

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE ZOOTECNIA

Evaluación del rendimiento productivo y calidad de la canal en: Búfalos (*Bubalus bubalis*), Simbrah (F1) y Senepol x Brahman (F1), enteros y castrados, en un sistema estabulado ubicado en Guápiles, Limón.

Daniel Villegas Lemaitre

Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en
Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2018

Esta tesis fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia, de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.

_____	Director de Tesis
M.Sc. Carlos Arroyo Oquendo	Director Escuela de Zootecnia
_____	Miembro del tribunal
M.Sc. Sandra Calderón Villaplana	
_____	Miembro del tribunal
M.B.A. Juan Ignacio Herrera Muñoz	
_____	Miembro del tribunal
M.Sc. Roger Molina Coto	
_____	Miembro del tribunal
M.Sc. Fabio Blanco Rojas	
_____	Sustentante
Bach. Daniel Villegas Lemaitre	

DEDICATORIA

A Dios, por la oportunidad de estudiar, darme salud y la capacidad de seguir adelante.

A mi abuela Dyalah Castro y a mi abuelo Rafael Villegas, por darme un techo en el que nunca faltó el cariño y apoyo.

A mi padre Ignacio Villegas y a mi madre Catalina Lemaitre, por el apoyo y confianza incondicional en cada decisión de mi vida.

A mi hermano Jose y mi hermana Tatiana, quienes me acompañan en cada paso demostrando que el lazo que tenemos es más fuerte que cualquier cosa.

A mis compañeros de generación y a los que aunque no compartimos un aula son futuros colegas y nos veremos en el aula de la vida donde no se detiene el aprendizaje.

Por último a los que me acompañaron en este trabajo y que sin ellos no habría podido realizar muchos de los análisis (Keylor, Oscar Leandro, David, Grethel, Alexander, José Ángel, María José Villalobos, Mario, María José Hernández y Luis), gracias por demostrarme que la amistad puede más que un itinerario ajustado.

AGRADECIMIENTOS

Al M.Sc. Carlos Arroyo Oquendo, por la oportunidad y por ser un excelente profesor, consejero y amigo.

Don Fabio Blanco, por colaborar con el análisis estadístico, aportes y consejos oportunos al trabajo.

Juan Ignacio Herrera y Sandra Calderón Villaplana por estar pendientes del desarrollo de la tesis y excelentes consejos.

Gabriel Chinchilla en planta de cosecha Coopemontecillos S.A. por la gran atención recibida.

Fernando Camacho y Alonso Contreras en la planta piloto del CITA por toda su ayuda y apoyo.

Abel Fonseca del panel sensorial, por la amistad y toda la colaboración durante el desarrollo del proyecto.

Los profesores de la Escuela de Zootecnia, quienes son pilar de mi formación y por ende de este logro.

Águeda Serrano de Asuntos Estudiantiles, gracias por la colaboración y buenos consejos.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	5
2.1 General.....	5
2.2 Específicos.....	5
3. MARCO CONCEPTUAL.....	6
3.1 Búfalos	10
3.2 Cruces Bovinos	15
3.2.1 Simbrah (F1)	16
3.3.2 Senepol x Brahman (F1)	18
3.3 Comparación de características de la canal entre bufalinos y bovinos	20
3.4 Comparación de características de la canal entre animales enteros y castrados.....	25
3.5 Utilización del ultrasonido para evaluar las variables de calidad de la canal..	27
3.6 Fuerza de corte	30
3.7 Evaluación sensorial	31
4. MATERIALES Y METODOS	33
4.1 Procedimiento general.....	33
4.2 Desarrollo y engorde de los animales	35
4.3 Tratamientos y diseño experimental.....	33
4.4 Sacrificio y deshuese de los animales.....	37
4.5 Procedimiento la cocción y evaluación sensorial de la carne	38
4.6 Procedimiento para determinación de fuerza de corte	41
4.7 Variables medidas	42
4.8 Análisis estadístico	45
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
5.1 Pesos en pie al sacrificio	46

5.2	Pesos de las canales.....	47
5.3	Rendimientos en canal.....	49
5.4	Espesor de grasa dorsal (EGD)	51
5.5	Estimación de área de ojo de lomo (AOL).....	55
5.6	Pesos de delmónicos y de lomo anchos	58
5.7	Pesos de cueros.....	62
5.8	Pesos de cabezas	66
5.9	Pesos de fémur, espinazo y cadera	68
5.10	Fuerza de corte	73
5.10.1	Componente Racial.....	75
5.10.2	Condición sexual.....	77
5.11	Evaluación sensorial.....	77
6.	CONCLUSIONES.....	84
7.	RECOMENDACIONES	86
8.	LITERATURA CONSULTADA.....	87
9.	ANEXOS	104

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Cosecha, exportaciones, importaciones y consumo per cápita de carne de res en el periodo del 2011 al 2016 en Costa Rica.	3
2.	Costa Rica: Distribución de las cabezas de ganado vacuno según extensión de la finca. 2014.	7
3.	Costa Rica: Distribución de la carga animal en cabezas de ganado según extensión del establecimiento para fincas con tierra. 2014.	8
4.	Comportamiento de la carne de búfalo y la de vacuno.	9
5.	Principales componentes del sacrificio de búfalos de 450 kg y 500 kg.	12
6.	Medias de la composición física y de la relación entre los tejidos del canal de bufalinos por grupo genético y por madurez.	13
7.	Características cuantitativas de la canal de búfalos de diferentes grupos genéticos, sacrificados en diferentes etapas de madurez.	14
8.	Medias, desviación estándar (DS), valores de mínimo y máximo para animales vivos, canal y medidas de ultrasonido.	15
9.	Análisis químicos de carne de búfalas (Murrah x Mediterraneo), con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica. 2009.	15
10.	Parámetros de las variables de rendimiento en canal del cruce Simmental x Brahman (F1).	17
11.	Características de la canal en animales Senepol x Brahman (F1).	19
12.	Composición de carne de búfalo, ternera y pollo /100g.	22

13.	Comparación de la carne de búfalo con la de bovino.	23
14.	Contenido de minerales mg/100g de carne de búfalos y vacunos. San José, Costa Rica, 2010.	24
15.	Comparación entre especies y condición sexual de varios rendimientos de la canal.	28
16.	Comparación entre especies y condición sexual para valores de cortes y subproductos de la canal.	29
17.	Variables organolépticas entre búfalos y cebuinos	32
18.	Promedios de las tres mediciones de grasa dorsal y área de ojo de lomo (AOL) en Simbrah (F1), Senepol x Brahman (F1) y Búfalos.	34
19.	Fases de alimentación utilizadas en el desarrollo y engorde de los animales.	35
20.	Secuencia en días de panel, en que se degustó la carne de cada raza, según su condición.	36
21.	Medias (\pm error estándar) del peso al sacrificio del animal y de la canal caliente, y del porcentaje del rendimiento en canal según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores.	48
22.	Medias (\pm error estándar) del espesor de grasa dorsal (EGD), relación ancho y largo de ojo de lomo, ancho del ojo de lomo y largo del ojo de lomo según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores	54
23.	Medias (\pm error estándar) del peso de delmónicos, peso de lomo anchos en la canal, circunferencia torácica, altura de la cruz, altura de la grupa y longitud corporal, y del porcentaje de peso de cortes con respecto al peso en canal según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores.	59

24.	Estimación de correlaciones entre medidas bovino métricas y peso de lomo ancho y peso de delmónico en búfalos, Senepol x Brahman y Simbrah (F1).	62
25.	Medias (\pm error estándar) del peso de cueros y peso de cabeza, y el porcentaje de ambos con respecto a su peso total según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores	65
26.	Medias (\pm error estándar) del peso de espinazo, peso de femur y peso de cadera, y del porcentaje del peso de huesos grandes con respecto al peso total y de canal según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores	70
27.	Medias (\pm error estándar) de fuerza de corte de los lomos según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores.	76
28.	Medias (\pm error estándar) de la evaluación sensorial según raza.	78
29.	Medias (\pm error estándar) de la evaluación sensorial según condición sexual.	80
30.	Medias (\pm error estándar) de la evaluación sensorial según la combinación de ambos factores.	81
31.	Comparación de los datos de fuerza de corte (de mayor a menor) obtenida por el Warner-Bratzler y los datos de terneza (de menor a mayor) obtenidos por evaluación sensorial.	83

