





Genética y mejoramiento animal

Artículo de investigación científica y tecnológica

Evaluación de atributos cárnicos y de calidad de la canal en ganado Blanco Orejinegro

 Edison Julián Ramírez Toro^{1*},  David Felipe Nieto Sierra¹,
 Wilson Andrés Barragán-Hernández¹,  Gonzalo de Jesús Restrepo Castañeda¹

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), C. I. El Nus. San Roque,
Colombia.

*Autor de correspondencia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]), C. I. El
Nus. Corregimiento San José del Nus, San Roque, Colombia. ejramirez@agrosavia.co

Editor temático: William Burgos Paz (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
[AGROSAVIA])

Recibido: 21 de septiembre de 2020

Aprobado: 06 de abril de 2021

Publicado: 08 de noviembre de 2021



Para citar este artículo: Ramírez Toro, E. J., Nieto Sierra, D. F., Barragán-Hernández, W. A., & Restrepo Castañeda, G. D. (2021). Evaluación de atributos cárnicos y de calidad de la canal en ganado Blanco Orejinegro. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(3), e2234. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2234

Resumen

Con el objeto de evaluar el rendimiento y la calidad de la carne en bovinos de la raza Blanco Orejinegro (BON), se utilizaron 77 machos (castrado y entero) y dos rangos de edad (20-30 y 30-36 meses). Se evaluó la ganancia de peso (GDP), área de ojo del lomo (AOL), espesor de grasa de la cadera (EGC), rendimiento de la canal caliente y fría, longitud de la canal (LC), perímetro de pierna, grado de osificación y acabado. Adicionalmente, se evaluó la calidad de la carne a diferentes días de maduración. Se utilizó ANOVA de efectos mixtos y componentes principales para el análisis de la información. Los resultados mostraron que la condición fisiológica, edad y la interacción de estos factores no afectaron significativamente ($p > 0,05$) la GDP, peso beneficio, AOL y EGC. La edad afectó significativamente ($p < 0,05$) el peso de la canal. Así mismo, la condición fisiológica afectó significativamente ($p < 0,05$) la LC, favoreciendo los animales castrados (+17cm). La edad de maduración tuvo efecto significativo sobre la terneza y el porcentaje de pérdidas por cocción ($p < 0,05$), con mejores registros a 21 días (2,75 kilogramo-fuerza) y 37 días (17%), respectivamente. La carne de novillos BON presentó alta terneza, baja presencia de tejido conectivo y alta puntuación en jugosidad. Los resultados del presente trabajo evidencian un buen desempeño de la raza BON para la cadena cárnica.

Palabras clave: aptitud cárnica, canal bovina, evaluación sensorial, ganadería, maduración, recursos genéticos

Evaluation of meat attributes and carcass quality in Blanco Orejinegro cattle

Abstract

Aiming at evaluating the performance and beef quality in the Blanco Orejinegro (BON) breed, 77 males (castrated and non-castrated) and two age ranges (20-30 and 30-36 months) were used. Weight gain (ADG), ribeye area (RA), hip fat thickness (HFT), hot and cold carcass yield, carcass length (CL), leg circumference, carcass ossification, and fat cover grade were evaluated. Additionally, the beef quality was assessed at different days of meat ageing. A mixed-effects ANOVA and a principal component analysis were used to analyze the information. The results showed that the physiological condition, age, and the interaction of these factors did not significantly affect ($p > 0.05$) ADG, slaughter weight, RA, or HFT. Age significantly ($p < 0.05$) affected carcass weight. Likewise, the physiological condition significantly affected ($p < 0.05$) CL, favoring the castrated animals (166 cm vs. 149 cm). The maturation age had a significant effect on tenderness and the percentage of cooking losses ($P < 0.05$), with better records at 21 days (2.75 kilogram-force) and 37 days (17%), respectively. The BON beef showed high tenderness,

low presence of connective tissue, and a high juiciness score. The results of this work show a good performance of the BON breed for the meat chain.

Keywords: bovine carcass, genetic resource, livestock, meat ageing, meat performance, sensory evaluation

Introducción

La industria de la carne ha tenido un ligero crecimiento durante los últimos 5 años, con Estados Unidos y Brasil (12 y 10 millones de toneladas anuales, respectivamente) como los países de mayor producción de carne bovina en el mundo (United States Department of Agriculture [USDA], 2021). En contraste, la producción de carne bovina en Colombia es mucho menor (930.000 toneladas), aunque con una dinámica de crecimiento importante (Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán], 2020a). Para el primer semestre de 2020, el beneficio de bovinos creció un 0,03 % con relación al 2019, siendo el beneficio para exportación el rubro de mayor variación, con un incremento de 80,1 % (Departamento Nacional de Estadística [DANE], 2020). Adicionalmente, en el 2019, Colombia exportó 20.774 toneladas de carne a más de 15 destinos en el planeta, representando un crecimiento del 10,6 % en la exportación, con relación al 2018 (Fedegán, 2020b). Sin embargo, los indicadores de producción y exportación continúan siendo inferiores a las potencias en producción cárnica en el mundo.

Colombia cuenta con grandes ventajas a nivel de recursos genéticos, climáticos y geográficos en comparación con otros países productores de carne (Fedegán, 2020a). No obstante, el sistema de producción primaria presenta alta heterogeneidad en prácticas de manejo a escala de finca, lo cual influye negativamente en el potencial de producción cárnica (Camacho et al., 2009). Además, la base genética destinada a producción de carne es poco especializada y posee bajos indicadores productivos y reproductivos, lo cual limita la competitividad del sistema de producción cárnico frente a los referentes locales e internacionales (González et al., 2019).

Una de las alternativas que podría tener un impacto significativo en la competitividad del sistema productivo cárnico en Colombia es la diferenciación de producto. Diferentes autores han demostrado que los consumidores de carne bovina revelan preferencias por atributos de la carne relacionados con sellos de origen, razas y sistemas de producción (Ardeshiri & Rose, 2018; Meyerding et al., 2018; Stampa et al., 2020). Así mismo, Atance et al. (2004) señalaron que alternativas como marcas certificadas y sellos de denominación de origen, pueden ser vías importantes para la diferenciación de la carne, especialmente esta última alternativa, en la cual se involucra activamente la participación de razas bovinas.

En Colombia, la producción de carne se desarrolla con base en animales *Bos indicus*, y en menor proporción, animales *Bos taurus* con especialización hacia la producción de carne (Mahecha et al., 2002). El país cuenta con recursos zoogenéticos de bovinos criollo que pertenecen a la especie *Bos taurus* y poseen un proceso evolutivo que les ha conferido adaptación a las condiciones del trópico, y han demostrado un potencial cárnico que puede constituirse en factor de diferenciación del sistema

productivo (Hernández, 1981; Martínez, Vásquez et al., 2012), entre estas razas está la raza Blanco Orejinegro (BON).

El ganado BON es una de las razas criollas colombianas originaria de los ganados europeos traídos por lo españoles en la época de la colonia, se desarrolló en las estribaciones de la cordillera Central y Occidental, y ha demostrado cualidades de interés para el sistema productivo asociadas con tolerancia a ectoparásitos y habilidad materna (López et al., 2001; Martínez, Vásquez et al., 2012). Adicionalmente, varios autores (Fedegán, 2007; Loftus et al., 1994; Martínez, Vásquez et al., 2012; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2003) han reportado características de importancia para la producción de carne, relacionadas con precocidad y calidad de carne medida por terneza y marmóreo, al igual que su expresión de vigor híbrido al utilizarla en programas de cruzamiento con otras razas.

