
					(WBSF) Bufalina* (Terneza) ns (Jugosidad) ns (Sabor) ns	[24 m.]

*Diferencia significativa (P < 0,05); **diferencia altamente significativa (P < 0,01); ns: diferencia no significativa (P > 0,05); X = denota ganado cruzado con predominio de la raza indicada; NI: Genética de la especie no fue indicada en la publicación original; WBSF: Fuerza de corte Warner-Bratzler.

*Significant difference (P < 0.05); ** highly significant difference (P < 0.01); ns: non-significant difference (P > 0.05); X = denotes crossbred cattle with predominance of the indicated breed; NI: Genetics of the species was not indicated in the original publication; WBSF: Warner-Bratzler shear force.

En Venezuela, Merle *et al.* (2004) reportaron que los bistés (m. *longissimus*) de mestizos Brahman, tuvieron valores mayores de FCWB (5,05 kg vs. 3,52 kg, $P < 0,01$) y puntuaciones algo menores para la terneza general, aunque de escasa magnitud (4,3 vs. 4,8, $P < 0,05$) con respecto a los de búfalos. Huerta-Leidenz *et al.* (2015) examinaron diferencias en FCWB y atributos sensoriales entre bistés de ambas especies, a cuatro edades de cosecha (7 meses, 17 meses, 19 meses y 24 meses); también midieron la aceptabilidad de los consumidores por el mismo corte, a los 19 y 24 meses de edad. En resumen, Huerta-Leidenz *et al.* (2015) reportaron que: (1) con una menor FCWB, los lomos de búfalos dieron una mayor proporción de bistés tiernos (FCWB $< 4,09$ kg) que los vacunos de influencia Brahman a los 7 y 24 meses de edad ($P < 0,05$), (2) Al destete (7 meses de edad), la comparación indicó que los bistés de búfalo fueron calificados como más tiernos y de mejor sabor ($P < 0,05$) que los de vacunos y, (3) los consumidores indicaron una mayor aceptabilidad ($P < 0,1$) de la carne de Búfalos vs. vacunos a los 19 (79 % vs. 68 %) y 24 meses (66 % vs. 58 %) de edad.

Comparación de biotipos Bos indicus versus Bos taurus

La ganadería bovina de carne en Venezuela tiene una alta predominancia genética cebuina por su tolerancia al calor, resistencia a plagas, y rusticidad. En los sistemas de producción doble propósito (carne y leche) convergen mestizajes diversos

(Criollo Limonero and Carora type). From different literature reviews on the genetic control of tenderness and *post mortem* biochemical changes (Crouse *et al.*, 1993; Huerta-Leidenz and Rodas-González, 1998; Huerta-Leidenz, 2002a; Uzcátegui-Bracho and Jerez-Timaure, 2008a; Uzcátegui-Bracho, 2010) it follows that: (1) the additive genetic effect controls 30% of the variation in tenderness, (2) beef derived from *Bos indicus* cattle is less tender than that of *Bos taurus* cattle, (3) the variation in the amount and activity of calcium-dependent muscle proteases (calpains) and its specific inhibitor (calpastatin) explains to a large extent the differences in tenderness, between breeds or biotypes of *Bos taurus* and *Bos indicus*, (4) tenderness and calpastatin activity are traits of moderate to high heritability.

The Carnes-LUZ Working Group has reported studies (Jerez-Timaure *et al.*, 1994; Huerta-Leidenz and Jerez-Timaure, 1996; Jerez-Timaure and Huerta-Leidenz, 2009; Jerez-Timaure *et al.* 2015) on eating quality of biotypes from the dual-purpose production systems (Zulia region) and beef type cattle (Llanos region.). Table 2 summarizes the most relevant findings. Classifying cattle by the phenotypic predominance of dairy breeds (dual-purpose or Zebu biotypes) Jerez-Timaure *et al.* (1994) and Huerta-Leidenz and Jerez-Timaure (1996) found more desirable eating-quality traits in beef from dual-purpose cattle (table 1).

Jerez-Timaure and Huerta-Leidenz (2009) working with meat

de razas cebuínas con razas lecheras europeas (Holstein y Pardo Suizo, principalmente) y las autóctonas (Criollo Limonero y tipo Carora). De diferentes revisiones de la literatura sobre el control genético de la terneza y cambios bioquímicos *post mortem* (Crouse *et al.*, 1993; Huerta-Leidenz y Rodas-González, 1998; Huerta-Leidenz, 2002a; Uzcátegui-Bracho y Jerez-Timaure, 2008a; Uzcátegui-Bracho, 2010) se desprende que: (1) el efecto genético aditivo controla 30% de la variación en terneza, (2) la carne derivada del ganado *Bos indicus* (cebuínos) es menos tierna que la del ganado *Bos taurus* (taurinos), (3) la variación en la cantidad y actividad de las proteasas musculares calcio-dependientes (calpaínas) y su inhibidor específico (la calpastatina) explica en buena parte las diferencias en terneza, entre razas o biotipos taurinos y cebuínos, (4) terneza y actividad del inhibidor calpastatina son rasgos de heredabilidad moderada a alta.

El Grupo Carnes-LUZ ha reportado estudios (Jerez-Timaure *et al.*, 1994; Huerta-Leidenz y Jerez-Timaure, 1996; Jerez-Timaure y Huerta-Leidenz, 2009; Jerez-Timaure *et al.* 2015) sobre la calidad gustativa de tipos raciales provenientes de sistemas de producción doble propósito (región zuliana) y de carne (región de los llanos.). En el cuadro 2 se resumen los hallazgos más relevantes. Clasificando el ganado por el predominio fenotípico de razas lecheras (tipos doble propósito) o cebuínos, Jerez-Timaure *et al.* (1994) y Huerta-Leidenz y Jerez-Timaure

from bullocks of six genotypes, found a large variation in WBSF and sensory ratings (table 1); they reported that steaks from a composite type ($\frac{3}{4}$ *Bos Taurus*) were more tender than those of F1 *B. taurus* x *B. indicus* crosses or purebred *B. indicus* (Brahman).

Acosta Castellanos (2018) compared the WBSF of loins between *B. indicus*, *B. taurus* (most of the Norman breed and its crosses with beef-type breeds) and *B. indicus* x *B. taurus* (Brahman x Norman, Charolais x Brahman, Simbrah and Brangus). The WBSF of meats from the *Bos indicus* biotype (8.4 kg) differed ($P < 0.05$) from those of *Bos taurus* (7.08 kg) and *Bos indicus* x *Bos taurus* crosses (6.90 kg) (Acosta Castellanos, 2018).

From these and other experiences, it can be inferred that, although genetics have an important effect on meat tenderness, factors such as the nutritional level and sex class of cattle (intact vs. castrated males) can interact with breed type. This is suggested by Jerez-Timaure *et al.* (2015) when working with bullocks (from 22 to 27 months of age) produced by Senepol x Brahman crosses. These authors concluded that the dilution of Brahman genetics with Senepol does not have important effects on most eating quality traits (table 1), probably because they were intact males (Jerez-Timaure *et al.*, 2015).

Use of molecular markers

Globally, in the last two decades, there has been an interest in the use of genetic markers that affect sensory traits, mainly tenderness, in the

(1996) encontraron mejores rasgos en calidad gustativa en carne de animales tipo doble propósito (cuadro 1).

El experimento de Jerez-Timaure y Huerta-Leidenz (2009) con toretes de seis genotipos revela una amplia variación en FCWB (cuadro 1) y calificaciones de catadores; y reportaron que las carnes de un tipo compuesto $\frac{3}{4}$ *Bos Taurus*, resultaban más tiernas que las de grupos F1 *B. taurus* x *B. indicus* o *B. indicus*.