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Importaciones y exportaciones de productos cárnicos (Tm) 2012-2016.	2
2.	Animales de la prueba en sus corrales días previos al sacrificio: animales del corral 6 (A); Animales del corral 1 (B).	34
3.	En la planta de cosecha: Pesaje de cueros (A); Canales en cámara de frío (B); Medición de ancho y largo del ojo de lomo ancho (C).	38
4.	Lomos anchos empacados al vacío (A); Cortes transversales de 2,54 cm (1 pulgada) de grosor, efectuados en el sector central del lomo ancho (B).	39
5.	Pírex rotulados para recibir cada muestra (A); Colocación de las termocuplas en el sector central de cada pieza tanto de ancho como su largo (B); Se colocó los lomos en horno eléctrico, la muestra de carne a 15 centímetros por debajo de la resistencia (C).	40
6.	Medición de fuerza corte. Texturómetro INSTRON® modelo 1000 (A); Muestra durante el corte de la cuchilla del Warner – Bratzler (B).	42
7.	Comparación visual del AOL de cortes del <i>Longissimus dorsi</i> . A= Búfalo, B= Simbrah	56
8.	Corte de los lomos de los animales en la prueba. A) Búfalo entero, B) Búfalo castrado, C) Senepol x Brahman entero, D) Senepol x Brahman castrado, E) Simbrah castrado.	80

RESUMEN

Se cuantificó el rendimiento productivo y calidad de canal de animales enteros y castrados, en dos cruces de razas bovinas para carne (Simbrah (F1) y Senepol x Brahman (F1)), y la raza bufalina Bufalipso, bajo un sistema estabulado en el trópico húmedo. Al alcanzar un peso de 550 kg los animales se sacrificaron en la planta de cosecha de Coopemontecillos RL, donde se tomaron datos de peso al sacrificio, peso de canal caliente, rendimiento en canal, peso de cuero y cabeza. Posterior al sacrificio se determinó el espesor de grasa dorsal, y el área de ojo de lomo, se pesaron los cortes lomo ancho y delmónico, además de los huesos fémur, espinazo y cadera. Los lomos de cada animal, se enviaron al Laboratorio Análisis Sensorial del Centro de Investigación de Tecnología de Alimentos, donde de cada lomo se procedió a medir la fuerza de corte por medio de un texturómetro, también se llevó a cabo un panel sensorial para evaluar descriptores de jugosidad, terneza y sabor. Los búfalos presentaron ($p=0,0001$) menor rendimiento en canal (54,9%), mientras que los cruces bovinos no se diferenciaron entre sí (Senepol x Brahman, 60,7%) (Simbrah, 59,8%). El espesor de grasa dorsal (EGD) ($p=0,0001$) fue mayor en los bufalinos (14,7 mm) que en los bovinos (Senepol x Brahman, 8,8 mm) (Simbrah, 8,4 mm). La estimación de área de ojo de lomo (AOL) ($p=0,0018$) en ambos cruces bovinos no fue diferente (Senepol x Brahman, 103,08 cm²) (Simbrah, 105,1 cm²), pero si menor en búfalos (92,49 cm²). La condición sexual (entero o castrado) no influyó en las medidas de AOL y EGD. Los cueros ($p=0,0002$) bufalinos (68,3 kg) fueron más pesados que los cueros de los cruces bovinos (Senepol x Brahman, 56,4 kg) (Simbrah, 52,6 kg). En general la castración de los animales resultó en cueros más livianos ($p=0,0450$) (Enteros, 62,0 kg) (Castrados, 56,3 kg). Los búfalos (17,0 kg) presentaron mayor peso de cabeza ($p=0,0153$), los Senepol x Brahman (15,2 kg) un peso intermedio y Simbrah (14,2 kg) los menores pesos. El hueso fémur ($p=0,0001$) y el espinazo ($p=0,0018$) resultaron ser más livianos en los búfalos (4,7 kg y 5,0 kg) que en los bovinos (Senepol x Brahman 6,4 kg y 6,3 kg) (Simbrah 6,3 y 5,8 kg). El componente racial ($p=0,8517$), la condición sexual ($p=0,2143$) y su interacción ($p=0,1922$) no mostraron efecto en la

fuerza de corte. En la evaluación sensorial solo se encontró diferencia entre los cruces en la variable jugosidad ($p=0,0076$). Los Senepol x Brahman presentaron los valores más bajos de jugosidad (50,1) mientras los Búfalos (59,8) y Simbrah (56,0) no se diferenciaron entre sí. La condición sexual no tuvo efecto en los resultados del panel sensorial.

Palabras clave: Warner – Bratzler, Rendimiento, Carne bovina, Búfalos.

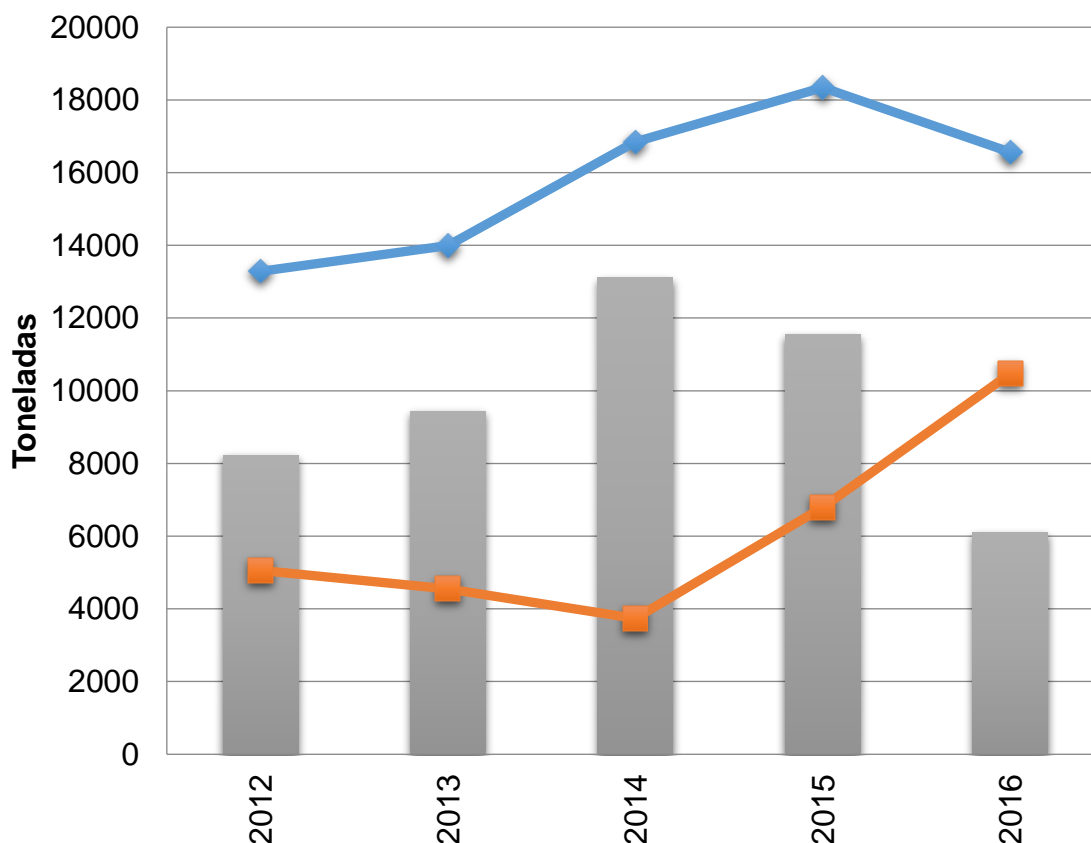
1. INTRODUCCION

El sector ganadero, por medio de razas y cruces en diferentes proporciones genéticas, ha intentado dar un paso hacia una producción más competitiva. Sin embargo, la introducción de las razas sin conocimiento previo de los resultados que se obtendrán en los climas tropicales y sin argumentos certeros de las características de las canales generadas por los cruces, impiden un crecimiento del sector al malgastar recursos actuando bajo estrategias no fundamentadas científicamente (Riaño y Sierra 2008).

Generar información objetiva y ajustada a nuestras condiciones tropicales, se torna en una herramienta de vital importancia para la toma de decisiones futuras en el sector. Con lo cual se busca el beneficio tanto del productor, la industria y del consumidor al aportar canales de mayor calidad, al posicionar mejor el mercado tanto externo como interno (Riaño y Sierra 2008).

Costa Rica manejó cerca de 21 destinos de exportación de carne de res para el 2014, de estos 7 concentraron el 87,9 % de dicho nicho. Por otra parte, las importaciones se redujeron debido al alza de los precios internacionales en ese año. A nivel nacional, en el 2015 los precios de la carne tendieron a una continua alza, a diferencia del ámbito internacional, los cuales tendieron drásticamente a la baja (Murillo 2015).

La Figura 1, muestra un incremento sustancial en las importaciones con respecto a años anteriores sin embargo, se notan valores positivos a favor de la exportación en la balanza comercial de importaciones y exportaciones en los años del 2012 al 2016.



Variable	2012	2013	2014	2015	2016
■ Balanza comercial	8,228	9,442	13,104	11,545	6,097
◆ Suma de exportaciones	13,285	13,990	16,841	18,341	16,566
■ Suma de importaciones	5,057	4,548	3,737	6,796	10,470

Figura 1. Importaciones y exportaciones de carne bovina (Tm) 2012-2016.
Fuente: CORFOGA (2017)

Según Murillo (2015) el consumo de carne de res se vio modificado en el 2015 en función de tres aristas importantes, el incremento de producción asociado a una mayor cosecha (+0,7%), el crecimiento poblacional (+1,3%) y el incremento en el superávit comercial (+ 49,2%), este último como único factor negativo.