Recientemente se han desarrollado trabajos que demuestran en el ganado BON una amplia variabilidad genética, como consecuencia del manejo especial en los programas de conservación (Ocampo et al., 2020). Así mismo, los esfuerzos desarrollados en la construcción de un núcleo de selección de la raza y la respuesta positiva a la selección, demostrada a través de las evaluaciones genéticas y el desarrollo de programas de mejora genética para la raza BON (Ramírez et al., 2019, 2020) demuestran la capacidad de la raza para participar activamente en el sistema de producción de carne y generar una diferenciación de producto.

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar características de rendimiento cárnico y de calidad de carne de la raza BON.

Materiales y métodos

Localización del estudio

Este estudio se llevó a cabo en el Centro de Investigación El Nus localizado en el corregimiento San José del Nus, municipio de San Roque (Antioquia, Colombia), a una altura de 830 m s.n.m., temperatura media de 24 °C y precipitación promedio anual entre 2.000 y 2.300 mm. La zona se clasifica como bosque muy húmedo premontano (Holdridge, 1971).

Selección y manejo de animales

Para el presente estudio se seleccionaron 77 animales de la raza BON con promedios de edad y peso al destete de 8 meses (mínimo 7 meses y máximo 9 meses), y 177 kg (mínimo 123 kg y máximo de 225 kg) respectivamente. Los animales provenían del banco de germoplasma y del núcleo de selección vinculados al Centro de investigación El Nus. En ambos casos, los animales fueron seleccionados con base en el desempeño de sus progenitores en las pruebas de evaluación genética de la raza BON, y por presentar una condición clínica saludable.

Posteriormente, a los 16 meses de edad se realizó un proceso de castración (condición fisiológica) en 47 de los 77 animales seleccionados, mediante cirugía posterior a la aplicación de 20 ml de anestésico en el paquete testicular. Una vez realizada la castración, los animales permanecieron un mes en recuperación bajo la supervisión de un médico veterinario. Los animales fueron manejados en pastoreo rotacional con períodos de ocupación y descanso de 3 y 27 días respectivamente, con una composición botánica dominada por *Bracharia brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf, *Brachiaria decumbens* Stapf y *Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf. El manejo de pastoreo permitió el acceso a voluntad de los animales a agua potable y sal mineralizada al 8 % de P. Adicionalmente, a cada animal se le suministró 0,7 kg/día de un suplemento nutricional formulado con base en 80 % maíz, 15 % soya, 5 % melaza, con aporte de 88,5 % de materia seca (MS), 119 g de proteína cruda y 2,85 Mcal de energía metabolizable por kg de MS.

El experimento se llevó a cabo durante los años 2013, 2014 y 2015. De acuerdo con el rango de edad de los animales, se establecieron grupos de beneficio en dos categorías de edad, de 20 a 30 meses y de 30 a 36 meses.

Culminado el período de ceba, los animales fueron transportados (125 km) a una planta de beneficio comercial ubicada en el municipio de Santa Rosa de Osos (Antioquia - Colombia), la cual cuenta con el aval de la institución de seguimiento y vigilancia alimenticia y pecuaria en el país. En esta planta se realizó el faenado conforme a las prácticas de manejo y bienestar animal estipuladas por el Decreto 1500 (2007).

Evaluación de atributos productivos y de planta de beneficio

Todos los animales seleccionados para el experimento contaban información histórica de pesajes a diferentes edades, lo cual permitió estimar la ganancia de peso (g/día) según lo establecido por la Beef Improvement Federation (BIF, 2018). El pesaje de los animales se llevó a cabo mediante el uso de una báscula electrónica con capacidad de 3.000 kg \pm 0,1 kg.

La evaluación en planta de beneficio se dividió en ante mortem y post mortem. Previo al sacrificio se determinó la ganancia diaria de peso (GDP), se realizó el pesaje antes del beneficio (PB) y la evaluación de ultrasonido para composición corporal por ultrasonografía en tiempo real (UTR), mediante la toma de dos imágenes ecográficas a cada animal. La primera imagen fue tomada en las regiones anatómicas entre la 12.^a y 13.^a costilla, en dirección transversal a la columna vertebral en el músculo *longissimus thoracis* (LT). Con esta imagen se determinó el área del ojo de lomo (AOL) en cm². La segunda imagen, fue tomada a nivel del anca entre el Ilion e Isquion; músculos *glúteo medio* y *biceps femoral* donde se determinó la deposición de grasa del anca (EGC) en mm. Las mediciones se realizaron con un escáner (Pie Medical Aquila Vet[®] 200 SLC, The Netherlands) equipado con un transductor lineal de 18 cm, de 3,5 MHz.

Posterior al beneficio, se llevó a cabo la evaluación de rendimiento, morfometría y calidad de la canal de acuerdo con el sistema establecido por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), de la Universidad Nacional de Colombia (Amador et al., , 1995). En cada animal se evaluó:

Rendimiento canal caliente (RCC): Peso de la canal caliente (PCC) / peso de beneficio.

Rendimiento canal fría (RCF): Peso de la canal fría después de 48 horas a 4°C (PCF) / peso beneficio.

Longitud de la canal (LC): Medida entre el borde craneal de la sínfisis isquio-pubiana hasta el centro del borde craneal aparente de la primera costilla.

Perímetro de pierna (PP): Medida desde la articulación femuro-tibio-rotuliana (rodilla) perfilando el contorno de la pierna, pasando por la parte media del músculo semitendinoso y regresando hasta la articulación.

Grado de osificación del esternón C1 (CAR1) y C2 (CAR2): El C1 es la cantidad de cartílago presente en la porción anterior más angosta del manubrio del esternón, y el C2 es la cantidad de cartílago presente en la parte más angosta entre la primera y segunda estérnebra; el grado de osificación del esternón permite estimar la edad del animal.

Grado de acabado de la canal (G1): Medida de la grasa de cobertura entre la séptima y octava vértebra torácica, a un centímetro del borde del corte longitudinal por donde se dividió la canal en dos. Las medidas de morfometría se registraron en centímetros (cm) empleando una cinta métrica y un calibrador.

En cada uno de los animales se tomó una muestra de 2 kilogramos (kg) de LT de la media canal izquierda, la cual se empacó al vacío y se envió refrigerada a una temperatura de 4 °C al laboratorio, donde se almacenó a -20 °C hasta su posterior análisis.

Evaluación de calidad de carne

Dada la imposibilidad logística para desarrollar la evaluación de calidad de carne en todos los animales evaluados, se priorizó la evaluación para un subgrupo de 16 animales, correspondiente a la condición fisiológica castrado. La priorización concentró a la mayor representatividad de la condición fisiológica castrado en los animales destinados a beneficio, debido a la facilidad de manejo, disminución de comportamientos reproductivos y mayor docilidad, además de algunos atributos de calidad de la carne que lo favorecen (Varela et al., 2003).

Los análisis de calidad de la carne se desarrollaron en el Laboratorio de Química Analítica en el C.I. La Libertad (Villavicencio – Colombia), adscrito a Agrosavia. En el laboratorio, cada muestra se fraccionó en tres partes, se almacenó al vacío y fue sometida a maduración en refrigeración a 4 °C por 14, 21 y 37 días.

La pérdida por cocción (PC) fue determinada como la diferencia de peso (porcentaje del peso inicial de cocción) en cada muestra, antes y después de ser sometida a cocción en un horno (ConvectionOven[®] modelo DHL-32, Canada) hasta alcanzar una temperatura interna de 70 °C en el centro geométrico de la muestra. La temperatura se determinó con una termocupla tipo K (Shimadem[®], modelo SR 3, Japan). Este análisis se evaluó a los 14, 21 y 37 días de maduración. Para el caso del porcentaje de humedad, esta variable se evaluó a los 14 y 21 días de maduración, como la diferencia de peso en la muestra sometida a 60 °C en un horno de ventilación forzada (AOAC, 2000).