Acosta Castellanos (2018) comparó la FCWB de carne de lomos entre biotipos *Bos indicus*, *Bos taurus* (la mayoría de raza Normando y sus cruces con razas de carne) y *Bos indicus* x *Bos taurus* (cruces de Brahman x Normando, Charolés x Brahman, Simbrah y Brangus). La FCWB del biotipo *Bos indicus* (8,4 kg) difirió ($P < 0.05$) de los *Bos taurus* (7,08 kg) y de los cruces *Bos indicus* x *Bos taurus* (6,90 kg) (Acosta Castellanos, 2018).

De éstas y otras experiencias se infiere que, si bien la genética ejerce un efecto importante sobre la terneza de la carne, factores tales como el plano alimenticio y la clase sexual del ganado (enteros vs. castrados) pueden interactuar con el tipo racial. Esto lo sugieren Jerez-Timaure *et al.* (2015) al trabajar con toretes (de 22 a 27 meses de edad) producto de cruces Senepol x Brahman; concluyendo que la dilución de genética Brahman con Senepol no tiene efectos importantes en la mayoría de los rasgos de calidad gustativa (cuadro 1), probablemente por tratarse de machos enteros (Jerez-Timaure *et al.*, 2015).

selection programs for Brahman cattle (Riley *et al.*, 2007). The Carnes-LUZ Working Group ventured into studies on molecular markers and their association with the quality of beef from dual-purpose cattle. Uzcátegui-Bracho and Jerez-Timaure (2008b) evaluated the genotype polymorphisms for three markers associated with tenderness: μ -calpain (CAPN1-316), m-calpain (CAPN4L4) and calpastatin (CAST-28) in 40 crossbred (Brahman x Holstein) 36 months old steers, and his association with the WBSF. In this study, significant effects ($P < 0.05$) of genotype of the CAPN1-316 and CAST-28 markers were found on WBSF. Polymorphisms of the CAPN1-36 gene have also been associated with variation of WBSF in Brahman steers (Smith *et al.*, 2009) and their crosses with Angus fattened on pasture (Corva *et al.*, 2007). Uzcátegui-Bracho (2010) reported another study with data on single nucleotide polymorphisms of the μ -calpain gene (CAPN1-316, CAPN1-4751) and two markers of the calpastatin gene (CAST-28 and UoGCAST) in 48 dual-purpose steers (Brahman x Brown Swiss crossbreds). Despite the fact that the alleles favorable for meat tenderness (C, T and C, respectively) of the markers CAPN1-4751, CAST-28 and UoGCAST, were clearly segregated, there was no significant variation of these polymorphisms with the index of myofibrillar fragmentation (Uzcátegui-Bracho, 2010). These results highlight a segregation of favorable alleles in genes (markers) that can be used as a tool to improve tenderness in dual-purpose herds.

Uso de marcadores moleculares

A nivel global, en las últimas dos décadas, se ha despertado un interés por el uso de marcadores genéticos que afectan los rasgos sensoriales, principalmente terneza, en los programas de selección para ganado Brahman (Riley *et al.*, 2007). El Grupo Carnes-LUZ incursionó en estudios sobre marcadores moleculares y su asociación con la calidad de la carne de bovinos doble propósito. Uzcátegui-Bracho y Jerez-Timaure (2008b) evaluaron los polimorfismos de genotipos para tres marcadores asociados con terneza: μ -calpaína (CAPN1-316), m-calpaína (CAPN4L4) y calpastatina (CAST-28) en 40 novillos mestizos (Brahman x Holstein) de 36 meses de edad y su asociación con la FCWB. En este estudio, se encontraron efectos significativos ($P < 0,05$) del genotipo de los marcadores CAPN1-316 y CAST-28 sobre la FCWB. Polimorfismos del gen CAPN1-36 se han asociado también con la variación de FCWB en carnes de novillos Brahman (Smith *et al.*, 2009) y sus cruces con Angus engordados a pastoreo (Corva *et al.*, 2007). Uzcátegui-Bracho (2010) reportó otro estudio con datos de polimorfismos de un sólo nucleótido del gen μ -calpaína (CAPN1-316, CAPN1-4751) y dos marcadores del gen calpastatina (CAST-28 y UoGCAST) en 48 novillos doble propósito (cruces Brahman x Pardo Suizo); a pesar de que los alelos favorables para la terneza de la carne (C, T y C, respectivamente) de los marcadores CAPN1-4751, CAST-28 y UoGCAST, fueron claramente

Diet

Venezuelan beef is predominantly produced under grazing conditions, with or without supplementation. The use of β -adrenergic additives and growth-promoting implants has fallen into disuse during the last five years due to the lack of availability of these products on the market (Alexis Moya, personal communication). β -adrenergic additives and aggressive anabolic implants influence the variation in eating quality of beef (Garmyn and Miller, 2014; Moholisa *et al.*, 2014), but no work was found in Venezuela in this regard; therefore, this topic does not warrant discussion.

The debate on grain vs. grass/forage feeding in its effects on meat quality has been the subject of several works (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997a; Huerta-Leidenz, 2002a and others). There is consensus in attributing better organoleptic properties to meats of grain-fed cattle because under grazing conditions or forage feeding diets meats are comparatively darker, softer, with less marbling, rougher in texture and less tender (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997a). Acosta Castellanos (2018) in Colombia, reported WBSF values in meats from cattle subjected to different diets. Beef from cattle fed forage or forage+grain diets were not significantly different in WBSF (6.60 and 7.20 kg, respectively); however, beef from feedlot cattle fed with plant residue (vegetables, fruits and tubers) resulted with the highest WBSF values (8.35 kg) significantly different from that of cattle fed only forage (Acosta Castellanos, 2018).

segregados, no hubo variación significativa de estos polimorfismos con el índice de fragmentación miofibrilar (Uzcátegui-Bracho, 2010). Estos resultados ponen en evidencia una segregación de los alelos favorables en los genes (marcadores) que pueden utilizarse como una herramienta para mejorar la terneza en rebaños doble propósito.

The use of supplementary rations has proven useful in improving cattle production on pasture, since grasses in these life zones do not, by themselves, meet the nutritional requirements of growing and fattening animals. However, the results have not always been satisfactory in eating quality. Rodas-González *et al.* (2007) reported that beef from cattle supplemented

Cuadro 2. Estudios en Venezuela comparando calidad gustativa de bistés de solomo (*m. Longissimus*) entre diferentes tipos raciales engordados a pasto.

Table 2. Studies in Venezuela comparing eating quality of loin steaks (*m. Longissimus*) between different breed types fattened on pasture.

Tipo racial ^a	Clase ^b	N	Comentario	Punto final de la prueba y referencia
PL vs. PC	Nv	48	WBSF más baja (P<0,05) en PL (4,3 kg) que PC (5,2 kg). Mejores calificaciones sensoriales en To-PC que To-PL, pero Nv-PL con carnes más tiernas, menor CTC y sabor más intenso que Nv-PC.	SF (Jerez-Timaure <i>et al.</i> , 1994).
PL vs. PC	Nv To	450	61 % del ganado con carnes tiernas (<3,88 Kg) fueron PL. (P<0,05). Nv-PL con 88 % de carnes tiernas o ligeramente tiernas; 12 % de Nv-PL con carnes duras vs. 60% de carnes duras en Nv-PC.	SF (Huerta-Leidenz y Jerez-Timaure, 1996).
Br, F1Br x Ag, F1Br x Gb, F1 Br x Lm, F1 Br x Rs, ¼ MBt.	Te	71	Alta variación en la WBSF debida a tipo racial (rango: 4,5-8,5 kg). Menor WBSF en ¼ Bt. (4,5 kg); mayor WBSF carnes de F1 Angus (6,9 kg).	PV=500 kg (Jerez-Timaure y Huerta-Leidenz, 2009).
½ Sp-Br; ¼ Sp-¼ Br, ¼ Sp-¼ Br	Te	44	5,8 kg (¼ Sp); 5,7 kg (¼-Sp) 5,9 kg (7/8 Sp). 75 % Sp sin diferencia (P>0,05) en calidad gustativa vs. otros tipos con mayor proporción Br.	PV=450 kg (Jerez-Timaure <i>et al.</i> , 2015).