Rojas (2017a) reportó un sacrificio de animales en el 2016 de 317.027 cabezas, mientras que para el 2015 fue de 356.462. Esto se traduce en una disminución de la cosecha de +11,1%.

Mientras que según los datos expuestos por Rojas (2016), para el 2016 el acumulado en la cosecha de enero a julio fue de 187.862 cabezas para un aumento del 3,15% de un año al siguiente. Datos recientes para fechas similares de Rojas (2017b) reportan un acumulado en la cosecha de enero a julio de 193.971 cabezas para el año 2017.

El Cuadro 1, describe una disminución en la cosecha de animales y en el consumo per cápita, al mostrar el consumo per cápita y algunas variables que influyen sobre el consumo de carne de res en Costa Rica.

Cuadro 1. Cosecha, exportaciones, importaciones y consumo per cápita de carne de res en el periodo del 2011 al 2016 en Costa Rica.

Variable	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Total de cosecha (Tm)	96,050	88,364	85,033	88,196	81,986	72,954
Exportaciones (Tm)	15,349	13,285	13,990	18,185	18,341	16,566
Importaciones (Tm)	4,618	5,057	4,548	4,150	6,796	10,470
Consumo aparente (Tm)	85,319	80,136	75,591	74,160	70,441	66,857
Población	4.592.000	4.652.000	4.713.000	4.773.000	4.832.000	4.890.000
Consumo per cápita (kg)	18,6	17,2	16,0	15,5	14,6	13,7

Fuente: CORFOGA (2017)

Carvajal (2001) menciona la acelerada urbanización, crecimiento poblacional y económico que sufre Costa Rica, como potenciadores del consumo per cápita y por ende una demanda más agresiva de carne bovina. Sin embargo, el Cuadro 1 demuestra lo contrario a través de los años.

Ante esto la carne de búfalo tiene el potencial de colocarse mejor en el mercado nacional. De acuerdo a Mendes y De Lima (2011b), debido a la

popularidad y el valor nutricional de los productos de origen bufalino, eventualmente suplirán gran parte de la demanda de alimentos de origen animal.

Según Simón y Galloso (2011) y Angulo *et al.* (2005a), se implementó la especie bufalina con el fin de aprovechar los espacios en los que los vacunos no podían producir fácilmente y ellos sí, por su rusticidad y capacidad de aprovechar alimentos de baja calidad nutritiva al no ser tan selectivos y aprovechar la fibra. Dichas características se traducen en ganancias de pesos mayores y consecuentemente parámetros reproductivos positivos.

Los búfalos representan una alternativa de producción en aumento alrededor del mundo sin embargo, en América el conocimiento en cuanto a su calidad cárnica y rendimiento es escaso (Fundora *et al.* 2013), por lo que se debe investigar más sobre estos temas para poder forjar un criterio sólido sobre su producción en comparación a la del cebú y sus cruces en el ambiente tropical (Merle *et al.* 2004).

Gran variedad de autores demostraron las características similares entre las canales bovinas y bufalinas en diferentes variables. Sin embargo, en Costa Rica, aparte de León (2010), que determinó rendimientos en canal, realizó análisis proximales y sensoriales del lomo (*Longissimus dorsi*) de búfalas para determinar la calidad de la carne, es poco lo que se ha estudiado de su comportamiento pues son escasos los trabajos dirigidos hacia este objetivo.

2. OBJETIVOS

2.1 General

Cuantificar el rendimiento productivo y calidad de canal, en dos cruces de razas bovinas para carne (Simbrah (F1) y Senepol x Brahman (F1)) y una raza bufalina, bajo un sistema estabulado en el trópico húmedo.

2.2 Específicos

- 2.2.1 Valorar características y rendimiento de la canal completa y de cortes específicos (lomo ancho y delmónico) en animales castrados y enteros de búfalos raza Bufalipso y los cruces bovinos Simbrah (F1) y Brahman x Senepol (F1).
- 2.2.2 Evaluar características organolépticas de la carne de animales castrados y enteros de búfalos raza Bufalipso y los cruces bovinos Simbrah (F1) y Brahman x Senepol (F1) mediante evaluación de descriptores de calidad sensorial de la carne, por parte de paneles de degustación.
- 2.2.3 Cuantificar el efecto de la castración sobre la suavidad de la carne de búfalos raza Bufalipso y los cruces bovinos Simbrah (F1) y Brahman x Senepol (F1), según el método Warner-Bratzler.

3. MARCO CONCEPTUAL

El sistema comercial de producción que involucra la crianza, reproducción y etapas finales del engorde de bovinos para su consumo es llamado ganadería de carne (OIE 2012).

La ganadería bovina de carne se extiende de forma uniforme a lo largo y ancho de Costa Rica (Morales y Murillo 2015). El sistema de producción extensivo era el comúnmente encontrado en Costa Rica (Martínez 2009). Se caracteriza por contar animales con autonomía de selección de su alimento, refugio y agua, ya que se manejan en un ambiente libre y con decisión propia de desplazamiento (OIE 2012).

Usualmente son sistemas con bajo número de animales por hectárea, baja producción por animal y por hectárea, y con alimentación basada en su gran terreno con capacidad de pastoreo y uso de subproductos agrícolas. Por esta serie de propiedades, poseen una productividad baja pero también pueden tener una relación positiva con el ambiente y la conservación si es manejada adecuadamente (Bellido *et al.* 2001).

De acuerdo a Morales y Murillo (2015), el Censo Agropecuario del 2014 reveló que a través de los años los sistemas ganaderos sufrieron una serie de cambios en cuanto a la extensión de sus terrenos, ya que el 81,2% de las fincas poseen un área menor a las 50 ha y un 91,2% no superan las 100 ha.

Además un 57,2 % de las fincas poseen entre 5 a 50 ha, sin embargo el 65,8% de los animales se encuentran en fincas de entre 20 ha y 500 ha. Estos parámetros no aseguran eficiencia en la producción pues el que sea mayor la cantidad de ganado por finca no indica mayor cantidad de ganado por hectárea, como lo indica el Cuadro 2.

Cuadro 2. Costa Rica: Distribución de las cabezas de ganado vacuno según extensión de la finca. 2014.

Extensión de Finca	Total de fincas ganaderas	Cabezas de ganado	Participación Relativa	Acumulado
Total Nacional	37.171	1.278.817	100,0%	-----
Fincas con terreno alquilado	111	541	0,0%	0,0%
Menos de 1 hectárea	939	4.279	0,3%	0,4%
1 a menos de 2	1.739	9.259	0,7%	1,1%
2 a menos de 3	2065	15.338	1,2%	2,3%
3 a menos de 4	1851	15.086	1,2%	3,5%
4 a menos de 5	2196	20.265	1,6%	5,1%
5 a menos de 10	7205	89.838	7,0%	12,1%
10 a menos de 20	6692	131.470	10,3%	22,4
20 a menos de 50	7382	248.283	19,4%	41,8%
50 a menos de 100	3709	221.129	17,3%	59,1%
100 a menos de 200	1835	178.544	14,0%	73,0%
200 a menos de 500	1093	193.465	15,1%	88,2%
500 y más	354	151.320	11,8%	100,0%

Fuente: INEC (2015)

Según el censo realizado en el 2014, el número de fincas ganaderas es 37.171 y reporta 1.278.817 cabezas de ganado. Sin embargo son 26.489 fincas las que tienen la ganadería como actividad principal. A la ganadería de carne le corresponde un 42,1% del hato a nivel nacional (INEC 2015).

De acuerdo a Morales y Murillo (2015), conforme aumenta el tamaño de la finca en Costa Rica disminuye la media de cabezas de ganado por hectárea, afectando la carga animal. Al analizar los datos por intervalos de tenencia de la tierra y extensión de las fincas, es posible calcular promedios e intervalos de carga animal ajustados al tamaño de las fincas como se denota en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Distribución de la carga animal en cabezas de ganado según extensión del establecimiento para fincas con tierra. Costa Rica, 2014

Extensión del establecimiento (ha)	Cabezas por finca	Máximo/ha	Mínimo/ha	Promedio/ha
Menos de 1 hectárea	4,6	NA	4,6	9,1
1 a menos de 2	5,3	5,3	2,7	3,5
2 a menos de 3	7,4	3,7	2,5	3,0
3 a menos de 4	8,2	2,7	2,0	2,3
4 a menos de 5	9,2	2,3	1,8	2,1
5 a menos de 10	12,5	2,5	1,2	1,7
10 a menos de 20	19,6	2,0	1,0	1,3
20 a menos de 50	33,6	1,7	0,7	1,0
50 a menos de 100	59,6	1,2	0,6	0,8
100 a menos de 200	97,3	1,0	0,5	0,6
200 a menos de 500	177,0	0,9	0,4	0,5
500 y más	427,5	0,9	NA	NA

Fuente: Morales y Murillo (2015)

Actualmente el mayor reto para la producción cárnica a nivel mundial es el manejo sanitario y las exigencias que demandará el mercado en torno a la aplicación de hormonas, antibióticos, medidas de bienestar animal, protección del medio ambiente y uso de organismos genéticamente modificados (Medina 2009).