La terneza de la carne se evaluó a los 14 y 21 días de maduración. Para este análisis se empleó la metodología de Warner-Bratzler (Belew et al., 2003). Posterior a la cocción y con la muestra fría, se obtuvo una submuestra cilíndrica de 1,3 cm de diámetro, paralela a la dirección de las fibras musculares. Cada uno de los cilindros se sometió a un equipo Warner-Bratzler (Shimadzu, modelo EZ Test, Japan) para determinar la fuerza de corte medida en kilogramos fuerza (kgf). El equipo estuvo conformado por una lámina metálica de 1 mm de espesor y un orificio triangular con un ángulo de 60 °, configurado a una velocidad de corte de 200 mm por minuto. La información se gestionó con el *software* Rheo-meter®.

Las muestras sometidas a 37 días de maduración fueron utilizadas para la evaluación sensorial. El análisis se llevó a cabo mediante la adaptación de la metodología descrita por la American Meat Science Association (AMSA, 2016), para las condiciones del laboratorio donde se desarrolló el análisis. En este análisis se empleó un panel entrenado conformado por 6 miembros, los cuales evaluaron la terneza miofibrilar y total, la cantidad de tejido conectivo, jugosidad y sabor a carne en una escala hedónica de 8 puntos (1 = extremadamente duro para terneza miofibrilar y total, abundante tejido conectivo, extremadamente seco, extremadamente no sabor a carne; 8 = extremadamente tierno, ningún tejido conectivo, extremadamente jugoso, extremadamente sabor a carne). Adicionalmente, los panelistas analizaron las muestras para detectar la intensidad de sabores externos en una escala hedónica de 5 puntos (1 = sabor extremo, 2 = sabor moderado, 3 = sabor pequeño, 4 = sabor leve, y 5 = no sabor extremo).

Análisis estadístico

La información se colectó y almacenó en una hoja de cálculo para su depuración (eliminación de datos basados en rango intercuartil) y posterior procesamiento en el *software* estadístico. Se hizo análisis de varianza (ANOVA) empleando un modelo de efectos mixtos, utilizando la librería *nlme* (Pinheiro et al., 2018) para las características relacionadas con el desempeño productivo y variables en planta de beneficio. El modelo para las características relacionadas con el desempeño productivo tuvo como efectos fijos, la edad considerando dos grupos (20-30 meses o 31-36 meses), la condición fisiológica (castrado o entero) y la interacción entre estos factores. El año de sacrificio se consideró como efecto aleatorio. Para variables relacionadas con calidad de la carne (PB, PCC, PCF, AOL, EGC, RCC, RCF, LC, PP, CAR1, CAR2 y G1), el modelo consideró como efecto fijo el tiempo de maduración y como efecto aleatorio los animales seleccionados para el análisis de calidad de carne. Para todos los modelos evaluados (variables productivas, de planta de beneficio y de calidad de carne), se revisó el comportamiento de los residuales del modelo aplicando las pruebas de Shapiro-Wilk para normalidad y evaluación de los residuales, versus los predichos, para heterogeneidad de varianzas. Cuando se detectaron violaciones en los supuestos de normalidad y/o homocedasticidad, se aplicaron modelaciones en las estructuras de correlación y asignación de pesos ponderados a las varianzas, respectivamente (Zuur et al., 2009). Los datos correspondientes a la terneza de la carne fueron transformados mediante una potencia basada en Box-Cox, para lograr la normalidad de los datos. Para los modelos que rechazaron la hipótesis de igualdad de tratamientos ($\alpha < 0,05$), se aplicó la prueba de Tukey para separar los promedios de los factores evaluados. Asimismo, se consideró como tendencia estadística valores de probabilidad entre 0,05 y 0,1. En todos los casos, los datos se procesaron en el *software* R-Project, versión 4.0.2 (R Core Team, 2017).

Los datos correspondientes al análisis sensorial y pérdidas por cocción a los 37 días, fueron analizados empleando un análisis de componentes principales, mediante el paquete FactoMiner del *software* R-Project (Lê et al., 2008). En este análisis, se seleccionaron los componentes principales con valores propios mayores a uno.

Resultados y discusión

Para características de peso y ultrasonido, la GDP varió de 0,432 y 0,435 g/día; el PB entre 432,5 y 441,1 kg; el AOL estuvo entre 46,9 y 47 cm² y el EGC presentó un rango de 2,46 a 2,82 mm (tabla 1). Para características de peso y ultrasonido, la GDP varió de 0,432 g/día a 0,435 g/día; el PB entre 432,5 kg y 441,1 kg; el AOL estuvo entre 46,9 cm² y 47 cm² y el EGC presentó un rango de 2,46 mm a 2,82 mm (tabla 1). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la condición fisiológica, la edad o la interacción de estos factores sobre las características GDP, PB, AOL y EGC ($p > 0,05$) (tabla 1).

Para machos de la raza BON con el suministro de suplementación alimenticia, Martínez, Quiceno et al. (2012) reportaron valores para la característica de peso GDP superiores a los registrados en el presente estudio, con rangos entre 0,650 y 0,833 g/día, mayores a los encontrados en el presente estudio y para las características medidas para ultrasonido AOL y EGC reportaron 30 cm² y 2,58 mm respectivamente, valores inferiores a los que se encontraron en este trabajo. Estas diferencias pueden estar determinadas principalmente por la etapa en la que se realizaron las mediciones ya que en el estudio reportado se evaluaron animales entre 10 y 13 meses durante 221 días.

En otro reporte de Martínez, Vásquez et al. (2012), al evaluar los registros productivos de 250 animales producto de cruces con reproductores BON, identificaron que el efecto del reproductor BON en la descendencia F1 registró una GDP similar a la reportada en el presente estudio (475 g/día). Por otro lado, Purchas et al. (2002) reportaron que animales castrados de la raza Angus y Angus x Herford registraron mayores valores para deposición de grasa (EGD), y los animales enteros mayor peso al beneficio y tamaño del músculo *longissimus thoracis* (AOL) que los observados en el presente estudio. Asimismo, Puzio et al. (2019) reportaron que animales enteros presentaron mayor peso al beneficio, aunque sin diferencia significativa en la GDP al compararlos con los castrados. Estos resultados sugieren que en la raza BON los machos enteros o castrados tienen un comportamiento similar para las características GDP, PB, AOL, y EGC.

Tabla 1. Características de peso y ultrasonido en bovinos de la raza Blanco Orejinegro

		GDP (g/día)	PB (kg)	AOL (cm²)	EGC (mm)
	Castrado	0,435 ± 0,008	432,5 ± 3,82	46,8 ± 4,3	2,46 ± 0,22
CF	Entero	0,432 ± 0,013	441,1 ± 3,41	47,0 ± 5,6	2,82 ± 0,44
	20-30		432,98 ± 3,43	46,7 ± 3,7	2,65 ± 0,254
Edad	31-36		440,78 ± 3,81	47,12 ± 3,7	2,61 ± 0,262
	RECM	0,0330	259,613	471,143	0,2390
	Edad		0,106	0,6157	0,9260
P-valor	CF	0,8876	0,2089	0,9756	0,4747
	CF*Edad		0,1927	0,2498	0,6243

Nota: CF: Condición fisiológica; GDP: Ganancia diaria de peso; PB: Peso a beneficio; AOL: Área de ojo de lomo; EGC: Espesor de grasa de cadera; RECM: Raíz del error cuadrático medio.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para las características de la canal se presentan en la tabla 2. No se encontró efecto ($p > 0,05$) de la condición fisiológica para ninguna de las características estudiadas (PCC, PCF, RCC Y RCF). Sin embargo, el rango de edad afectó ($p < 0,05$) el PCC e influyó una tendencia estadística en el peso de la canal fría (PCF) ($p = 0,0589$) y en el RCF ($p = 0,0845$). En relación con estos resultados, la literatura no registra reportes para contrastar estas variables en la raza BON. No obstante, varios autores (Flórez et al., 2014; Martínez, Quiceno et al., 2012) reportan que para cruces de BON × Cebú (entre 27 y 31,7 meses de edad), el PCC y PCF pueden variar de 245 a 268 kg y de 238 a 264 kg, respectivamente; con rendimientos en canal caliente de 56 % a 57 % y de canal fría de 52 % a 55 %. En comparación con los resultados del presente estudio, la superioridad — en los rangos reportados por estos autores para las

variables evaluadas en la canal —, se puede atribuir al efecto de la heterosis, especialmente en cruces de razas indicas y taurinas (Martínez, Manrique et al., 2012).