^aTipos raciales: PL: ganado con rasgos fenotípicos predominantes de razas lecheras (ej. Holstein o Pardo Suizo); PC: ganado con rasgos fenotípicos predominantes de razas cebuinas (principalmente Brahman); Br: Brahman; Ag: Angus; Gb: Gelbvieh; Lm: Limousin; Rs: Romo sinuano; MBt; mestizo compuesto ¼ *Bos taurus*; Sp: Senepol.
^bClase de ganado. Nv=Novillo (castrado, joven); To: Toro (entero, adulto); Te: Torete (entero, joven); N: número total de observaciones. SF: Sin fijar punto final de la prueba (estudios observacionales); PV: Peso vivo.

^aBreed types: PL: cattle with predominant phenotypic traits of dairy breeds (e.g., Holstein or Brown Swiss); PC: cattle with predominant phenotypic traits of Zebu breeds (mainly Brahman); Br: Brahman; Ang: Angus; Gb: Gelbvieh; Lm: Limousin; Rs: Romo sinuano; MBt; composite ¼ *Bos taurus*; Sp: Senepol. ^bSex class. Nv = Steer (castrated, young); To: Bull (intact male, adult); Te: Torete (intact young male, bullock); N: total number of observations. SF: Without setting a test end point (observational studies); PV: live weight.

Dieta

La producción de carne bovina en Venezuela es predominantemente a pastoreo, con o sin suplemento. El uso de aditivos β -adrenérgicos e implantes promotores del crecimiento, ha caído en desuso durante los últimos cinco años por falta de disponibilidad de estos productos en el mercado (Alexis Moya, comunicación personal). Aditivos β -adrenérgicos e implantes anabolizantes agresivos influyen sobre la variación de la calidad gustativa de la carne (Garmyn y Miller, 2014; Moholisa *et al.*, 2014) pero no se hallaron trabajos en Venezuela al respecto; por lo tanto, no ameritan discusión.

El debate de la alimentación a granos vs. forraje en sus efectos sobre la calidad de la carne ha sido objeto de varios trabajos (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997a; Huerta-Leidenz, 2002a y otros). Hay consenso al atribuir mejores propiedades organolépticas a la carne de animales cebados con granos porque, las producidas a pastos o forrajes, resultan comparativamente más oscuras, más fofas, con menos grasa de marmoleo, de textura más áspera y menos tiernas (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997a). Acosta Castellanos (2018) en Colombia, reportó valores de FCWB en carne de bovinos sometidos a diferentes dietas. Carnes de animales alimentados con dietas a base de forrajes y de forraje + granos, no fueron significativamente diferentes en la FCWB (6,60 y 7,20 kg, respectivamente); sin embargo, la del ganado estabulado y alimentado con residuos vegetales (hortalizas, frutas y tubérculos), resultó, con los

with concentrate (WBSF = 3.36 ± 0.12 kg) and Leucaena legume (WBSF = 3.30 ± 0.10), was as tender as those from the group grazing without supplement (WBSF = 3.27 ± 0.12 kg). The ingredients of the supplement can make a difference in the results, as shown by Huerta-Leidenz *et al.* (1997a). While the WBSF and ratings for connective tissue amount and tenderness, were slightly less desirable when supplementing with chicken manure and rice polishing, the supplement based on feather flour, rice flour and whole cottonseed, resulted in steaks with lower WBSF (-0.5 kg), juicier and more tender, than those of the non-supplemented group of bullocks (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997a). When evaluating a supplement to cultivated grasses, based on 40 % manure and 50 % rice flour, in bullocks of various breed types, Jerez-Timaure and Huerta-Leidenz (2009) found a significant interaction of supplementation x breed type for the WBSF, and contrary to expectations, the supplemented group had slightly lower ($P < 0.05$) tenderness scores (i.e., slightly tougher meats) than those from the control group [3.1 vs. 3.6 on a scale of 1 (extremely tough) to 8 (extremely tender)].

Calcium-dependent proteases, mainly μ -calpain, play an important role in the *post mortem* tenderization of meat; some of the main substrates of these proteolytic enzymes are vinculin, troponin-T, and desmin (Kemp *et al.*, 2010; Uzcátegui-Bracho and Jerez-Timaure, 2008a; Lucero-Borja *et al.*, 2014). Uzcátegui-Bracho *et al.* (2009) explored the effect of

mayores valores (8,35 kg) de FCWB; significativamente diferentes a la carne del grupo que recibió la dieta de forrajes (Acosta Castellanos, 2018). El uso de raciones suplementarias ha probado su utilidad para mejorar la producción a pastoreo, ya que los pastos de estas zonas de vida no llenan, por sí solos, los requerimientos nutricionales de animales en crecimiento y engorda. Sin embargo, los resultados no han sido siempre satisfactorios en palatabilidad de la carne. Rodas-González *et al.* (2007) reportaron que las carnes provenientes de grupos suplementados con concentrado (FCWB= 3,36 ± 0,12 kg) y con *Leucaena* (FCWB=3,30 ± 0,10), resultaron tan tiernas como las del grupo a pastoreo sin suplementar (FCWB=3,27 ± 0,12 kg). Los ingredientes de la dieta suplementaria pueden marcar una diferencia en los resultados, según muestran Huerta-Leidenz *et al.* (1997a). Mientras la FCWB, y las puntuaciones para cantidad de tejido conectivo y terneza, se desmejoraron ligeramente al suplementar con gallinaza y pulitura de arroz, el suplemento a base de harina de pluma, harina de arroz y semilla entera de algodón, resultó en bistés con menor FCWB (-0,5 Kg), más jugosos y tiernos, que la de toretes no suplementados (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997a). Al evaluar un suplemento de pastos cultivados, basado en 40 % gallinaza y 50 % harina de arroz, en toretes de diversos tipos raciales, Jerez-Timaure y Huerta-Leidenz (2009) encontraron una interacción significativa de suplementación x tipo racial para la FCWB y, contrario a

feeding 21-month-old dual-purpose steers with two diets of different hay: concentrate ratios (80:20 vs. 60:40) on the degradation of vinculin and troponin-T at three *post mortem* times. (0, 24 and 48 h). These authors observed that the best diet did not change the degradation pattern of vinculin and troponin-T at any time *post mortem* (Uzcátegui-Bracho *et al.*, 2009).

Post mortem technologies

Huerta-Leidenz (2005) has described some critical points to ensure the eating quality of meat before and after the harvest of the animal. Given that several of the *ante-mortem* critical points may escape the control of the processing industry (e.g., sex and genetics) it is reasonable to apply *post mortem* technologies to improve the sensory attributes (Huerta-Leidenz, *et al.*, 1997b). In Venezuela, information has been generated on blade tenderization (BT) (Huerta-Leidenz *et al.*, 1979), electrical stimulation (ES) of carcasses (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997b), restructuring of steaks (Ruiz-Ramírez, *et al.*, 2001) and vacuum-aging, also known as “wet aging” (Riera, 1994; Huerta-Leidenz *et al.* 2004; Rodas-González *et al.*, 2007). The use of high voltage ES (550 volts, 11 amps) improved tenderness ratings and reduced WBSF of bull meat (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997b). In the same study, it was observed that the most effective treatment to improve beef tenderness was the combination of the two technologies (EE + BT) (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997b).

lo esperado, los catadores asignaron a las carnes del grupo suplementado puntuaciones de terneza ligeramente inferiores ($P < 0,05$) (i.e., carnes ligeramente más duras) que las del grupo testigo [3,1 vs. 3,6 en una escala del 1 (extremadamente dura) al 8 (extremadamente tierna)].