Sin embargo existen características de la carne bovina que pueden incrementar el consumo de su carne en los próximos años. La carne bovina posee una buena cantidad de isómeros de ácido linoleico, en específico de ácido linoleico conjugado el cual actúa como un factor anticancerígeno, además de otras propiedades nutritivas como proteína de alto valor biológico (presencia de amino ácidos esenciales), vitaminas y minerales (Carvajal 2001).

Según la Asociación de Criadores de Búfalo Brasileños (1999), las propiedades organolépticas y físico-químicas de la carne de búfalo y bovino difieren solo en algunos aspectos como lo muestra el Cuadro 4. Aunado a esto, la carne de

búfalo es calificada como saludable y de un alto valor nutritivo por parte de León (2010).

Conforme aumenta la edad del animal se modificada la composición físico-química y de tejido, además de la calidad de la canal de los animales. La raza tiene efecto sobre las características de la canal (peso, conformación, grasa presente y composición física), además de que el rendimiento de la canal puede ser relacionada con el grado de músculo en casos poco engrasados (Riaño y Sierra 2008).

Cuadro 4. Comportamiento de la carne de búfalo y la de vacuno.

	Búfalos	Bovinos
Calorías (kcal).	131,00	289,00
Proteína (N.6.25)	26,83	24,07
Total lípidos (gr).	1,80	20,69
Ácidos Grasos.		
Mono- saturados (gr).	0,53	9,06
Poli-saturados (gr).	0,36	0,77
Colesterol (mg).	61,00	90,00
Minerales UI	641,80	583,70
Vitaminas	20,95	18,52

Fuente: Asociación de Criadores de Búfalo Brasileños (ABCB) (1999).

La canal es toda parte anatómica restante seguida de un proceso en el que se insensibiliza, sacrifica, eviscera y se cortan manos, patas, cola y cabeza (Guardiola 2006). El rendimiento de los animales cosechados según Gonzáles (2013) se divide en rendimiento en canal y rendimiento carnicero. Siendo el primero el resultado de dividir el peso de la canal entre el peso vivo expresado en porcentaje y el segundo porcentaje de carne, hueso y grasa que se obtiene de la canal.

Mediante el mejoramiento de los programas genéticos y de engorde se logran alcanzar mayores rendimientos de canal, al reducir la proporción de subproductos de bajo interés comercial (vísceras, patas, cola, cuero y cabeza) y aumentar los de mayor interés comercial (cortes finos), resultando en un mayor aprovechamiento del animal y por ende mejora la rentabilidad del sistema (Guardiola 2006).

En estudios realizados en Estados Unidos, se demostró que la grasa dorsal es el mejor predictor del rendimiento de cortes deshuesados (Atencio *et al.* 2007).

Luchiari (2000) menciona la relación entre el área de ojo de lomo (AOL) y el espesor de grasa dorsal (EGD) con la composición de la canal (a mayor AOL mayor porcentaje de carne en la canal y a mayor EDG mayor porcentaje de grasa en la canal). El EGD y AOL en búfalos y bovinos son considerados parámetros para evaluar la composición de la canal (Velázquez *et al.* 2016).

Estudios realizados en búfalos por Atencio *et al.* (2007), reportan un coeficiente de variación alto para el espesor de grasa (48,1%), mientras que otras variables mostraron bajos coeficientes de variación, como grasa subcutánea (27,43%), conformación de canal (30,81%) y porcentaje de grasa renal (24,52%).

El porcentaje de hueso disminuye conforme el animal acumula músculo y grasa (Riaño y Sierra 2008). A medida que el peso de la canal aumenta el rendimiento en cortes deshuesados baja y el recorte de grasa sube (Atencio *et al.* 2007).

Huerta *et al.* (1997b), indican que el rendimiento de cortes finos solo se asocia con el ancho de la pierna en bufalinos. Mide el ancho de la pierna desde el tercio proximal del muslo, tomando como referencia el borde craneal del músculo *fascia lata*, cerca de su origen hasta un punto opuesto, correspondiente a la región crural posterior incluyendo el borde caudal del músculo semitendinoso.

3.1 Búfalos

Los búfalos de agua de la raza Bufalypso (mezcla racial de animales Murrah, Surti, Jafarabadi, Nili y Bhadawari) se introdujeron a Costa Rica en 1975 con el objetivo de ofrecer una alternativa de producción para la región del Atlántico. Provenientes de Trinidad y Tobago por parte de la Junta de Administración Portuaria y Desarrollo de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA) (Rosales y Wingching-Jones 2006).

Los búfalos poseen una elevada producción cárnica de calidad, alto potencial productivo y la capacidad de mejorar la sostenibilidad de la ganadería nacional. Sin embargo a través de la historia se consideraron animales de triple propósito (trabajo, leche y carne), provocando su sacrificio al final de su vida productiva lo cual reduce sustancialmente la calidad de su carne (León 2010).

La producción bufalina tanto lechera como cárnica va en aumento conforme se avanza en la difusión de los beneficios de sus productos. Por otra parte, a pesar de sus bajos porcentajes de colesterol y ácidos grasos saturados, la falta de cultura de consumo y desconocimiento de sus beneficios se torna en su mayor barrera de establecimiento en el mercado (Medina 2009).

Según Simón y Galloso (2011), en el trópico los búfalos sobresalen frente a los bovinos en iguales condiciones. A pesar de su domesticación, todavía se sabe poco de sus requerimientos nutricionales en el trópico, por lo que se tienden a subestimar o sobreestimar según sea el caso (Mendes y De Lima 2011a).

Pérez (2007) menciona animales con pesos de 400 a 450 kg a los 2 años en pasturas naturales, y con forrajes de buena calidad alcanzan hasta los 500 kg, lo que indica una capacidad positiva de ganancias de pesos gracias a su acelerado desarrollo y aprovechamiento de la fibra lo que se traduce en más carne en menos tiempo y menor costo.

Según Paul (2011), la cantidad de grasa depositada en el organismo de los búfalos se ve afectada por la nutrición. Las canales de búfalo de 100 kg poseen entre 2-5% de grasa (Agarwal 1974), con 200 kg entre 5-8% (Prakash 1990) y con 300 kg entre 10-16% (Pathak 1996).

Peixoto *et al.* (2012) mencionan que la edad a sacrificio, la dieta y la genética, entre otros factores, modifican el resultado del rendimiento del canal en búfalos. Además no reportan diferencias significativas en los pesos de cuartos delanteros, cuartos traseros ni en cortes torácicos por influencia de los niveles de forraje en la dieta. Sin embargo, dietas altas en energía se traducen en un canal más alto en grasa, tanto intramuscular como subcutánea.

Según Simón y Galloso (2011), los países con mayor desarrollo bufalino tienden a sacrificar los animales a temprana edad para aprovechar su buena conversión alimenticia y su baja acumulación de grasa, a diferencia de animales mayores, lo cual permite diferenciar su suavidad de la del cebuino (Medina 2009).

De acuerdo a Huerta *et al.* (2001), los búfalos a los 24 meses de edad poseen mayor madurez ósea y muscular, por lo que de ser seleccionados de acuerdo a la

conformación cárnica poseen el potencial de ganar mayor peso que los bovinos al ser comparados a una misma edad.

Cedrés *et al.* (2003) reportan para un peso vivo promedio de 512 kg en animales sacrificados entre 24 a 32 meses, un promedio de pesos de cuero de 59,1 kg. Además de rendimientos de 51,4% en canal fría, 18,2% de subproductos, 6,9% de vísceras verdes (intestino delgado, intestino grueso, ciego, recto, vejiga, mondongo, librillo y cuajar), 5% de vísceras rojas (hígado, bazo, pulmón, corazón, rabo, lengua, riñones, quijada, carne de cabeza, sesos, carne de lengua, serrucho, entraña, esófago y molleja) y por último 18,5% de desperdicios (ingesta, estiércol, sangre, restos de grasa más la merma del proceso).

El Cuadro 5 muestra los resultados obtenidos por Mendes (2001), al comparar el rendimiento de búfalos a distintos pesos en distintas canales.

Cuadro 5. Principales componentes del sacrificio de búfalos de 450 kg y 500 kg.