Los resultados en la evaluación de la canal para la condición fisiológica en ganado BON, difieren a lo encontrado por Do Prado et al. (2015), quienes reportaron para la raza Purunã (edad al beneficio de 22 meses) que la condición fisiológica de animales enteros obtuvo mayores pesos de canal (+43,4 kg) y mayor porcentaje de rendimiento en canal (+3,7 %), comparado con los animales castrados; tendencia que se observó también en el presente trabajo con valores de +5,3 kg y +1,52 %, respectivamente. Con relación al efecto de la edad, los resultados de este trabajo fueron similares a lo encontrado por Nogalski et al. (2018), en animales cruzados Charoláis × Holstein y Charoláis × Negras Polaca, quienes reportaron efecto significativo de la edad ($p < 0,05$), con mayores valores en las características PCC (+70 kg) y RCC (+1,6 %) en los animales de mayor edad. No obstante, además del peso de la canal, es importante que también se consideren los rendimientos de cortes de mayor valor en la canal (fuera del alcance del presente trabajo), como fue reportado por de Bureš y Barton (2012) quienes encontraron que animales de mayor edad presentan menor porcentaje de cortes de carne de mayor valor económico.

Tabla 2. Rendimientos cárnicos en machos Blanco Orejinegro

		PCC (kg)	PCF (kg)	RCC (%)	RCF (%)
CF	Castrado	219,9 ± 2,05	219,0 ± 4,44	53,01 ± 0,51	51,6 ± 0,36
	Entero	225,2 ± 2,66	224,0 ± 5,04	54,53 ± 0,97	54,1 ± 0,60
Edad	20-30	218,6 ± 2,52	217,3 ± 3,97	53,2 ± 0,65	52,3 ± 0,49
	31-36	226,4 ± 2,21	225,5 ± 3,99	54,32 ± 0,61	53,4 ± 0,46
	RECM	157,157	168,093	21,985	23,620
p-valor	Edad	0,0076	0,0589	0,2560	0,0845
	CF	0,2734	0,6476	0,2751	0,1709
	CF*Edad	0,4764	0,5597	0,1296	0,1088

Nota: CF: Condición fisiológica; PCC: Peso de la canal caliente; PCF: Peso de la canal fría; RCC: Rendimiento de la canal caliente; RCF: Rendimiento de la canal fría; RECM: Raíz del error cuadrático medio del error.

Fuente: Elaboración propia

Con relación a la caracterización de la canal (tabla 3), la condición fisiológica influyó ($p < 0,05$) sobre la LC. Los animales castrados presentaron 17 cm más en LC que los enteros. En las demás variables de

caracterización de canal (PP, C1, C2 y G1), los factores evaluados no registraron efecto significativo (tabla 3). Previamente Martínez, Vásquez et al. (2012), registraron grado de acabado (G1) en la raza BON, con un promedio de $0,21 \pm 0,03$ cm, el cual se encuentra por debajo del registro publicado en el presente trabajo.

Los resultados en LC obtenidos en este estudio superan los registros publicados para animales Angus \times Brahman (F1, 27,4 meses) y Brangus (5/8 Angus 3/8 Brahman, 23,2 meses), en los cuales la LC alcanzó 132 y 133,5 cm, respectivamente (Echeverri et al., 2015). Así mismo, la LC reportada para los animales de la raza BON, superó el registro de LC reportada para machos de la raza Brahman (22,5 meses) sometidos a suplementación, los cuales alcanzaron un rango de 143 cm a 145 cm (Mestra et al., 2020).

En relación con la influencia de la castración sobre la LC registrada en el presente trabajo, Salas y Rodríguez (2019) reportaron una LC mayor en animales de la raza Brahman enteros respecto a los castrados (152,8 cm vs. 151,0 cm). Giulianna et al. (2013) afirmaron que la condición fisiológica no tiene efecto en la LC, al reportar para la raza Nellore y su cruce con Angus una LC en animales castrados quirúrgicamente de 136,8 cm, en inmunocastrados de 136,4 cm y en enteros de 138,9 cm. Sin embargo, en dicho trabajo los animales presentaron una edad de 25 meses, mientras que en el presente estudio el promedio de edad de la condición fisiológica castrado fue de 30 meses.

Para las variables C1 y C2, Echeverri-Gómez et al. (2015) reportaron valores superiores a los registrados en este trabajo, para el cruce Angus \times Brahman (F1) un C1 de 2,7 cm y C2 de 0,9 cm; y para Brangus (5/8 Angus 3/8 Brahman) un C1 de 2,1 cm y C2 de 0,7 cm. Con base en los anteriores resultados, la edad por osificación de los animales BON fue menor de acuerdo con Amador et al. (1995), quienes establecen dos rangos de edades de acuerdo a las medidas de C1 y C2, entre 2 y 3 años de 1,0 cm - 3,0 cm, 0,5 cm - 1,0 cm; y entre 4 y 5 años de 0,5 - 2,0 cm y 0,0 cm - 0,5 cm, respectivamente. Por otro lado, el espesor de grasa dorsal (G1) reportado en el presente estudio fue inferior al registrado por Echeverri-Gómez et al. (2015), quienes encontraron valores de G1 entre 0,6 cm y 0,9 cm para cruces de *Bos indicus* y *Bos taurus*. La grasa de cobertura protege la canal de las pérdidas de agua ocasionadas por el proceso de enfriamiento y conservación, además previene la coloración oscura ocasionada derivada de quemaduras que genera la congelación (De Oliveira et al., 2011; Jiménez et al., 2010; Pérez, 2010). La baja cobertura de grasa en la canal de animales BON, puede ser atribuida a las condiciones ambientales donde se desarrolló la raza, la cual se caracterizó por pasturas de moderada a baja disponibilidad y calidad (López et al., 2001; Martínez et al., 2012a).

Tabla 3. Variables de caracterización de canal en novillos Blanco Orejinegro

	LC	PP	C1	C2	G1	
	cm					
CF	Castrado	166,16 ± 1,39 a	85,71 ± 10,76	0,867 ± 0,165	0,503 ± 0,089	0,867 ± 0,165
	Entero	149,73 ± 2,83 b	98,16 ± 18,64	1,363 ± 0,297	0,694 ± 0,149	1,363 ± 0,297
Edad	20-30	156,33 ± 1,94	91,76 ± 10,77	1,147 ± 0,184	0,647 ± 0,097	1,147 ± 0,184
	31-36	159,56 ± 1,80	92,11 ± 10,76	1,083 ± 0,180	0,549 ± 0,096	1,083 ± 0,180
p-valor	RECM	6,937	3,095	0,4511	0,3105	0,4511
	Edad	0,3709	0,0802	0,3569	0,3742	0,3569
	CF	0,0359	0,6230	0,2764	0,3888	0,2764
	CF*Edad	0,3890	0,6249	0,4808	0,5923	0,4808

Nota: CF: Condición fisiológica, LC: Longitud de canal; PP: Perímetro de pierna; C1: CAR1; C2: CAR2; G1: Grado de acabado 1, RECM: Raíz del error cuadrático medio. Letras minúsculas diferentes en la columna, indican diferencia significativa de medias según prueba de Tukey. CF*Edad: interacción entre factores.