Las proteasas dependientes del calcio, principalmente la μ -calpaína, ejercen un rol importante en el proceso de ablandamiento *post mortem* de la carne; algunos de los principales sustratos de estas enzimas proteolíticas son vinculina, troponina-T, y desmina (Kemp *et al.*, 2010; Uzcátegui-Bracho y Jerez-Timaure, 2008a; Lucero-Borja *et al.*, 2014). Uzcátegui-Bracho *et al.* (2009) exploraron el efecto de la alimentación de novillos doble propósito de 21 meses con dos dietas de diferente relación heno: concentrado (80:20 vs. 60:40) en la degradación de la vinculina y la troponina-T a tres tiempos *post mortem* (0, 24 y 48 h). Estos autores observaron que la mejor alimentación no varió el patrón de degradación de la vinculina y la troponina-T a ningún tiempo *post mortem*.

Tecnologías *post mortem*

Huerta-Leidenz (2005) describió algunos puntos críticos para asegurar la calidad de la carne antes y después de la cosecha del animal de abasto. Dado que varios de los puntos críticos *ante mortem* pueden escapar del control de la industria procesadora (e.g., sexo y genética) es razonable aplicar tecnologías *post mortem* para mejorar los atributos sensoriales (Huerta-Leidenz, *et al.*, 1997b). En

Research has indicated that the response to these *post mortem* technologies in eating quality, mainly in tenderness, can vary with the sex, breed type, and age of the animals. With bulls from the Senepol x Nelore cross, it was observed that the steaks aged during 7 or 14 days, compared to the control (steaks removed at 2 days *post mortem*), had a lower WBSF and rated as more tender, with lesser amount of connective tissue and more flavorful (Huerta-Leidenz *et al.*, 2004). Aging meat from these bulls during 7 and 14 days reduced the proportion of tough steaks, from 35.7 % (at 2 days *post mortem*) to 21.4 % and 7.1 %, respectively (Huerta-Leidenz *et al.*, 2004). Rodas-González *et al.* (2007) with beef from Criollo Limonero cattle reported that longer aging periods (21 d) guaranteed a higher proportion of tender steaks, but decreased their general acceptability; probably due to the rancid taste of the samples due to storage. Likewise, Jerez-Timaure *et al.* (2020) reported that wet aging for 15 days favored the tenderness of meats compared to non-aged meats or those that were frozen for 15 days.

Conclusions

Surveys reveal the existence of consumer groups with different perceptions, preferences and needs; a useful information for the design of marketing strategies with differentiated products in intrinsic and / or extrinsic attributes of eating quality and other types of quality.

In the 17 experiments carried out in Venezuela, a greater variation in

Venezuela se ha generado información sobre el ablandamiento mecánico por lancetas (AML) (Huerta-Leidenz *et al.*, 1979), la electroestimulación (EE) de canales (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997b), la reestructuración de bistés (Ruiz-Ramírez, *et al.*, 2001) y la maduración de carnes empacadas al vacío, también conocida como “maduración húmeda” (Riera, 1994; Huerta-Leidenz *et al.* 2004; Rodas-González *et al.*, 2007).

El uso de la EE de alto voltaje (550 voltios, 11 amperios) mejoró las puntuaciones de terneza y redujo la FCWB en carne de toros (Huerta-Leidenz *et al.*, 1997b). En ese mismo estudio, se observó que el tratamiento más efectivo para mejorar la terneza de la carne de novillos fue la combinación de los dos tratamientos (EE + AML).

Los resultados de las investigaciones indican que la respuesta a tecnologías *post mortem* en calidad gustativa, principalmente en terneza, puede variar con el sexo, tipo racial, y edad de los animales. Con toros producto del cruce de Senepol x Nelore, se observó que los bistés madurados por 7 ó 14 días, respecto a los testigos (bistés retirados a las 48 h *post mortem*), tuvieron una menor FCWB y calificaron como más tiernos, con menor cantidad de tejido conectivo y de sabor más intenso (Huerta-Leidenz *et al.*, 2004). La maduración de carne de estos toros redujo la proporción de bistés duros, de 35,7% (2d) a 21,4% (a 7d) y 7,1% (a 14d) (Huerta-Leidenz *et al.*, 2004). Rodas-González *et al.* (2007) con carne de ganado Criollo Limonero reportaron, que los períodos de maduración más prolongados (21 d) garantizaron una

shear force and tenderness ratings than in flavor or juiciness is observed.

The chronological age by records, or the estimated age with the dentition, are not comparable with the physiological maturity; and their effects on tenderness are not always significant or consistent.

The classification-grading of bovine carcasses by D1896 has the potential to differentiate products in eating quality, but it requires (a) conclusive validation studies to check if it meets the purpose of ranking categories according to the expected eating quality, and (b) strict compliance with the decree and its instructions manual at the national level, to avoid deviations in their implementation, as indicated by Rodas-González (2005) and Briceño *et al.* (2015).

The tenderness thresholds, correlative to the shear force, and generated with the opinion of Venezuelan trained panelists or consumers, allow complementing the carcass grading scheme and strengthening quality control programs in the industry.

Finding that up to 95 % of the variation in WBSF can be explained by its orthogonal regression with four carcass traits is promising for improving the precision of the Venezuelan classification-grading system.

Meat from post-pubertal intact males tend to be inferior to that of castrated males and females in eating quality.

That grass-fed cull females, result in meats with more desirable

mayor proporción de bistés tiernos, pero desmejoraron su aceptabilidad general; probablemente por el sabor rancio de las muestras a causa del almacenamiento. Igualmente, Jerez-Timaure *et al.* (2020) reportaron que la maduración húmeda durante 15 días favoreció la terneza de las carnes con respecto a las no maduradas o aquellas que se mantuvieron congeladas durante 15 días.

Conclusiones

Las encuestas revelan la existencia de grupos de consumidores con diferentes percepciones, preferencias y necesidades; información de utilidad para el diseño de estrategias mercadológicas con productos diferenciados en atributos intrínsecos y/o extrínsecos de la calidad gustativa y otros tipos de calidad.

En los 17 experimentos ejecutados en Venezuela se nota una mayor variación en fuerza de corte y puntuaciones de terneza, que en sabor o jugosidad.

La edad cronológica por registros, o la estimada con la dentición, no son equiparables con la madurez fisiológica; y sus efectos sobre la terneza, no siempre son significativos o consistentes.

La clasificación-categorización de canales por el D1896 tiene el potencial de diferenciar productos en calidad gustativa, pero se requiere de (a) estudios de validación concluyentes para comprobar si cumple con el propósito de jerarquizar categorías en función de la calidad gustativa esperada y

palatability attributes than those of bull counterparts, suggests that it is still possible to add more value with a pasture supplementation, to reach market niches oriented to quality of grass-fed beef.

Under grazing conditions, buffalo meat can be similar or superior in eating quality to that of Zebu-type cattle, which leaves without a basis many of the prejudices against it as a producer of good quality meat; particularly if they are harvested before 24 months of age.

Grazing bullocks produced by crossbreeding Brahman with *B. taurus* breeds, including continental Europeans and others adapted to the tropics (Romosinuano and Senepol) show no notable differences with the purebred Brahman in beef eating quality, perhaps because they are of intact males, which, even when harvested young (<30 months of age), can produce beef with poor tenderness.

The incipient studies in molecular markers (genes of μ -calpain isoforms, and calpastatin), show potential for use in livestock genetic selection programs, for both dual- and beef purposes.

The pasture supplementation trials with bullocks indicate variable responses in eating quality depending on the formulation of the supplement.

The supply of cattle fed exclusively on pasture, without an adequate supplementation, composed mostly of intact males, of predominantly *Bos indicus* genetics, is largely responsible for the high variation observed in tenderness of Venezuelan bovine meats.