Componentes	Peso de sacrificio			
	450 kg Peso vivo		500 kg Peso vivo	
	(kg)	(%)	(kg)	(%)
Contenido gastrointestinal	54,3	13,2	74,7	14,9
Peso corporal vacío	390,7	86,8	425,3	85,1
Cabeza + Patas + Cuero	87,79	19,51	95,56	19,10
Corazón + Hígado + Bazo + Pulmones	11,09	2,46	12,08	2,42
Vísceras	21,49	4,77	23,39	4,68
Canal	222,5	49,44	247,2	50,00

Fuente: Mendes (2001)

Mendes *et al.* (2003) compararon tres razas de búfalo en composición física y relación de tejidos. Destacando a la raza Jafarabadi por su mayor porcentaje de hueso, el cual se ve reflejado en la relación tejido muscular/ óseo como se aprecia en el Cuadro 6. De igual forma se destacan los animales con 500 kg de peso al sacrificio con un menor porcentaje de huesos con respecto a su peso, afectando los valores en la relación entre tejidos.

Cuadro 6. Medias de la composición física y de la relación entre los tejidos del canal de bufalinos por grupo genético y por madurez.

Tejido	Grupo Genético		
	Murrah	Jafarabadi	Mediterráneo
Músculo	55,61 ± 1,60 ^a	54,61± 1,60 ^a	55,60± 1,60 ^a
Grasa	29,16 ± 1,63 ^a	28,60± 1,63 ^a	29,65 ± 1,63 ^a
Hueso	15,23± 0,44 ^b	16,79 ± 0,44 ^a	14,75 ± 0,44 ^b
Relación entre tejidos			
Tejido suave/óseo	5,56 ± 0,19 ^{ab}	4,96 ± 0,19 ^b	5,78± 0,19 ^a
Tejido muscular/ óseo	3,65 ± 0,15 ^{ab}	3,35 ± 0,15 ^b	3,77± 0,15 ^a
Tejido adiposo/óseo	1,91± 0,13 ^a	1,70± 0,13 ^a	2,01± 0,13 ^a
Tejido adiposo/muscular	0,52± 0,05 ^a	0,52± 0,05 ^a	0,53 ± 0,05 ^a
Peso al sacrificio			
Parámetros	400 kg	450 kg	500 kg
	Valores Absolutos		
Músculo	56,33 ± 1,39 ^a	54,75 ± 1,40 ^a	55,75 ± 1,39 ^a
Grasa	27,17 ± 1,41 ^a	29,12 ± 1,42 ^a	30,21 ± 1,41 ^a
Hueso	16,50 ± 0,38 ^a	16,13 ± 0,38 ^a	14,04 ± 0,38 ^b
Relación entre tejidos (%)			
Tejido suave/óseo	5,06 ± 0,16 ^b	5,20 ± 0,16 ^b	6,12 ± 0,16 ^a
Tejido muscular/ óseo	3,41 ± 0,13 ^b	3,39 ± 0,13 ^b	3,97 ± 0,13 ^a
Tejido adiposo/óseo	1,65 ± 0,11 ^b	1,80 ± 0,11 ^{ab}	2,15 ± 0,11 ^a
Tejido adiposo/muscular	0,48 ± 0,04 ^a	0,53 ± 0,04 ^a	0,54 ± 0,04 ^a

Valores seguidos por la misma letra en la misma línea, no difieren ($P>0,05$) por la prueba de Tukey

Tejidos suave = Tejido muscular + Tejido adiposo

Fuente: Mendes *et al.* (2003)

León (2010) evaluó en rendimiento en canal y la fuerza de corte de búfalas Murrah x Mediterráneo obteniendo valores de 49,45% y 3,60 kg/cm², respectivamente.

Al comparar los grupos genéticos en las variables longitud de canal, espesor de grasa subcutánea y área del ojo del lomo expresados en valores absolutos y en porcentajes del peso del cuerpo vacío no se encontraron diferencias significativas como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Características cuantitativas de la canal de búfalos de diferentes grupos genéticos, sacrificados en diferentes etapas de madurez.

Parámetros	Grupo Genético		
	Murrah	Jafarabadi	Mediterraneo
	Valores absolutos		
COMPCAR (m)	1,37± 0,01 ^a	1,38± 0,01 ^a	1,37± 0,01 ^a
EGC (mm)	3,10± 0,30 ^a	3,43± 0,30 ^a	2,84± 0,30 ^a
AOL (cm ²)	55, 34 ± 3,07 ^a	54,58± 3,07 ^a	54,01± 3,07 ^a
	% Peso del cuerpo vacío		
COMPCAR (m)	0,34± 0,003 ^a	0,34 ± 0,003 ^a	0,34± 0,003 ^a
EGC (mm)	0, 79 ± 0,07 ^a	0,83± 0,07 ^a	0,70± 0,07 ^a
AOL (cm ²)	14, 02± 0,71 ^a	13,57± 0,71 ^a	13,54± 0,71 ^a
Parámetros	Peso al sacrificio		
	400 kg	450 kg	500 kg
	Valores Absolutos		
COMPCAR (m)	1,34 ± 0,01 ^c	1,38 ± 0,01 ^b	1,41 ± 0,01 ^a
EGC (mm)	2,16 ± 0,26 ^b	2,98 ± 0,26 ^b	3,99 ± 0,26 ^a
AOL (cm ²)	47,52 ± 2,66 ^b	57,94 ± 2,66 ^a	61,40 ± 2,66 ^a
	% Peso del cuerpo vacío		
COMPCAR (m)	0,36 ± 0,002 ^a	0,34 ± 0,002 ^b	0,31 ± 0,002 ^c
EGC (mm)	0,60 ± 0,06 ^b	0,75 ± 0,06 ^{ab}	0,90 ± 0,06 ^a
AOL (cm ²)	13,11 ± 0,62 ^a	14,59 ± 0,62 ^a	13,86 ± 0,62 ^a

Medias con letras diferentes difieren significativamente al nivel de 5% por la prueba de Tukey.

COMPCAR = Largo de la canal; EGC = espesura de grasa de subcutánea; AOL = área del ojo de lomo.

Fuente: Mendes *et al.* (2003)

Sin embargo, si hay diferencia significativa, al comparar dichos parámetros en los diferentes pesos al sacrificio, reportando los valores más elevados para animales de 500 kg (Mendes *et al.* 2003).

Mendes *et al.* (2007) realizaron mediciones de distintas variables de la canal en animales de entre 426 kg y 552 kg de peso vivo, obteniendo valores más elevados que Mendes *et al.* (2003) en la mayoría de parámetros como se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Medias, desviación estándar (DS), valores de mínimo y máximo para animales vivos, canal y medidas de ultrasonido.

Características	Media (DS)	Mínimo	Máximo
Peso vivo (kg)	496,18 (38,56)	426,00	552,00
Peso de canal (kg)	246,18 (20,92)	208,50	280,50
Canal EGC (Mm)	10,37 (3,01)	5,00	18,00
Canal AOL (Cm ²)	69,46 (6,82)	56,00	81,00
EGCU (Mm)	9,92 (3,00)	5,00	17,60
AOLU (Cm ²)	66,81 (7,04)	54,85	79,53
GCP8U (Mm)	11,93 (3,18)	6,30	17,80
Cortes del canal (%)	74,60 (2,39)	63,51	76,55
Cortes del canal (kg)	183,82 (18,27)	132,42	212,49

EGC = espesura de grasa de cobertura; AOL = área del ojo de lomo; EGCU = espesura de grasa de cobertura por ultrasonido; AOLU = área del ojo de lomo por ultrasonido; GCP8U = grasa de cobertura en la P8 localizada sobre el músculo *gluteus medius* por ultrasonido.

Fuente: Mendes *et al.* (2007)

Por último, León (2010) realizó un análisis físico-químico de la carne de búfalo, los resultados se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis químicos de carne de búfalas (Murrah x Mediterraneo), con edades entre 18 y 22 meses. San José, Costa Rica. 2009.

Característica	Valores obtenidos
Humedad (%)	74,23 ± 0,99
Proteína (%)	22,53 ± 0,54
Grasa (%)	0,33 ± 0,24
Cenizas (%)	1,05 ± 0,03
Calorías (Kcal/100g de materia seca)	99,00 ± 1,60

Fuente: León (2010)

3.2 Cruces Bovinos

El cruzamiento de razas es una estrategia utilizada para el mejoramiento productivo animal, lo que busca es una progenie con mayor desempeño (heterosis) que los padres, sobresaliendo más entre mayor distancia genética tengan los cruzados por ejemplo, los cruces *Bos taurus* x *Bos indicus* (Constanza y Montoya 2010).

En el trópico, la productividad aumenta en los sistemas de carne al aprovechar del *Bos taurus* las características productivas y reproductivas y del *Bos indicus* la rusticidad y adaptabilidad. Por lo tanto es una herramienta utilizada en beneficio de características como precocidad, acabado y rendimiento cárnico, siendo así una opción para maximizar la producción cárnica. Siempre y cuando los cruces no se acerquen demasiado a los $\frac{3}{4}$ *Bos taurus* pues se compromete la adaptabilidad de los animales al clima tropical (Córdova *et al.* 2005).

Según Riaño y Sierra (2008) las razas tienen una influencia directa entre las variables rendimiento de canal caliente, rendimiento de grasa sobre peso de canal fría, rendimiento de grasa sobre peso vivo y rendimiento de hueso sobre peso vivo. Sin embargo, las variables rendimiento de carne sobre el peso de la canal fría, rendimiento de hueso sobre el peso de la canal fría y rendimiento de carne sobre peso vivo no se ven influenciadas por las razas o cruces.