Fuente: Elaboración propia

La PC y terneza presentaron diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los días de maduración (tabla 4). Contrario a esto, el porcentaje de humedad en la carne no se afectó significativamente ($p > 0,05$) por el factor evaluado. Los resultados indicaron que a menor número de días de maduración, fue mayor el porcentaje de PC y se observó mayor fuerza de corte en las muestras de LT.

Estudios previos para la PC y terneza en carne sin maduración de ganado BON han registrado valores de $28 \pm 0,04$ % y $3,78 \pm 0,65$ kgf, respectivamente (Martínez, Vásquez et al., 2012). Así mismo, para muestras de cruces BON × Cebú con 14 días de maduración, se han reportado valores de 29,8% de PC y 7,4 kgf en la evaluación de terneza por Warner-Bratzler (Flórez et al., 2015). En comparación con Flórez et al. (2015), los resultados de esta investigación son 4 puntos de kgf menores a los 14 días. Sin embargo, reportes de PC en otras razas taurinas, muestran resultados similares a los 14 días de maduración,

descritos por Papaleo et al. (2016) para las razas Angus y Hereford, con porcentajes de 24,12 % y 24,63 %, respectivamente.

Tabla 4. Evaluación de las pérdidas por cocción, terneza y humedad a diferentes días de maduración

		PC (%)	Terneza (kgf)*	Humedad (%)
Días de maduración	14	23,03 ± 0,005 a	3,27 (0,3553 ± 0,0140) a	73,86 ± 0,189
	21	22,80 ± 0,005 a	2,57 (0,4520 ± 0,0140) b	73,92 ± 0,187
	37	17,55 ± 0,008 b	-	-
RECM		0,0247		0,6568
DM		< 0,0001	< 0,0001	0,5924
p-valor	Temperatura inicial de cocción**	0,0046		

Nota: PC: Pérdida por cocción, RECM: Raíz del error cuadrático medio, * Entre paréntesis, las medias estimadas por el modelo mediante transformación de potencia, ** Covariable. Letras minúsculas diferentes en la columna, indican diferencia significativa de medias según prueba de Tukey.

Fuente: Elaboración propia

La determinación de las PC permite inferir la posibilidad de experiencia de consumo dada su alta correlación con la jugosidad de la carne (Warner, 2017), por lo cual podríamos deducir que los resultados de maduración a los 21 días, obtenidos en el presente estudio, pueden estar relacionados con mayor jugosidad, tal como se observó en el análisis sensorial (figura 1). Por otro lado, las diferencias reportadas en las pérdidas por cocción se pueden asociar al efecto del proceso de maduración en la carne y sus cambios en la estructura muscular (Kim et al., 2020; Macharáčková et al., 2020; Yun et al., 2020), tales como disminución en el tamaño de la fibra muscular, aumento en el espacio entre miofibras y menor diámetro del sarcómero (Purslow et al., 2016). Como resultado, la literatura reporta que la pieza de carne incrementa el intercambio o pérdida de agua celular propiciado por la desnaturalización térmica de las proteínas (Astruc et al., 2010; Bouhrara et al., 2011; Christensen et al., 2011; Li et al., 2010).

Respecto a la maduración, contrario a lo descrito en la literatura, en la cual se indica que la proteólisis causada por la maduración conduce a mayor pérdida de agua en la carne en la cocción (Purslow et al., 2016), en la presente investigación se evidenció que las muestras de LT de BON maduradas a 37 días, presentaron menores pérdidas por cocción, comparadas con las muestras de menos días de maduración. Otros autores también han reportado menores pérdidas por cocción en procesos de maduración húmedos y secos a 30 días (Kim et al., 2020), o a diferentes edades (5 y 21 días) y con varios músculos (*longissimus thoracis* y *longissimus lumborum*) (Macharáčková et al., 2020; Yun et al., 2020).

Con relación a la terneza de la carne, los resultados del presente trabajo nos permiten inferir que la disminución en 0.7 kgf a los 14 o 21 días tendría un impacto positivo en el consumo de carne de BON, ya que Felderhoff et al. (2020) definieron la terneza como un factor de gran importancia en la calidad del producto, pues se encuentra entre los que más contribuyen a la satisfacción del consumidor. Esta información podría considerarse fundamental para la comercialización de la carne de ganado BON, dado que los consumidores pueden utilizar experiencias relacionadas con atributos de la carne como la terneza, para tomar sus decisiones de compra futuras (Banović et al., 2012), por lo cual un corte tierno podría garantizar la satisfacción y preferencia del consumidor.

Estudios desarrollados por Vásquez et al. (2007) demostraron que para condiciones variadas de raza, alimentación y pastoreo en zonas productoras de carne en Colombia, la terneza de la carne puede variar de 3,05 a 5,19 kgf, catalogándose de medianamente dura a dura. De acuerdo a lo descrito por Shackelford et al. (1997), los resultados de terneza obtenidos para la raza BON, indican que su carne se puede caracterizar como medianamente tierna. Estos resultados pueden estar determinados por el componente genético encontrado en los estudios realizados en la raza BON para genes como CAPN2 y CAST, los cuales se han asociado con la terneza de la carne (Moreno et al. 2009), además de mayores frecuencias de los alelos relacionados con una menor fuerza de corte (Cuetia et al., 2011; Moreno et al., 2009).

En la figura 1 se ilustra el análisis de componentes principales (CP) en la evaluación sensorial en las muestras de LT para la raza BON. Los tres primeros CP retuvieron el 69,7 % de la variabilidad. CP1 (35,6 %) se relacionó con características de palatabilidad de carne, especialmente, atributos que influyen la percepción de terneza de la carne (figura 1A). CP2 (18,6 %) estuvo caracterizado por las pérdidas por cocción (figura 1A) y para el CP3 (15,5 %), el atributo sensorial de mayor peso fue la presencia de sabores a carne (figura 1B). La correlación entre las variables que evaluaron terneza de la carne vinculados al CP1 varió de 0,33 a 0,83 ($p < 0,05$). Contrario a esto, se observó una correlación negativa entre la jugosidad y la PC ($r 0,37; p < 0,05$).