(b) el estricto cumplimiento de la normativa y su instructivo a nivel nacional, para evitar desviaciones en su implementación, señaladas por Rodas-González (2005) y Briceño *et al.* (2015).

Los umbrales de terneza en carnes correlativos a la fuerza de corte, y generados con la opinión de catadores o consumidores venezolanos, permiten complementar la categorización en canal y afianzar los programas de control de calidad en la industria.

Encontrar que hasta el 95 % de la variación en FCWB se puede explicar por su regresión ortogonal con cuatro rasgos de la canal, es promisorio para mejorar la precisión del sistema de clasificación-categorización venezolano.

Los machos enteros después de la pubertad tienden a ser inferiores a machos castrados y hembras en calidad gustativa.

Que hembras de descarte cebadas a pastoreo simple, resulten en carnes con atributos de palatabilidad más deseables que las de toros, sugiere que todavía es posible agregarles más valor con una suplementación del pastizal, para alcanzar nichos de mercado orientados a calidad de “carne de pasto”.

A pastoreo, la carne de búfalo puede ser semejante o superior en calidad gustativa a la de biotipos cebuínos, lo cual deja sin base, muchos de los prejuicios en su contra, como bovino productor de carne de buena calidad; sobre todo, si se sacrifican antes de los 24 meses de edad.

A pastoreo, toretes producto del cruce de Brahman con razas *B. taurus* de carne, incluyendo continentales

Wet aging, electrical stimulation of carcasses, blade tenderization and their combinations, prove to be technological alternatives to reduce variation in palatability; but above all, of bull meat.

The experience of crossing Brahman with early-maturing *B. taurus* breeds (e.g., Red Angus), but managing the offspring differently, castrating early, fattening at concentrate for at least 60 days and wet aging high-valued cuts for 15 days shows that the resulting steaks can be classified in trained panelists as more tender, with lesser amount of connective tissue and more flavorful.

Recommendations

In addition to the lag in basic or basic-oriented research [(i.e., muscle biochemistry, molecular genetics (genomics and proteomics)] considering the predominant biotypes, it is necessary to continue implementing applied research to know the effects of several basic factors, which may be negatively affecting the eating quality of Venezuelan beef; among them, (a) Animal abuse and mistreatment of livestock from the ranch up to the harvesting plant, (b) poor carcass conditioning practices and / or chilling of carcasses, with the probable occurrence of heat or cold shortening, which leads to meat toughness, especially in meats derived from bull carcasses with little external fat finish, and (c) unsuitable aging periods for different types of muscle.

Therefore, there is an urgent need to diversify traditional lines

europas y otras adaptadas al trópico (Romosinuano y Senepol) no muestran diferencias notorias con los Brahman puros en calidad gustativa de la carne, quizás por tratarse de machos enteros, que, aun siendo jóvenes (<30 meses de edad), pueden producir carnes de ternera deficiente.

Los estudios incipientes en marcadores moleculares (genes de isoformas de μ -calpaína, y calpastatina), señalan potencial de uso en programas de selección genética de ganado, tanto de doble propósito como de carne.

Los ensayos de suplementación a pastoreo de toretes indican respuestas variables en calidad gustativa dependiendo de la formulación del suplemento.

La oferta de ganado alimentado exclusivamente a pasto, sin una suplementación adecuada, compuesta mayoritariamente por machos enteros, de genética predominantemente *Bos indicus* es, en gran parte, responsable de la alta variación observada en la ternera de la carne bovina venezolana.

La maduración húmeda, electroestimulación de canales, ablandamiento mecánico y sus combinaciones, demuestran ser alternativas tecnológicas para reducir la variación de palatabilidad; sobre todo, en carne de toros.

La experiencia de cruzar el Brahman con razas *B. taurus* de maduración precoz (e.g., Angus Rojo), pero manejando la cría de manera diferente, castrando tempranamente, cebando a concentrado al menos por 60 días y madurando por 15 días

of research, starting studies on: (1) animal welfare (examining the effects of animal temperament and / or stress and the interaction of genotype x sex class), (2) experiments to monitor pH and temperatures during muscle to meat conversion, under sudden or delayed chilling with different hanging methods of the carcass, (3) controlled trials to consider the interaction between age and sex condition on eating quality, (4) muscle dissection and characterization studies (muscle profiling) to determine flavor profiles and tenderness, identifying promising cuts (especially from the carcass forequarter) to add value to the carcass of bulls and cows, (5) use of new *post mortem* technologies to enhance meat palatability of different sex classes (eg, high hydrostatic pressure), and (6) deepen the development of genetic markers and other biotechnologies for the enhancement of tenderness and other sensory traits of tropical beef.

Acknowledgements

Most of the Venezuelan publications reviewed herein were funded by Fondo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (FONACIT) and Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico of the Universidad del Zulia (CONDES-LUZ), Venezuela. The authors are grateful to the Venezuelan Association of Water Buffalo Breeders, Carlos Rodriguez Matos, CEO of Hato Santa Luisa Co., and Rafael Rodriguez from the former Lancashire General Investment Co., Antonio Julio Branger (R.I.P.) of Agropecuaria San Francisco and other cattle producing

cortes de alto valor, demuestra que sus bistés pueden ser calificados por catadores como más tiernos, con menor cantidad de tejido conectivo y de sabor más intenso.

Recomendaciones

Además del rezago en materia de investigación básica o básica orientada [i.e., bioquímica del músculo, genética molecular (genómica y proteómica)] considerando los biotipos predominantes, se necesita seguir implementando investigación aplicada para conocer los efectos de varios factores básicos, que pueden estar afectando negativamente la calidad gustativa de la carne bovina venezolana; entre ellos, (a) abusos en el manejo y trato del ganado desde la finca al matadero, (b) malas prácticas de oreo y/o enfriamiento de canales, con la probable contracción de la fibra muscular por el calor o el frío, que conlleva a la dureza de la carne; sobre todo la derivada de canales de toros con escaso acabado de grasa exterior, y (c) períodos de maduración inadecuados para diferentes tipos de músculo.

Por lo anterior, urge diversificar las líneas de investigación tradicionales, iniciando estudios sobre: (1) bienestar animal, (examinando efectos del temperamento y/o estrés animal y la interacción genotipo x clase sexual), (2) experimentos de monitoreo de pH y temperaturas durante la conversión del músculo a carne, bajo enfriamiento súbito o retardado con diferentes métodos de colgado de la

companies for providing livestock and support for the grazing trials. Special thanks to Tomas Riera (R.I.P) for his thesis work on this topic. Also, to Late Tommy Tamayo and Ms. Margarita Arispe of Matadero Centro-Occidental (MINCO) for their valuable support during these studies. We thank judges of the trained panel that made possible the sensory evaluation of Venezuelan meat samples. Finally, we want to express our gratitude to former graduate students and researchers of the Agronomy and Veterinary Sciences Faculties of University of Zulia (LUZ) for their dedication and endeavors to accomplish the research goals of the Carnes-LUZ Working Group in this matter.

End of English Version

canal, (3) ensayos controlados para considerar la interacción entre edad y condición sexual sobre la calidad gustativa, (4) estudios de disección y caracterización de músculos de la canal para determinar perfiles de terneza y sabor, identificando cortes promisorios (sobre todo del cuarto anterior) para agregar valor a la canal de toros y vacas, (5) uso de nuevas tecnologías *post mortem* para enaltecer la palatabilidad de la carne de estas clases sexuales (e.g., alta presión hidrostática), y (6) profundizar en el desarrollo de marcadores genéticos y otras biotecnologías para el mejoramiento de la terneza y otros rasgos gustativos de la carne de ganado tropical.