El desarrollo acelerado de los tejidos desde edades tempranas se ve afectado por la raza, por lo que se busca a una edad cronológica en la que los cortes se encuentren a una madurez paralela entre ellos, esto se logra a través de mejoramiento genético (Riaño y Sierra 2008).

3.2.1 Simbrah (F1)

Se puede establecer la raza sintética Simbrah al cruzar Brahman x Simmental, en una proporción de $\frac{5}{8}$ Simmental y $\frac{3}{8}$ Brahman. Con rápido crecimiento, precocidad sexual, tolerancia al calor, buen rendimiento y calidad de canal (Constanza y Montoya 2010).

La raza Simmental tiene su origen en el valle de Simme ubicado en Berner Oberland, Suiza. Al cruzar esta raza con la raza Brahman da como resultado animales eficientes en producción lechera sin perder su capacidad genética de proveer crías productoras de carne en sistemas a base de pasto sin suplementación (Manzanares *et al.* 2015).

La implementación de los genes de la raza Brahman se complementan exitosamente con los de raza Simmental generando un vigor híbrido positivo con la rusticidad, adaptación y resistencia típica de los cebús con las características de las

razas europeas que transmiten precocidad, acabado y rendimiento cárnico, aumentando hasta un 25 % comparado con animales puros (Riaño y Sierra 2008).

Gómez (2012) reporta para el cruce Simmental x Brahman (F1) un rendimiento en canal del 54 %. Riaño y Sierra (2008), reportan en cruces Brahman x Simmental en las diferentes proporciones genéticas un mejor rendimiento al compararlos con otros cruces de diversas razas en las variables bovinométricas (longitud de canal, longitud de pierna, perímetro de piernas, índices de compacidad e índice proporcionalidad).

El Cuadro 10, muestra los resultados obtenidos por Riaño y Sierra (2008) en diferentes variables de la canal, entre ellos rendimientos presentados en porcentaje con respecto a la canal y kilogramos, además de medidas de longitud asociadas a la canal.

Cuadro 10. Parámetros de las variables de rendimiento en canal del cruce Simmental x Brahman (F1).

Parámetro	Valor
Peso Vivo (kg)	470
Edad (Mes)	22
Rendimiento canal en caliente (kg)	251
Rendimiento canal en caliente (%)	57,88
Rendimiento canal en frío (kg)	245
Rendimiento canal en frío (%)	56,31
Rendimiento carne en canal frío (%)	72,52
Rendimiento grasa en peso vivo (%)	3,21
Rendimiento hueso en peso vivo (%)	11,50
Total de la carne (%)	177,5
Perímetro de pierna (cm)	85
Longitud de pierna (cm)	76
Longitud de canal (cm)	129
Peso de huesos (kg)	49,83
Grasa total (kg)	13,97

Fuente: Riaño y Sierra (2008)

3.2.2 Senepol x Brahman (F1)

De acuerdo a De Oliveira *et al.* (2015), la cruce de ganado N`dama (raza *Bos taurus* representativa del Oeste de África) y Redpoll (raza *Bos taurus* inglesa de doble propósito) resulto en la raza Senepol. La raza Senepol fue introducida en el Caribe cerca de los años 1900 con el objetivo de obtener animales de buena producción, resistentes al clima y plagas propias del trópico. Aprovechándose las características productivas del Redpoll y las características adaptativas del N`dama se produjo el Senepol. Hoy en día es utilizada en lugares como Puerto Rico, Brasil, Colombia, Venezuela, Panamá y Australia pues, se considera una raza cárnica de alto potencial productivo, resistente y adaptable a las condiciones del trópico.

La raza Senepol según su taxonomía es *Bos taurus*, entre sus aptitudes apreciadas se encuentran la docilidad, habilidad materna, tamaño mediano al madurar, ausencia de cuernos, alta capacidad de pastoreo, tolerancia al calor, rusticidad, moderada resistencia a plagas, facilidad de parto y gran capacidad de producción de carnes tiernas (Cianzio 2012, Gonzales 2013 y Jerez *et al.* 2015).

Los animales que poseen proporciones genéticas de la raza Brahman tienden a tener mejor rendimiento en canal al ser comparados con las razas *Bos taurus*, esto debido a presentar un menor tamaño de su sistema digestivo en edades adultas (Jerez *et al.* 2015).

Huerta *et al.* (2004) encontraron para este cruce un área de ojo de lomo de 76,90 cm², para un peso de canal de 279,57 kg en animales con 39 a 40 meses de edad. El Warner-Bratzler requirió una fuerza de corte de 4,54 kg/cm² y al realizar un panel sensorial reportaron para jugosidad (4,82 ± 0,19), terneza de la fibra (3,50 ± 0,24), tejido conectivo (3,10 ± 0,23), terneza general (3,24 ± 0,24), intensidad del sabor (5,48 ± 0,08). Utilizaron una escala del 1 al 8 (1 valor más bajo y 8 el más alto).

El Cuadro 11, recopila los datos generados por Jerez *et al.* (2015) en las diferentes variables y porcentajes de los rendimientos en canal para el cruce de Senepol x Brahman.

Cuadro 11. Características de la canal de animales Senepol x Brahman (F1).

Característica	Valor
Edad a sacrificio (meses)	26,7 - 26,9
Peso a sacrificio (kg)	418 - 449
Peso de la canal (kg)	215,5
Espesor de grasa dorsal (mm)	1,3 ± 0,2
Área de ojo de lomo (cm ²)	60,6 ± 2,8
Fuerza de corte (kg/cm ²)	5,8
Cortes de alto valor (%)	27,88 ± 1,39
Cortes de mediano valor (%)	21,03 ± 0,96
Cortes valiosos (%)	48,91 ± 2,04
Cortes de bajo valor (%)	22,15 ± 1,13
Total de cortes vendibles (%)	70,39 ± 2,08
Porcentaje de hueso (%)	19,04 ± 0,89
Porcentaje de recortes y grasa (%)	7,79 ± 0,75

Fuente: Jerez *et al.* (2015)

González (2013) sacrificó animales de diferentes proporciones genéticas de Senepol y Brahman con un promedio de 26,8 meses de edad y entre 350 kg y 522 kg de peso vivo. Reportó que los F1 del cruce tendieron a un mayor acabado graso ($P=0,07$), sin embargo no encontró diferencias significativas para otras variables del rendimiento en canal ni el rendimiento carnicero.

El mismo autor reporta en el cruce F1, rendimiento en canal de $49,8 \pm 0,5$ %, con mayor madurez ósea, muscular y adiposa y por lo tanto total, al ser comparados con otras proporciones genéticas. Además de una reducción del área de ojo de lomo conforme aumentaba la proporción Senepol en el cruce.

En cuanto a la calidad de la carne del cruce Senepol x Brahman, la tenderización de la carne por medio de la maduración por edad, es mucho más difícil de lograr en productos provenientes de animales Brahman, por lo que al utilizar cruces con Senepol se busca aumentar la ternura de la carne (Huerta *et al.* 2004).

3.3 Comparación de características de la canal entre bufalinos y bovinos

Se desarrollaron bovinos de 160 a 200 kg y bufalinos de 200 kg a 250 kg en condiciones de pastoreo, hasta alcanzar una media de 440 kg de peso vivo, peso al que los bovinos recibieron un suplemento diferenciado (10 kg de yuca con 2% de urea) hasta alcanzar el peso a sacrificio. Los búfalos ($468,66 \pm 5,07$ kg de peso) se diferenciaron de los bovinos ($420,44 \pm 6,21$ kg de peso) en los pesos a sacrificio, sin embargo el rendimiento en canal de los bovinos fue 6,24% superior al bufalino (Merle *et al.* 2004).

Los bovinos a edad de matanza obtuvieron pesos menores que los búfalos pero con mayor rendimiento en canal (Mansutti *et al.* 2008). Los pesos de la canal de búfalos (271,52 kg) y bovinos (244,83 kg) ($P < 0,001$) de animales entre 26 y 32 meses no se diferenciaron en rendimiento en carne, cortes de primera y en cortes de segunda (Ramírez *et al.* 2010).

Al compararon animales cruzados (*Bos indicus* x *Bos taurus*), animales cebuinos (*Bos indicus*) y Búfalos. Los cebuinos (33,3 meses) necesitaron 7,8 meses más de edad para alcanzar el peso al sacrificio de 430 kg, frente a los búfalos y los bovinos cruzados (25,5 meses) ($P < 0,05$). En cuanto a la pérdida de peso de canal caliente a fría, no se encontró diferencia entre Búfalos y cruzados, pero para los Búfalos fue mayor la pérdida frente al ganado cebuino. Los datos obtenidos en cuanto a composición de grasa fueron similares en todos los animales. Obtuvieron canales más pequeñas para los búfalos que para los bovinos y menores rendimientos en canal, sin embargo reportan mayor rendimiento en carne que los vacunos (Angulo *et al.* 2005a).