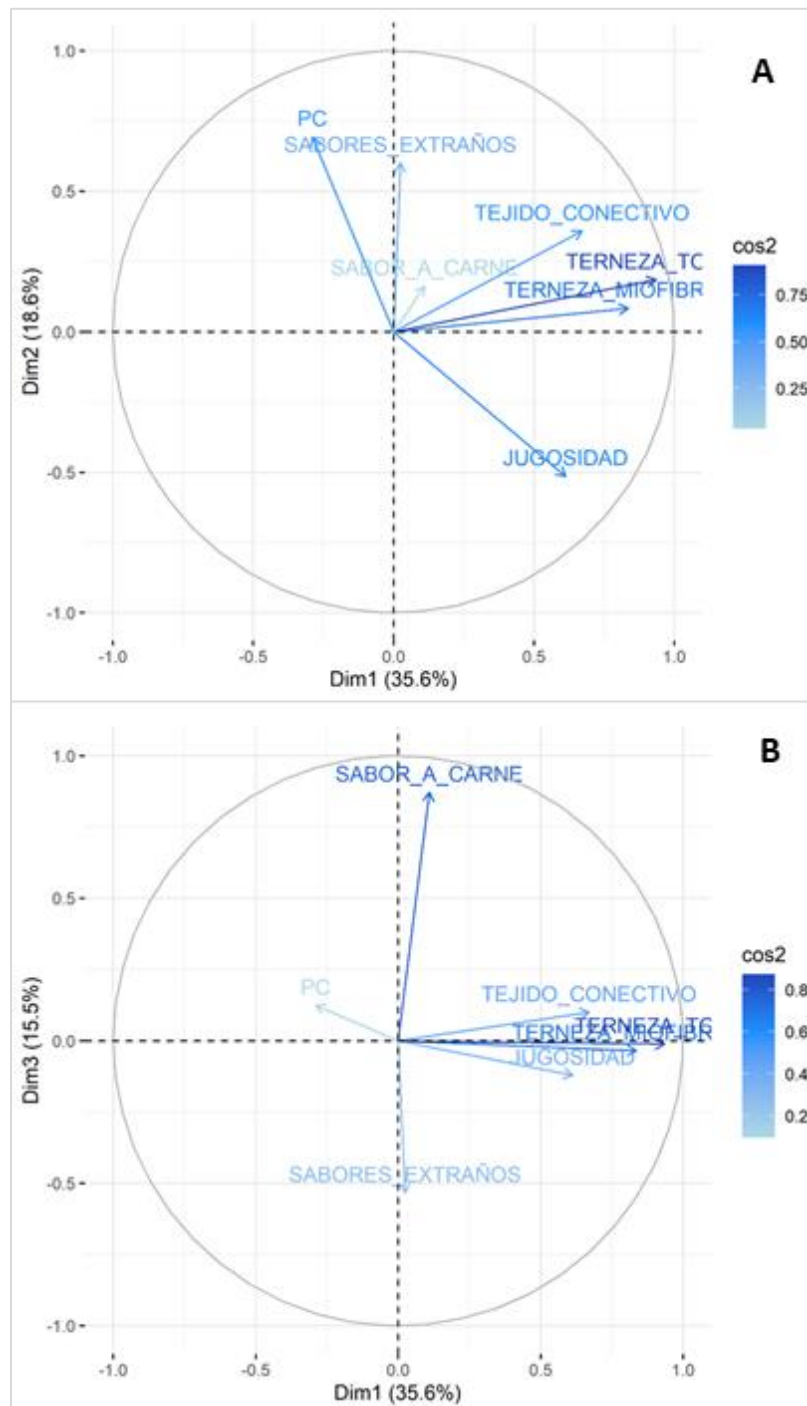


Figura 1. Evaluación sensorial de muestras de *longissimus thoracis* a 37 días de maduración en ganado BON para los componentes principales Dim1 y Dim2 (A) y Dim1 y Dim3 (B). La intensidad del color azul en las variables determina el grado de contribución a la formación del componente basado en el coseno cuadrado (\cos^2).

Fuente: Elaboración propia

La mejor puntuación de los atributos que evalúan terneza (mayor terneza y ausencia de colágeno) y su correlación, se pueden explicar por el efecto proteolítico y de resolución de *rigor mortis* favorecido por la maduración de la carne (Paredi et al., 2012). Así como también, por la mayor posibilidad de respuesta a la maduración en la carne de animales BON, debido a una mayor frecuencia alélica de genes que codifican para los paquetes enzimáticos implicados en la resolución del rigor (Koochmaraie et al., 2006; Moreno et al., 2009).

Los resultados obtenidos para PC, evidenciaron que la maduración de la carne de BON favoreció la menor disminución de jugos internos de la carne, los cuales se han relacionado con la percepción de sabor y jugosidad (Macharáčková et al., 2020). Esta condición pudo influenciar la correlación negativa observada por la evaluación sensorial, entre PC y jugosidad, indicando que las muestras con menor PC fueron calificadas como más jugosas. Esta condición favorece la posibilidad de aceptación de la carne de BON, considerando que según Drey et al. (2017), la preferencia general de la carne recibe una contribución del 49,9 % del sabor, 43,3 % de la terneza y 7,4 % de la jugosidad.

Conclusiones

La evaluación de la ganancia de peso y del rendimiento cárnico ante mortem y post mortem, comprobaron que la condición fisiológica no es un factor determinante en la productividad del ganado BON, por lo cual puede evitarse la práctica de castración, con el objeto de minimizar la manipulación quirúrgica invasiva en el animal. Sin embargo, esta consideración dependerá de otros factores como, por ejemplo, los programas de mejoramiento genético y de manejo.

Los machos BON con edades entre 30 y 36 meses obtienen mayor peso en la canal caliente, sin algún diferencial en las características de la canal comparados con el grupo de 20 a 30 meses. Esta situación requiere una valoración económica que determine el costo y beneficio de mantener por 6 meses adicionales los animales para obtener un mayor peso en la canal caliente, o tener una canal menos pesada con más ciclos de ceba por año.

La caracterización de la calidad de la carne en animales de la raza BON evidenció que, con al menos 14 días de maduración, la carne mejora en atributos de alto impacto en el consumidor como la terneza y la capacidad de retención de agua. Así mismo, se identificó que la carne de BON con 37 días de maduración se caracteriza por atributos de terneza, jugosidad y sabor, variables determinantes de la palatabilidad de la carne.

Por último, es importante resaltar que el presente trabajo es una primera aproximación a la valoración de la aptitud cárnica de la raza BON para las condiciones de Colombia. Sin embargo, se recomienda continuar con nuevas investigaciones en la medida en que crezca la población de animales de la raza BON y que avancen los programas de selección y mejora genética, dado que actualmente la raza cuenta con un número limitado de individuos que pueden condicionar los resultados. Por consiguiente, se sugiere avanzar en la evaluación de los atributos cárnicos y de calidad de la canal en ganado BON, que involucre un mayor número de animales y otros ambientes para corroborar los resultados aquí expuestos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema de Bancos de Germoplasma de la Nación colombiana para la Alimentación y la Agricultura (SBGNAA) y al proyecto “Recomendaciones tecnológicas basadas en sistemas integrados de forrajes, alimentación, salud, reproducción, genética y ambiente que permitan mejorar la competitividad de los sistemas ganaderos de carne y leche en los Valles Interandinos”.

Descargos de responsabilidad

Todos los autores participaron con aportes significativos a la investigación y declaran que no existe conflicto de intereses para el desarrollo del trabajo y publicación de esta información.

Referencias

- Amador, I., Palacios, A., & Maldonado, M. (1995). *Sistema ICTA de clasificación de canales y cortes de carne bovina*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/32113/39100_22497.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- American Meat Science Association [AMSA]. (2016). *Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat* (2nd ed.). American Meat Science Association. https://meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/amsa-sensory-and-tenderness-evaluation-guidelines/research-guide/amsa-research-guidelines-for-cookery-and-evaluation-1-02.pdf?sfvrsn=4c6b8eb3_2
- Association of Official Agricultural Chemists [AOAC]. (2000). *Official methods of analysis*. (15th ed.). AOAC Internacional.
- Ardeshiri, A., & Rose, J. M. (2018). How Australian consumers value intrinsic and extrinsic attributes of beef products. *Food Quality and Preference*, 65, 146-163. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.018>
- Astruc, T., Gatellier, P., Labas, R., Lhoutellier, V. S., & Marinova, P. (2010). Microstructural changes in m. rectus abdominis bovine muscle after heating. *Meat Science*, 85(4), 743-751. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.035>
- Atance, I., Bardaji, I., & Garate, M. R. (2004). Product differentiation in the Spanish beef industry. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing*, 16(2), 123-143. https://doi.org/10.1300/J047v16n02_08
- Banović, M., Aguiar, M., Barrerira, M., & Grunert, K. G. (2012). Impact of Product Familiarity on Beef Quality Perception. *Agribusiness*, 28(2), 157-172. <https://doi.org/10.1002/agr.21290>
- Belew, J. B., Brooks, J. C., McKenna, D. R., & Savell, J. W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64(4), 507-512. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00242-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00242-5)
- Beef Improvement Federation [BIF]. (2018). *Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs* (9th ed.). Beef Improvement Federation. https://beefimprovement.org/wp-content/uploads/2018/03/BIFGuidelinesFinal_updated0318.pdf