Agradecimientos

La mayoría de las publicaciones venezolanas aquí revisadas fueron cofinanciadas por el Fondo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (FONACIT) y el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ), Venezuela. Los autores agradecen a la Asociación Venezolana de Criadores de Búfalos de Agua, Carlos Rodríguez Matos, CEO de Hato Santa Luisa Co., y Rafael Rodríguez de la antigua Lancashire General Investment Co., Antonio Julio Branger (Q.E.P.D) de Agropecuaria San Francisco y otras compañías productoras de ganado por proporcionar ganado y apoyo para los ensayos a pastoreo. Un agradecimiento especial al Ing. Tomás Riera (QEPD) por su trabajo de tesis en esta temática. Además, al Sr. Tommy Tamayo (Q.E.P.D.) y a la médica veterinaria Margarita Arispe del Matadero Centro-Occidental (MINCO) por su valioso apoyo durante estos estudios. Agradecemos a los panelistas entrenados que hicieron posible la evaluación sensorial de las muestras de carne venezolana. Finalmente, queremos expresar nuestro agradecimiento a los estudiantes de posgrado e investigadores de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias de la Universidad del Zulia (LUZ) por su dedicación y esfuerzo para lograr los objetivos de investigación del Grupo de Trabajo Carnes-LUZ en este tópico.

Literatura citada

- Acosta Castellanos, N. T. 2018. Efecto del sistema productivo sobre la dureza de cuatro cortes comerciales de ganado doble propósito del trópico alto en Cundinamarca, Colombia. Tesis de Maestría. Facultad de Cs. Agrarias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 74 p. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77463/Efecto%20del%20sistema%20productivo%20sobre%20la%20dureza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Fecha de consulta: abril de 2020.
- AMSA. 2015. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat. American Meat Science Association. Second Edition. Illinois USA.
- Arenas de Moreno, L. 2010. Tendencias en el consumo de la carne bovina en Venezuela. En: Landaeta de Jiménez, M. (Ed.). Que buena es la carne bovina venezolana. Fundación Bengoa para la Alimentación y Nutrición. Caracas, Venezuela. Disponible en: https://www.fundacionbengoa.org/informacion_nutricion/images/426/Monografia%20Carnes.pdf. Fecha de consulta: abril de 2020.
- Arenas de Moreno, L., J. Ortega, N. Jerez-Timaure y N. Huerta-Leidenz. 2010a. Venezuelan consumers' preferences and perceptions of beef quality. p. 539-540. In: Abstracts from the 63rd Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association, 20-23 June 2010, Texas Tech University, Lubbock, Texas. Meat Sci. 86: 533-576.
- Arenas de Moreno, L., N. Huerta-Leidenz y L. Sandoval. 2010b. A survey on characteristics of meat science research groups in Latin America. I. Geographical distribution, academic profile and research areas. p. 572. In: Abstracts from the 63rd Reciprocal Meat Conference of the American Meat Science Association, 20-23 June 2010, Texas Tech University, Lubbock, Texas. Meat Sci. 86: 533-576.

- Arenas de Moreno, L., N. Jerez-Timaure, J. Valerio-Hernández, N. Huerta-Leidenz y A. Rodas-González. 2020. Attitudinal determinants of beef consumption in Venezuela: A Retrospective Survey. In: Garmyn, A. (Ed.), Consumer Preferences and Acceptance of Meat Products. Foods. 9(2):202-219. doi.org/10.3390/foods9020202.
- Becker, T. 2000. Consumer perception of fresh meat quality: a framework for analysis. BRIT FOOD J. 102(3): 158-176.
- Briceño, R.J., J. Castillo, C. Alvarado y I. Vivas-Pivat. 2015. Evaluación de la implementación del sistema de clasificación y categorización de canales bovinas en plantas beneficiadoras de la Región Central de Venezuela. Rev. Científica FCV-UCV. 56(1):52-57.
- Chase Jr. C., P.J. Chenoweth, R.E. Larsen, A.C. Hammond, T.A. Olson, R.L. West y D.D. Johnson. 2001. Growth, puberty, and carcass characteristics of Brahman-, Senepol-, and Tuli-sired F1 Angus bulls. J. Anim. Sci. 79: 2006–2015.
- Corbin, C.H., T.G. O'Quinn, A.J. Garmyn, J.F. Legako, M.R. Hunt, T.T.N. Dinh, R.J. Rathmann, J.C. Brooks y M.F. Miller. 2015. Sensory evaluation of tender beef strip loin steaks of varying marbling levels and quality treatments. Meat Sci. 100: 24-31. doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.09.009.
- Corva, P., L. Soria, A. Schor, E. Villarreal, M.P. Cenci, M. Motter y E. Paván. 2007. Association of CAPN1 and CAST gene polymorphisms with meat tenderness in *Bos taurus* beef cattle from Argentina. Genet. Mol. Biol. 30(4): 1064–1069.
- 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(3):187-195.
- Cross, H.R., Z.L. Carpenter y G.C. Smith. 1973. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. J. Food Sci. 38(6): 998-1003.
- Crouse, J.D., L.V. Cundiff, R.M. Koch, M. Koohmaraie y S.C. Seideman. 1993. Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. J. Anim. Sci. 67(10): 2661-2668.
- Decreto Presidencial No. 181. 1994. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. No. 4337. Caracas, Venezuela.
- Decreto Presidencial No. 1896. 1997. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. No. 36,242. Caracas, Venezuela.
- Domenech, K., A. Rivera, A. Casas, M. Pagán, D. Cianzio y F. Pérez. 2017a. 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.
- Domenech, K., A. Rivera, A. Casas, M. Pagán, D. Cianzio y F. Pérez. 2017b. 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. J. Agric. Univ. P.R. 101(1):51-62.
- FAO. 2018. Carne y productos cárnicos. Producción y sanidad animal. Dpto. de agricultura y protección al consumidor. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>. Fecha de consulta: abril de 2020.
- Garmyn, A.J. y M.F. Miller. 2014. Implant and beta agonist impacts on beef palatability. J. Anim. Sci. 92(1):10-20.
- Gómez-Pernía, O.G. 2016. Productos bubálinos, carne de búfalo, características y propiedades. p. 209-215. En: Gómez-Pernía, O.G (Ed.). Búfalos de agua en Venezuela, el nuevo oro negro. 1^{ra} edición. Ediciones Grupo Tei, Caracas, Venezuela.
- Gómez-Pernía, O.G. 2012. Ciencia y biotecnología de la carne en Venezuela. p. 98-99. En: Gómez-Pernía, O.G. (Ed.). Nuestra carne: Origen, cualidades y culinaria de la carne bovina venezolana. 2^{da} edición. Ediciones Grupo Tei, Caracas, Venezuela.