Rodríguez *et al.* (2003) y Medina (2009) encontraron rendimientos en canal del búfalo menores que el del bovino por tener mayor peso de cabeza, cuero y vísceras. Mendes y De Lima (2011b) mencionan diferencias hasta de un 5% de la canal por el mismo efecto. Sin embargo afirman que los búfalos pueden superar en cortes finos a los bovinos.

Existen diferencias entre especie en cuanto al rendimiento en canal por efecto del cuero (Merle *et al.* 2004; Mendes y De Lima 2011b). De acuerdo a Al Umeri y Al Mamoori (2017), los tres estratos que dividen todo el complejo dérmico

son epidermis, dermis e hipodermis. La epidermis presenta para ambas especies un estrato córneo, estrato granuloso, estrato espinoso y estrato basal. La dermis está compuesta por una capa papilar superficial y una capa reticular profunda. La hipodermis es la capa más profunda y actúa como almacenaje de energía en forma de tejido adiposo, protege al cuerpo de influencias externas y como capa aislante térmica. (Casis *et al.* 2001; Al Umeri y Al Mamoori 2017).

La dermis es más gruesa que la epidermis debido a que presenta colágeno, fibras elásticas y reticulares del tejido conjuntivo, vasos sanguíneos, fibras nerviosas y fibras musculares lisas, además de multicapas de queratinocitos, folículos pilosos, glándulas sebáceas y glándulas sudoríparas, ya que desempeña un papel importante en la regulación de la temperatura del cuerpo (Al Umeri y Al Mamoori 2017).

Las glándulas sudoríparas cumplen un papel importante en la termorregulación, balance de agua y de iones, y remoción de sodio y otros desechos del cuerpo. Las glándulas sebáceas producen sebo, el cual es utilizado para lubricar el pelo y la piel. La distribución de los folículos pilosos está dictada desde el desarrollo fetal y no se agregan más después del nacimiento (Al Umeri y Al Mamoori 2017).

Cada pelo está íntimamente asociado a una glándula sudorípara y una glándula sebácea, los búfalos poseen en su glándula sebácea con un complejo racimo alveolar y la glándula sudorípara es ovalada con un conducto torcido, pero los bovinos en ambas glándulas su organización tisular es sencilla y simple (Groves 1989).

Finalmente el comportamiento del bufalino de revolcarse en el agua se explica por la adaptación de su piel (una compleja glándula sebácea y glándulas sudoríparas limitadas, simples y pequeñas). El sebo producido por las glándulas sebáceas actúa como barrera, antimicótico, antibacteriano y reduce la fricción entre células cercanas, funciona como aislante térmico, contribuyen en la formación de vitamina D y previenen la entrada de agua al cabello y la piel. Al tener glándulas sudoríparas simples, optan por revolcarse en el agua y así aprovechar el calor

específico del agua y la capacidad del agua para absorber una mayor cantidad de calor del cuerpo del animal (Al Umeri y Al Mamoori (2017).

Mansutti *et al.* (1997b) reportaron pesos al sacrificio de $473,0 \pm 19,7$ kg en búfalos superando significativamente a los bovinos con $420,4 \pm 35,2$ kg, además encontraron menores rendimientos (6,51% menos) en canal por parte de los búfalos al compararlos con los cebuinos ($P < 0,01$), por efecto de cuero, retículo-rumen, omaso, grasa de omento, intestino grueso y grasa de cobertura de riñón. No se encontró diferencia significativa en cabeza y patas que explique la diferencia en rendimiento. Sin embargo, en este estudio no se indica la edad a sacrificio, solamente se reporta como a la edad en la que se llegó a características de conformación cárnica satisfactorias según la especie.

Simón y Galloso (2011), no encontraron diferencias significativas en cuanto a rendimiento en canal ni composición del canal al comparar bovinos y bufalinos con edad de 24 meses. Sin embargo, Medina (2009) y Ramírez *et al.* (2010), mencionan que las canales de búfalos comparativamente con las *Bos indicus* son más cortas, adjudicándolo a la falta de selección fenotípica para conformación cárnica en búfalos a diferencia de las bovinas.

La carne de búfalo es de un alto valor nutritivo, con un bajo contenido de grasa (León 2010). Al compararon bovinos y bufalinos con igual nivel de marmoleo en canales similares en cuanto a contenidos de colesterol y grasa total. Los resultados no difieren uno del otro ($P > 0,05$) (Huerta *et al.* 1997c).

El Cuadro 12, muestra los resultados de un estudio comparativo entre especies en el cual se denota los beneficios mencionados por los autores.

Cuadro 12. Composición de carne de búfalo, ternera y pollo/100g.

Componente	Búfalo	Ternera	Pollo
Grasas (g)	3	14	7
Calorías (kcal)	120	210	167
Proteínas (g)	21	19	25

Fuente: Boquerón y Perth (2007)

La forma de negociación del búfalo como res en matadero es desventajosa por su menor rendimiento en canal frente a los bovinos (Merle *et al.* 2004). Además su tonalidad más oscura que la de bovino representa un problema a la hora de su comercialización (Medina 2009).

Según Fundora *et al.* (2013) la carne de búfalo posee bajos niveles de colesterol y de ácido grasos saturados frente a la del bovino, resultando más saludable. Posee más proteína que muchas otras carnes y no provoca alergia a aquellos que usualmente la sufren por carnes rojas.

El Cuadro 13, muestra los resultados obtenidos al comparar las carnes bovinas con las bufalinas en el cual se observa una clara ventaja en cuanto a los beneficios nutricionales de la bufalina. Sin embargo, según Almaguer (2007) las características físico-químicas no difieren significativamente de la de los bovinos.

Cuadro 13. Comparación de la carne de búfalo con bovino.

Indicador (%)	Búfalo/Bovino
Colesterol	-40
Grasa	-12
Calorías	-50
Proteína	+11
Minerales	+11

Fuente: Crudeli *et al.* (2004)

Resultados similares presenta Medina (2009) de estudios realizados en los Estados Unidos con valores de hasta 40% menos de colesterol, 55% menos calorías y 12 veces menos grasa, frente al vacuno. También menciona su contenido de Omega 3 el cual trae beneficios positivos para la salud del consumidor. Según Almaguer (2007) el contenido de colesterol se debe a que la carne de los búfalos es más magra que la de los bovinos, ya que no tienen hilos de grasa entre los músculos

Los resultados de la investigación de Merle *et al.* (2004), muestran mejores acabados y grasa más blanca en búfalos que en bovinos. Además a mayor peso, los bovinos redujeron el rendimiento en los cortes posteriores no así en búfalos. Mientras que los búfalos tienden a depositar menos grasa intramuscular que los

bovinos, al ser comparados a la misma edad (Paul 2011). En el Cuadro 14, se compara el contenido mineral de la carne de ambas especies, la carne de búfalo supera en la mayoría de minerales a la de los bovinos (León 2010).

Cuadro 14. Contenido de minerales mg/100g de carne de búfalos y vacunos. San José, Costa Rica, 2010.

Minerales (mg/100g de carne)	Búfalos	Vacunos
Potasio	313,00	373,00
Fosforo	201,45	196,00
Magnesio	22,63	22,00
Manganeso	0,027	0,014
Zinc	4,65	4,66
Cobre	0,1	0,067
Hierro	2,12	2,18
Calcio	15,00	10,00
Sodio	56,00	63,00

Fuente: León (2010)

Los índices de grasa encontrados por Huerta *et al.* (1997b), varían más que los de muscularidad, el coeficiente de variación de la totalidad de grasa recortada en búfalos fue cinco veces superior a los vacunos. Siendo de esta manera, más prometedor predecir índices de grasa en búfalos que en bovinos. Sin embargo, Merle *et al.* (2004) no encontraron diferencias significativas en grasa recortada ni proporción de hueso limpio entre especies, así como es normal encontrar diferencias entre especies en la distribución de masas musculares, por consiguiente se puede esperar que para el músculo *Longissimus dorsii* los búfalos se encuentren en desventaja en las mediciones.

Los bovinos superan a los búfalos en composición de cortes comerciales finos, y en cortes medios no hay diferencia (Mansutti *et al.* 1997a). Los búfalos a pesar de tener menor rendimiento en canal producen canales bien conformadas,

con mejor color de grasa y mejor acabado que los vacunos con influencia cebuina (Merle *et al.* 2004).

En el estudio de Huerta *et al.* (1997c), observaron cómo los búfalos obtuvieron mayor espesor de grasa dorsal (EDG) y menor muscularidad en la pierna que vacunos ($P < 0,01$). Mientras que Merle *et al.* (2004), encontraron que el área de ojo de lomo (AOL) fue más grande en vacunos que en bufalinos.