- Bouhrara, M., Clerjon, S., Damez, J. L., Chevarin, C., Portanguen, S., Kondjoyan, A., & Bonny, J. M. (2011). Dynamic MRI and thermal simulation to interpret deformation and water transfer in meat during heating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(4), 1229-1235. <https://doi.org/10.1021/jf103384d>
- Bureš, D., & Barton, L. (2012). Growth performance, carcass traits and meat quality of bulls and heifers slaughtered at different ages. *Czech Journal of Animal Science*, 57, 34-43. <https://doi.org/10.17221/5482-cjas>
- Camacho G., C., Estévez M., L., Gutiérrez E., J., Gómez V., M., García G., G., Rozo C., M., Ballesteros Ch., H., & Santana D, A. (2009). *Competir e innovar, la ruta de la industria bovina: agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena cárnica bovina en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Federación Colombiana de Ganaderos Fedegán; Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica; Universidad Nacional de Colombia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13110#.XmIxpbnkI2c.mendeley>
- Christensen, L., Bertram, H. C., Aaslyng, M. D., & Christensen, M. (2011). Protein denaturation and water-protein interactions as affected by low temperature long time treatment of porcine Longissimus dorsi. *Meat Science*, 88(4), 718-722. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.03.002>
- Cuetia, J. A., Posso, A. M., Hernadez, D. Y., Ariza, M. F., Muñoz, J. E., & Alvarez, L. A. (2011). Polimorfismo de los genes Calpaína, Calpastatina y Leptina en diez razas bovinas criollas mediante siete marcadores de polimorfismos de nucleótido simple (SNPs). *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 1, 191-194. http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2011/Cuetia2011_1_191_194.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2020). *Encuesta de Sacrificio de Ganado (ESAG)* [Boletín técnico]. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-de-sacrificio-de-ganado>
- De Oliveira, I., Rodrigues, P., Valadares, S., Detman, E., Fonseca, M., De Miranda, L., Souza, M., & Moreira, V. (2011). Carcass traits of Nellore, F 1 Simmental × Nellore and F 1 Angus × Nellore steers fed at maintenance or *ad libitum* with two concentrate levels in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(12), 2938-2946. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200042>
- Do Prado, I. N., Passetti, R. A. C., Rivaroli, D. C., Ornaghi, M. G., De Souza, K. A., Carvalho, C. B., Perotto, D., & Moletta, J. L. (2015). Carcass composition and cuts of bulls and steers fed with three concentrate levels in the diets. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(9), 1309-1316. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0021>
- Drey, L., Legako, J., Brooks, J., Miller, M., & O'quinn, T. (2017). The Contribution of Tenderness, Juiciness, and Flavor to Overall Consumer Beef Eating Experience. *Meat and Muscle Biology*, 1(3), 13-13. <https://www.iastatedigitalpress.com/mmb/article/id/9337/>
- Echeverri, J., Restrepo, L. F., & Mahecha, L. (2015). Calidad de la canal de bovinos enteros F1 Aberdeen Angus x Brahman y Brangus en Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 27, Artículo #19. <http://www.lrrd.org/lrrd27/1/eche27019.html>
- Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán]. (2007). *Ganadería Colombiana. Las razas*. Fedegán. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13050>

- Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán]. (2020a). *Balance y perspectivas del sector ganadero colombiano (2019-2020)*. Fedegán. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/general>
- Federación Nacional de Ganaderos [Fedegán]. (2020b). *Sector cárnico bovino colombiano competitividad e internacionalización* [Cartilla]. Fondo de estabilización de precios - Fedegán. https://static.fedegan.org.co/publicaciones/CARTILLA_EXPORTACION_CARNE.pdf
- Felderhoff, C., Lyford, C., Malaga, J., Polkinghorne, R., Brooks, C., Garmyn, A., & Miller, M. (2020). Beef quality preferences: Factors driving consumer satisfaction. *Foods*, 9(3), 1-22. <https://doi.org/10.3390/foods9030289>
- Flórez, H., León, M., Ballesteros, H., Castañeda, S., Moreno, E., Martínez, G., Torres, J., & Peña, F. (2015). Calidad de Carne de Bovinos Criollos y sus Cruces con Cebú en las condiciones de la Orinoquía Colombiana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 6, 381-387. <file:///D:/Downloads/AICA2015CalidaddeLaCarneDeBovinosCriollosEuropeosysucrucesconCebenlaOrinoquiaColombiana.pdf>
- Flórez, H., Martínez, G., Ballesteros, H., León, M., Castañeda, S., Moreno, E., Arias, L., Torres, J., Rodríguez, C., Peña, F., & Uribe, A. (2014). Rendimiento en carne de Bovinos Criollos y Europeos y sus cruces con Cebú en las condiciones de la Orinoquia Colombiana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 4, 12-15. http://www.uco.es/conbiand/aica/templatemo_110_lin_photo/articulos/2014/Trabajo041_AICA2014.pdf
- Giulianna, M., Faria, M. H., Roça, R. O., Santos, C. T., Suman, S. P., Faitarone, A. B. G., Delbem, N. L., Girao, L. V., Homem, J. M., Barbosa, E. K., Su, L. S., Resende, F. D., Siqueira, G. R., Moreira, A. D., & Savian, T. V. (2013). Immunocastration improves carcass traits and beef color attributes in Nellore and Nellore×Aberdeen Angus crossbred animals finished in feedlot. *Meat Science*, 96(2), 884-891. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.030>
- González, R., Sánchez, M. S., Bolívar, D. M., Chirinda, N., Arango, J., Pantévez, H. A., Correa, G., & Barahona, R. (2019). Technical and environmental characterization of Colombian beef cattle-fattening farms, with a focus on farm size and ways of improving production. *Outlook on Agriculture*, 49(2), 153-162. <https://doi.org/10.1177/0030727019884336>
- Hernández, G. (1981). Las Razas Criollas colombianas para la producción de carne. En B. Müller-Haye & J. Gelman (Eds.), *Recursos genéticos animales en América Latina*. FAO. <http://www.fao.org/3/ah223s/AH223S00.htm#TOC>
- Holdridge, L. R. (Leslie R. (1971). *Forest environments in tropical life zones; a pilot study* (1st ed.). Pergamon Press. <https://searchworks.stanford.edu/view/609670>
- Jiménez, A., Manrique, C., & Martínez, A. (2010). Parámetros y valores genéticos para características de composición corporal, área de ojo del lomo y grasa dorsal medidos mediante ultrasonido en la raza Brahman. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 57(3), 178-190. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remevez/article/view/18236>
- Kim, J. H., Kim, T. K., Shin, D. M., Kim, H. W., Kim, Y. B., & Choi, Y. S. (2020). Comparative effects of dry-aging and wet-aging on physicochemical properties and digestibility of Hanwoo beef. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(3), 501-505. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0031>