- Huerta-Leidenz, N. 2002a. Caracterización de ganado y carne bovina como base científica de la clasificación de canales en el trópico americano. p. 1-18. En: Taller tecnología e Industria. Memorias. XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. 22-26 de octubre. Universidad de los Andes. Valera, Venezuela.
- Huerta-Leidenz, N. 2005. Puntos críticos antes y después del beneficio para asegurar carne de calidad. p. 649-653. En: C. González-Stagnaro, C. y E. Soto Belloso (Eds.). Manual de Ganadería de Doble Propósito. Ediciones Astro-Data, S.A. Maracaibo, Venezuela.
- Huerta-Leidenz, N. 2010. Meat science experiences in Latin America: Applications in trade. pp. 1-7. In: Proceed. 63rd Annual Reciprocal Meat Conference (RMC 2010). American Meat Science Association. June 20-23. Lubbock, Texas. Disponible en: https://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/2010/huerta-leidenz-final.pdf?sfvrsn=839dbab3_0. Fecha de consulta: abril de 2020.
- Huerta-Leidenz, N. 2002b. La experiencia venezolana en la implantación de sistemas de clasificación de ganado y canales bovinas. p. 599-621. En: González Stagnaro, C., E. Soto-Belloso y L. Ramírez-Iglesia (Eds.). Avances en la ganadería de doble propósito. Fundación GIRARZ. Ediciones Astro-Data S.A. Maracaibo, Venezuela.
- Huerta-Leidenz, N. y A. Rodas-González. 1998. El ganado Doble Propósito. ¿Carnes para Consumidores Exigentes? p. 609-626. En: Mejora de la Ganadería Mestiza de Doble Propósito. González Stagnaro, C., N. Madrid-Bury y E. Soto-Belloso (Eds.). Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela.
- Huerta-Leidenz, N. y G. Ríos-Fuenmayor. 1993. La castración del bovino a diferentes estadios de su crecimiento. II. Efectos sobre las características de la canal. Una revisión. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 10(2): 163-187.
- Huerta-Leidenz, N. y N. Jerez-Timaure. 1996. Discovering the commercial value of beef in Venezuela. p. 331-356. En: Huerta-Leidenz, N. y K.E. Belk (Eds.). Brahman Cattle on the threshold of 21st century. Proceedings 8th. World Brahman Congress. Ediciones Astro Data S.A. Maracaibo, Venezuela.
- Huerta-Leidenz, N., A. Rodas-González y G.C. Smith. 2004. Effect of vacuum aging and influence of sire on palatability of beef longissimus from grass-fed F1 Senepol x Zebu bulls. Rev. Científica FCV-LUZ. 14(3): 263-269.
- Huerta-Leidenz, N., A. Rodas-González, A. Vidal, J. López-Núñez y O. Colina. 2015. Carcass cut-out value and eating quality of *longissimus* muscle from serially harvested savannah-raised Brahman-influenced cattle and water buffaloes in Venezuela. Animal Product. Sci. 56:20193-2104. doi.org/10.1071/AN14987.
- Huerta-Leidenz, N., G.C. Smith, Z.L. Carpenter y M. García-Ochoa. 1979. Efectos de ablandamiento mecánico por lancetas sobre la culinaria y gustosidad de la carne de vacas. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 5(2):486-494.
- Huerta-Leidenz, N., N. Jerez-Timaure, O. Morón-Fuenmayor, E. Rincón y R. Caro. 1996a. Experiencias en el entrenamiento de un panel de degustación de carne vacuna a nivel de un matadero frigorífico industrial. Arch. Latinoamer. Nutr. 46(1): 47-53.
- Huerta-Leidenz, N., N. Jerez-Timaure y O. Morón-Fuenmayor. 1996b. Validación del nuevo sistema de clasificación de la carne: Primer intento. p. 83-99. En: Plasse, D., N. Peña de Borsotti y R. Romero (Eds.). Memorias XII Cursillo sobre Bovinos de Carne. 23-24 octubre. Facultad de Ciencias Veterinarias (UCV). Maracay, Venezuela.
- Huerta-Leidenz, N., N. Jerez-Timaure, A. Rodas-González, E. Márquez, M. Arispe y J. M. Rivero. 1997b. Observaciones preliminares sobre el uso de tecnologías *post mortem* para mejorar la calidad de la carne de bovinos venezolanos de diferente tipo racial, condición sexual y edad. Rev. Científica FCV-LUZ. 7(2): 123-132.

- Huerta-Leidenz, N.O., C. Rodríguez-Matos y N. Jerez-Timaure. 1997a. Efecto de la dieta alimenticia sobre la calidad de la canal y de la carne. p. 41-55. En: Memorias XIII Cursillo sobre Bovinos de Carne. Universidad Central de Venezuela, 23-24 de octubre, Maracay, Venezuela.
- Huerta-Montauti, D., A. Rodas-González, K. E. Belk, L. Arenas de Moreno y N. Huerta-Leidenz. 2008. Comparison of U.S. versus Venezuelan beef cuts on cookery traits, consumer impressions and shear force. *J. Muscle Foods*. 18(2):140-156.
- Jerez-Timaure, N. y N. Huerta-Leidenz. 2009. Effect of breed type and supplementation during grazing on carcass traits and meat quality of bulls fattened on improved savannah. *Livestock Sci*. 121(2-3):219-226.
- Jerez-Timaure, N., G. Martínez y M. González. 2015. Valor comercial de la canal y de la carne de toretes Senepol x Brahman en Venezuela. *Rev. Científica FCV-LUZ*. 15(6):462-470.
- Jerez-Timaure, N., M. Berkhoff, M. Leal, V. Pérez, y P. Díaz. 2020. Influencia de los métodos combinados de conservación por frío y tipo de envasado de la carne bovina y su influencia sobre la calidad de la carne bovina cruda y cocida. *Nacameh* 14:1-15.
- Jerez-Timaure, N., N. Huerta-Leidenz, E. Rincón y M. Arispe. 1994. Estudio preliminar sobre las características que afectan las propiedades organolépticas de solomos de res en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 11(3): 283-295.
- Jerez-Timaure, N., N. Huerta-Leidenz, J. Ortega y A. Rodas-González. 2013. Prediction equations for Warner-Bratzler shear force using principal component regression analysis in Brahman-influenced Venezuelan cattle. *Meat Sci*. 93:771-775.
- Kemp, C.M., P.L. Sensky, R.G. Bardsley, P.J. Buttery y T. Parr. 2010. Tenderness – An enzymatic view. *Meat Sci*. 84:248-256. doi:10.1016/j.meatsci.2009.06.008
- Lapitan, R. M., A. N. Del Barrio, O. Katsube, T. Ban-Tokuda, E. A. Orden, A. Y. Robles, L. C. Cruz, Y. Kanai y T. Fujihara. 2008. Comparison of carcass and meat characteristics of Brahman grade cattle (*Bos indicus*) and crossbred water buffalo (*Bubalus bubalis*) fed on high roughage diet. *Animal Sci. J*. 79(1): 210-217.
- Latorre, M., S. Iezzi, S. Christensen y P. Purslow. 2017. Bovinos machos jóvenes castrados versus enteros; calidad de carne y propiedades del tejido conectivo. *RIA-INTA*. 43(1): 72-77.
- Lawrence, T.E., J.D. Whatley, T.H. Montgomery y L.J. Perino. 2001a. A comparison of the USDA ossification-based maturity system to a system based on dentition. *J. Anim. Sci*. 79 (7): 1683-1690.
- Lawrence, T.E., J.D. Whatley, T.H. Montgomery, L.J. Perino y M.E. Dikeman. 2001b. Influence of dental carcass maturity classification on carcass traits and tenderness of *longissimus* steaks from commercially fed cattle. *J. Anim. Sci*. 79: 2092-2096.
- Lucero-Borja, J., L.B. Pouzo, M.S. de la Torre, L. Langman, F. Carduza, P.M. Corva, F.J. Santini y E. Pavan. 2014. Slaughter weight, sex and age effects on beef shear force and tenderness. *Livestock Sci*. 163: 140-149. doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.003.
- Malaver, Y., S. Calzadilla, A. Rodas-González, J. González, D. Mansutti, L. Arenas de Moreno y N. Huerta-Leidenz. 2000. Estudio Preliminar para validar el sistema venezolano de clasificación de canales bovinas con toros sacrificados en la región oriental: Estados Monagas y Anzoátegui. *Rev. Científica FCV-LUZ*. 10(6): 468-479.
- Merle, S., J. Sencleer, A. Rodas-González, J. González, D. Mansutti y N. Huerta-Leidenz. 2004. Comparación de machos enteros búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) vs. Vacunos acebuados en características al sacrificio, de la canal, rendimiento carnicero y palatabilidad del *longissimus*. *Arch. Latinoam. Prod. Anim*. 12(3): 110-118.

- Moholisa, E., A. Hugo, P.E. Strydom y I. van Heerden. 2017. The effects of animal age, feeding regime and a dietary beta-agonist on tenderness of three beef muscles. *J. Sci. Food Agric.* 97(8): 2375-2381.
- Monteiro, C.G., D. Navas y J.P.C. Lemos. (2005). Efeito da castração e da idade nas características da carne de bovinos produzidos em sistema de pastoreio. *Revista Portuguesa de Zootecnia.* 12(2): 77-90.
- 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.
- Morón-Fuenmayor, O., N. Huerta-Leidenz, S. Milli y R. Ormo. 1999. Efecto de la dieta sobre el rendimiento, composición de la canal y calidad de la carne de terneros. *Rev. Científica FCV-LUZ.* 9(1): 52-59.
- Pfhanzer, S.B. y P.E. de Felício. 2009. Effects of teeth maturity and fatness of Nellore (*Bos indicus*) steer carcasses on instrumental and sensory tenderness. *Meat Sci.* 83: 697-701.
- Picard, B., M. Gagaoua, M. Al Jammás y M. Bonnet. 2019. Beef tenderness and intramuscular fat proteomic biomarkers: Effect of gender and rearing practices. *J. Proteom.* 200:1-10. doi.org/10.1016/j.jprot.2019.03.010.
- Riera, T.J. 1994. Crecimiento y características en canal de toros de cinco tipos raciales y el efecto de tecnologías *post mortem* sobre la calidad de la carne. Tesis de grado. Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. 63pp.
- Riley, D.G., Jr.C. Chase, D.D. Johnson, T.A. Olson, R.L. West, S.W. Coleman, W.A. Phillips, D.E. Franke y E. Casas. 2007. Carcass traits and merit. Utilization of *Bos indicus* in Florida beef enterprises. Florida Beef cattle short course. Florida, USA. pp:71-79.
- Riley, J.M., T.C. Shroeder, T.L. Wheeler y S.D. Shackelford. 2009. Valuing fed cattle using objective tenderness measures. *J. Agric. Appl. Econ.* 41(1):163-175.
- Robertson, J., D. Ratcliff, P.E. Bouton, P.V. Harris y W.R. Shorthose. 1986. A comparison of some properties of meat from young buffalo (*Bubalus bubalis*) and cattle. *J. Food Sci.* 51(1):47-50.
- Robertson, J., P.E. Bouton, P.V. Harris, W.R. Shorthose y D. Ratcliff. 1983. A comparison of some properties of beef and buffalo (*Bubalus bubalis*) meat. *J. Food Sci.* 48 (3): 686-690.
- Rodas-González, A. 2005. Limitantes y vicios del sistema de categorización venezolana de canales bovinas. p. 654-659. En: González-Stagnaro, C. y E. Soto-Belloso (Eds.). Manual de Ganadería de Doble Propósito. Sección IX. Industria y Mercadeo. Ediciones Astro-Data, S.A. Maracaibo, Venezuela.
- Rodas-González, A., J. Vergara-López, L. Arenas de Moreno, N. Huerta-Leidenz, M. Leal y M.F. Pirela. 2007. Efecto de suplementación y maduración de carnes al vacío sobre la palatabilidad del *longissimus* de novillos criollo limonero cebados a pastoreo. *Rev. Científica FCV-LUZ.* 17(3): 280-287.
- Rodas-González, A., N. Huerta-Leidenz y N. Jerez-Timaure. 2017. Benchmarking Venezuelan quality grades for grass-fed cattle carcasses. *Meat Muscle Biol.* 1:1-10.
- Rodas-González, A., N. Huerta-Leidenz, N. Jerez-Timaure y M.F. Miller. 2009. Establishing tenderness thresholds of Venezuelan beef steaks using consumer and trained sensory panels. *Meat Sci.* 83: 218-223.
- Rodríguez, J., J. Unruh, M. Villarreal, O. Murillo, S. Rojas, J. Camacho, J. Jaeger y C. Reinhardt. 2014. Carcass and meat quality characteristics of Brahman cross bulls and steers finished on tropical pastures in Costa Rica. *Meat Sci.* 96 (3): 1340-1344.
- Ruiz-Ramírez, J., N. Huerta-Leidenz, B. Muñoz, R. Román-Bravo y E. Márquez-Salas. 2001. Efecto del tipo de corte de carne de res sobre

la pérdida por cocción, resistencia al corte y palatabilidad de bistés reestructurados. Rev. Científica FCV-LUZ. 11(2): 109-116.

a la categoría de Profesora Titular. Universidad del Zulia. Repositorio Académico LUZ. Maracaibo Venezuela. 68 p.

- Schönfeldt, H.C. y P.E. Strydom. 011a. Effect of age and cut on cooking loss, juiciness and flavour of South African beef. Meat Sci. 87(3):180-190.
- Schönfeldt, H.C. y P.E. Strydom. 2011b. Effect of age and cut on tenderness of South African beef. Meat Sci. 87:206-208.
- Segovia, E., D. Contreras, D. Marcano, R. Pirela y A. Albornoz. 2005. Conducta del consumidor de carne bovina según clase socioeconómica en el municipio Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Agroalimentaria (21): 113-121.
- Seideman, S.C., H.R. Cross y L.D. Crouse. 2007. Variations in the sensory properties of beef as affected by sex condition, muscle, and *post mortem* aging. J. Food Quality. 12 (1): 39-58.
- Shackelford, S.D., M. Koohmaraie y T.L. Wheeler. 1995. Effects of slaughter age on meat tenderness and USDA carcass maturity scores of beef females. J. Anim. Sci. 73 (11) 3304-3309.
- Shorthose, W. R. y P.V. Harris. 1990. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. Food Sci. 55(1): 1-8.
- Smith, T., Thomas, M.G., Bidners T.D., Paschal, J.C. y D.E. Franke. 2009. Single nucleotide polymorphisms in Brahman steers and their association with carcass and tenderness traits. Genet. Mol. Res. 8(1): 39-46.
- Szczesniak, A.S. 2007. Texture perceptions and food quality. J. Food Qual. 14 (1):75-85.
- USDA. 2017. United States Standards for Grades of Carcass Beef. Disponible en: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/CarcassBeefStandard.pdf>. Fecha de consulta: abril de 2020.
- Uzcátegui-Bracho, S. 2010. Polimorfismos de los genes μ -calpaína y calpastatina y su asociación con las características de calidad de la carne de animales doble propósito. Trabajo de ascenso a la categoría de Profesora Titular. Universidad del Zulia. Repositorio Académico LUZ. Maracaibo Venezuela. 68 p.
- Uzcátegui-Bracho, S. y N. Jerez-Timaure. 2008a. Factores que afectan la actividad de las proteasas dependientes del calcio y su relación con el proceso de ablandamiento de la carne. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 16 (3):166-174.
- Uzcátegui-Bracho, S. y N. Jerez-Timaure. 2008b. Asociación de polimorfismos de los genes de las calpainas/calpastatina con la terneza de la carne de novillos mestizos doble propósito. Resultados preliminares. p. 484. En: Memorias XIV Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, 24-26 septiembre 2008. Rev. Científica FCV-LUZ. 18 (Supl.1): 451-523.
- Uzcátegui-Bracho, S., N. Jerez-Timaure, A. Z. Ruiz, R. Araneda, y M.T. Sulbarán. 2009. Efecto de la sobrealimentación sobre las características de la canal y la degradación *post mortem* de la vinculina y troponina-T en carne de novillos doble propósito. Rev. Científica FCV-UCV. 50(2):105-114.
- Vázquez-Mendoza O.V., G. Aranda-Osorio, M. Huerta-Bravo, A.E. Kholif, M.M.Y. Elghandour, A.Z.M. Salem y E. Maldonado-Simán. 2017. Carcass and meat properties of six genotypes of young bulls finished under feedlot tropical conditions of Mexico. Anim. Prod. Sci. 57:1186-119.
- Zava, M. 2013. Developments of buffalo industry in America. Buffalo Bulletin 2013. 32: (Special issue 1): 75-82. Disponible en:<http://ibic.lib.ku.ac.th/e-bulletin/IBBUSI201301005.pdf>. Fecha de consulta: abril de 2020.