- Koohmaraie, M., & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34-43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Li, C. B., Zhou, G. H., & Xu, X. L. (2010). Dynamical changes of beef intramuscular connective tissue and muscle fiber during heating and their effects on beef shear force. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 521-527. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0117-3>
- Loftus, R. T., MacHugh, D. E., Bradley, D. G., Sharp, P. M., & Cunningham, P. (1994). Evidence for two independent domestications of cattle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(7), 2757-2761. <https://doi.org/10.1073/pnas.91.7.2757>
- López, A., Saldarriaga, O., Arango, A., Rugeles, M., Zuluaga, F., Olivera, M., Bermúdez, N., Bedoya, G., & Ossa, J. (2001). Ganado Blanco Orejinegro (BON): una alternativa para la producción en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 14(2), 119-126. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323758/20780945>
- Macharáčková, B., Bogdanovičová, K., Ježek, F., Bednář, J., Haruštiaková, D., & Kameník, J. (2020). Cooking loss in retail beef cuts: The effect of muscle type, sex, ageing, pH, salt and cooking method. *Meat Science*, 171, Article 108270. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108270>
- Mahecha, L., Gallego, L., & Peláez, F. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 15(2), 213-225. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323816>
- Martínez, C., Manrique, C., Elzo, M., & Rodríguez, A. (2012). Additive genetic group and heterosis effects on growth and corporal composition of crossbred cattle in southern Cesar (Colombia). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25(3), 377-390. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902012000300005
- Martínez, R., Vásquez, R., Gallego, J., Gómez, Y., Moreno, F., Fernández, Tobón, J., Neira, J., Córdoba, S., Maldonado, J., Trujillo, L., Pedraza, A., M-Rocha, F., García, D., Onofre, G., Pérez, J., Cañón, J., Lucero, C., Lopera, J., & Quiceno, J. (2012). *Eficiencia productiva de la raza BON en el trópico colombiano*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13048>
- Martínez, R., Quiceno, J., Gallego, J. L., Mateus, H., Rodríguez, O., Medina, P., & Ballesteros, H. (2012). Growth performance of Blanco Orejinegro and Romosinuano bullocks on pasture. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25, 36-45. <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v25n1/v25n1a05.pdf>
- Mestra, L. I., Barragán, W. A., Medina, D. A., & Flórez, H. (2020). Evaluación técnica-económica de la frecuencia de suplementación de novillos en pastoreo en Córdoba, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 353-366. <https://doi.org/10.15517/am.v31i2.38389>
- Meyerding, S. G. H., Gentz, M., Altmann, B., & Meier, L. (2018). Beef quality labels: A combination of sensory acceptance test, stated willingness to pay, and choice-based conjoint analysis. *Appetite*, 127, 324-333. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.05.008>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2003). *Situación de los recursos zootécnicos en Colombia*. MADR. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/3952>

- Decreto 1500 de 2007. “Por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne”. Ministerio del Interior y de Justicia de la República de Colombia. <https://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2007decreto1500.pdf>
- Moreno, M. A., Gallón, A. M., Mesa, W. A., Montoya, A. E., & Cerón, M. F. (2009). Polymorphisms of calpain gene in Colombian creole cattle. *Livestock Research for Rural Development*, 21(6), 1-7. <http://www.lrrd.org/lrrd21/6/more21086.htm>
- Nogalski, Z., Pogorzelska, P., Sobczuk, M., Nogalska, A., Modzelewska, M., & Purwin, C. (2018). Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two different ages. *Italian Journal of Animal Science*, 17(2), 279-288. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1383861>
- Ocampo, R., Ramírez, J., Lopera, J., Restrepo, G., & Gallego Gil, J. (2020). Genetic diversity assessed by pedigree analysis in the Blanco Orejinegro (Bon) cattle breed population from the Colombian germplasm bank. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 36(1), 69-77. <https://doi.org/10.29393/chjaas36-4d30004>
- Papaleo, J., Goszczynski, D. E., Ripoli, M. V., Melucci, L. M., Pardo, A. M., Colatto, E., Rogberg, A., Mezzadra, C. A., Depetris, G. J., Giovambattista, G., & Villarreal, E. L. (2016). Growth, carcass and meat quality traits in beef from Angus, Hereford and cross-breed grazing steers, and their association with SNPs in genes related to fat deposition metabolism. *Meat Science*, 114, 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.018>
- Paredi, G., Raboni, S., Bendixen, E., de Almeida, A. M., & Mozzarelli, A. (2012). “Muscle to meat” molecular events and technological transformations: The proteomics insight. *Journal of Proteomics*, 75(14), 4275-4289. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2012.04.011>
- Pérez, B. (2010). *Suplementación de raciones para cebo intensivo de terneros con aceites vegetales: rendimientos productivos, calidad de la canal, de la grasa y de la carne* [Tesis de Doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. E-Prints Complutense - Repositorio Institucional de la UCM. <https://eprints.ucm.es/12661/1/T32833.pdf>
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., & R Core Team. (2018). *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models* (R package version 3.1-137) [Software]. R Development Core Team. <https://cran.r-project.org/package=nlme>
- Purchas, R. W., Burnham, D. L., & Morris, S. T. (2002). Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef *longissimus* muscle from bulls and steers. *Journal of Animal Science*, 80(12), 3211-3221. <https://doi.org/10.2527/2002.80123211x>
- Purslow, P. P., Oiseth, S., Hughes, J., & Warner, R. D. (2016). The structural basis of cooking loss in beef: Variations with temperature and ageing. *Food Research International*, 89, 739-748. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.09.010>
- Puzio, N., Purwin, C., Nogalski, Z., Białobrzewski, I., Tomczyk, Ł., & Michalski, J. P. (2019). The effects of age and gender (bull vs steer) on the feeding behavior of young beef cattle fed grass silage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(8), 1211-1218. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0698>
- R Core Team. (2017). *R: The R Project for Statistical Computing* (version 4.0.2) [Software]. R Development Core Team.

- Ramírez, E., Ocampo, R., Burgo, W., Elzo, M., Martínez, R., & Cerón, M. (2019). Estimación poligénica y genómico-poligénica para características de crecimiento en ganado Blanco Orejinegro (BON). *Livestock Research for Rural Development*, 31(3), Article #30. <http://www.lrrd.org/lrrd31/3/ceron31030.html>
- Ramírez, E., Burgos, W., Elzo, M., Martínez, R., & Cerón, M. (2020). Genetic parameters and trends for growth traits in Blanco Orejinegro cattle. *Translational Animal Science*, 4(3), Article txaa174. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa174>
- Salas, J., & Rodríguez, J. (2019). Comparación entre toretes y novillos de la raza Brahman 687 sobre el crecimiento, rendimiento y la calidad de la carne en un sistema estabulado en 688 el Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo*, 2(2), 27-40. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/agroinn/article/view/>
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M. (1997). Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days postmortem as a predictor of aged beef tenderness. *Journal of Animal Science*, 75(9), 2417-2422. <https://doi.org/10.2527/1997.7592417x>
- Stampa, E., Schipmann, C., & Hamm, U. (2020). Consumer perceptions, preferences, and behavior regarding pasture-raised livestock products: A review. *Food Quality and Preference*, 82, Article 103872. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103872>
- United States Department of Agriculture [USDA]. (2021). *Livestock and poultry: world markets and trade*. USDA Economics, Statistics and Market Information System (ESMIS). https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf
- Varela, A., Oliete, B., Portela, C., Carballo, J., Sánchez, L., & Monserrat, L. (2003). Calidad de la carne de machos enteros y castrados de raza Rubia Gallega sacrificados con 24 meses. *Archivos de Zootecnia*, 52(199), 347-358. <https://www.redalyc.org/pdf/495/49519906.pdf>
- Vásquez, R., Ballesteros, H., & Muñoz, C. (2007). Factores asociados con la calidad de la carne. I parte: la terneza de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena medio. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 60-65. https://doi.org/10.21930/rcta.vol8_num2_art:95
- Warner, R. D. (2017). The Eating Quality of Meat-IV Water-Holding Capacity and Juiciness. In F. Toldrá (Ed.), *Lawrie's Meat Science* (8th ed., pp. 419-459). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>
- Yun, Y., Lee, B., Kwon, K., Kang, S., Oh, E., & Choi, Y. M. (2020). Comparison of beef palatability characteristics between *Longissimus thoracis* and *vastus lateralis* muscles from different grades during postmortem aging. *Food Science of Animal Resources*, 40(1), 34-43. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e78>
- Zuur, A. F., Ieno, E. N. I., Walker, N. J., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-87458-6>