3.4 Comparación de características de la canal entre animales enteros y castrados

Existe suficiente información científica que respalde, como la ternura de la carne en animales castrados es superior a la de enteros (Huerta *et al.* 2004). La condición de castrado o entero modifica los tejidos debido a los andrógenos, estimulando el desarrollo muscular y reduciendo la grasa corporal, dando como resultado diferencias a nivel cuantitativa y cualitativa de la calidad de la carne (Sánchez 1987). Por efecto de las hormonas andrógenas los animales enteros mantienen un mejor crecimiento que los castrados, hasta llegar a la madurez sexual en cuyo caso disminuye y para los castrados se mantiene (Ashgar y Pearson 1984).

Al comparar los resultados obtenidos en búfalos, según su condición sexual de castrados o enteros, Riaño y Sierra (2008) reportan que para las variables longitud de canal ajustada y perímetro de pierna ajustada no presentaron diferencias significativas. De igual manera para las variables rendimiento canal caliente, rendimiento carne/peso canal fría, rendimiento grasa/peso canal fría, rendimiento hueso/peso vivo. Los animales enteros respondieron en ventaja para rendimiento canal fría, rendimiento carne/peso vivo, pesos de la canal fría y pesos de la canal caliente. Los animales castrados obtuvieron mejores resultados en rendimiento hueso/canal fría.

Los efectos de la castración en la composición de la carne han sido poco estudiados en búfalos, sin embargo se conoce su efecto en cuanto a composición de los tejidos y rendimiento productivo en otras especies (Fundora *et al.* 2013). Los mismos autores concluyen en su estudio que en búfalos de 615 y 630 días de edad

y 310 y 320 kg, respectivamente, no presentaron diferencias significativas entre castrados y enteros.

Los búfalos Jafarabadi sacrificados a los 24 meses, mostraron diferencias entre castrados al año y enteros en rendimiento de canal frío, de 50,3 y 49,6%, rendimiento de cuarto trasero 48,1 y 47,7%, rendimiento de cuarto delantero 37,3 y 38,2% y rendimiento de costillar 14,5 y 14,0% respectivamente (Bento *et al.* 1990).

El estudio realizado por Medina (2009), reporta valores superiores en búfalos enteros comparados a los castrados en las variables, peso vivo, peso vivo al vacío, cortes finos, canal caliente y fría, pesos de hueso, cabeza y cuero. En búfalos enteros, el peso de la canal se correlaciona moderadamente con el rendimiento de cortes deshuesados y recorte de grasa, mientras que en animales castrados solo a recorte de grasa, pero con muy baja asociación. No se encontró diferencia en los componentes físico-químicos de la carne.

Animales enteros vacunos presentaron mayor rendimiento que los enteros bufalinos, por lo que en cortes valiosos se presentó la misma tendencia (bovinos 58,52%; Búfalos 56,51%). Lo contrario sucedió al comparar dichas especies castradas, búfalos (56,01%) y bovinos (54,29%). Por último, al comparar entre especie se observó diferencia entre castrados y enteros en bovinos, pero no en bufalinos (Huerta *et al.* 1997c).

Al comparar razas cebuinas y búfalos, en condiciones castrados y enteros, los animales enteros (58,2%) mostraron mayor rendimiento en canal que los castrados (57,95%) sin diferencias significativas (Agudelo *et al.* 2007). En el cruce Senepol x Brahman (F1), Gonzales (2013) y Jerez *et al.* (2015) adjudican el aumento a la fuerza corte de las canales evaluadas a la condición sexual de animales enteros, la cual afectó de igual manera la composición adiposa. Los resultados por Huerta *et al.* (1997a), muestran diferencias en ácidos grasos en la carne de vacunos castrados (0,984g/100g) y de enteros (0,600g/100g).

En el Cuadro 15, se aprecia la comparación entre especies y entre condición sexual para variables de la canal relacionadas con los distintos rendimientos reportados por varios autores. Mientras que en el Cuadro 16, se muestran datos

asociados a cortes y subproductos de animales enteros y castrados, y de vacunos y búfalos, encontrados por varios autores en sus respectivas investigaciones.

3.5 Utilización del ultrasonido para evaluar las variables de calidad de la canal

Para permitir al sector ser más competitivo el mercado global es necesario investigar a fondo las variables de la calidad de la canal. Estimar el área de ojo de lomo (AOL), la grasa intramuscular del área de ojo de lomo (Índice de marmoleo) y el espesor de grasa dorsal (EGD), por medio de ultrasonido supone una estrategia no invasiva para la investigación en el área de la producción cárnica (Manzanares *et al.* 2015). Además permite medir la profundidad del lomo y del bíceps femoral, grasa de la cadera (P8), marmoleo (Bolívar *et al.* 2010), grasa subcutánea de cobertura y grasa de la grupa (EGP8) (Mendes y De Lima 2011a).

Las medidas de AOL con ultrasonido explican un 95% de la variación de la canal en caliente y las de EGD un 50% del rendimiento de cortes (Velázquez *et al.* 2016). Estas medidas presentan altas correlaciones con las obtenidas en el canal en bovinos, por lo que junto con el peso vivo se pueden calcular con precisión pesos de canal en caliente y rendimientos del canal (Mendes y De Lima 2011b).

Existe amplia investigación del uso del ultrasonido en bovinos, por lo cual es considerada una herramienta de rápida y buena precisión para evaluar proporción de músculo y grasa sin embargo, en búfalos en ocasiones se sobreestiman o subestiman las mediciones (Mendes y De Lima 2011a).

Cuadro 15. Comparación entre especies y condición sexual de varios rendimientos de la canal.

Parámetro	Búfalo		Vacunos		Referencias
	Enteros	Castrados	Enteros	Castrados	
Edad (Meses)	16 - 25,5	16 - 24	25,5 - 30	30	1, 3 y 6
Peso Vivo (kg)	311,9 - 468,6	275,5 - 321,2	415,7 - 420,4	450	1, 3, 6, 7 y 11
Peso canal caliente (kg)	131,4 - 266,6	136,9 - 210,4	229,5 - 290,1	--	1, 2, 3, 7, 9 y 10
Peso canal frío (kg)	127,7 - 231,1	127,2 - 140,8	255,1	--	1, 3 y 7
Rendimiento canal (%)	44,1 - 57,1	43,5	51,5 - 61,3	--	1, 3, 5, 7 y 11
Rendimiento carne (%)	68,8	--	67,6	--	1
Rendimiento carne en peso vivo (%)	--	--	41,5	40,0	8
Rendimiento carne en canal frío (%)	--	--	72,3	70,0	8
Rendimiento grasa (%)	21,7	20,6	--	--	3
Rendimiento grasa en peso vivo (%)	--	--	4,1	4,3	8
Rendimiento grasa en canal frío (%)	--	--	7,0	7,5	8
Rendimiento hueso (%)	32,6	32,6	--	--	3
Rendimiento hueso en peso vivo (%)	--	--	10,9	11,0	8
Rendimiento hueso en canal frío (%)	--	--	19,1	19,4	8
Total de carne (%)	158,7	--	172,4	--	1

1 = Angulo *et al.* (2005a), 2 = Atencio *et al.* (2007), 3 = Fundora *et al.* (2013), 4 = Huerta *et al.* (1997a), 5 = Mansutti *et al.* (1997a), 6 = Medina (2009), 7 = Merle *et al.* (2004), 8 = Riaño y Sierra (2008), 9 = Huerta *et al.* (1997b), 10 = Huerta *et al.* (1997c).

Cuadro 16. Comparación entre especies y condición sexual para valores de cortes y subproductos de la canal.

Parámetro	Búfalo		Vacuno		Referencias
	Enteros	Castrados	Enteros	Castrados	
Área de ojo de lomo (cm)	25,6 - 49,4	--	29,1 - 65,3	--	1, 4, 9 y 10
Longitud de pierna (cm)	56,7 - 70,7	--	57,10 - 73,6	72,9	1, 4, 6, 8, 9 y 10
Longitud de canal (cm)	122,3 - 127,1	121,7	126,2 - 129,5	129,5	1, 2, 4, 6, 8, 9 y 10
Patás (%)	2,1 - 2,1	--	2,2	--	7 y 11
Peso del cuero (kg)	34,5	28,0	--	--	6
Cuero (%)	9,4 - 9,4	--	8,4	--	7 y 11
Peso de la cabeza (kg)	16,8	14,7	--	--	6
Cabeza (%)	5,2	--	5,1	--	7 y 11
Grasa de cobertura (kg)	9,9	--	9,9	--	1
Espesor de grasa dorsal (cm)	0,4 - 0,9	0,7	0,1 - 0,7	--	2, 4, 7, 9 y 10
Cortes de primera (kg)	41,3	37,2	--	--	6
Cortes de primera (%)	32,1 - 39,9	32,6	31,7	--	3 y 5
Cortes de segunda (kg)	43,2	36,9	--	--	6
Cortes de segunda (%)	32,7	32,6	--	--	3
Peso de hueso (kg)	42,2	36,7	--	--	6
Hueso limpio (%)	12,4-14,9	12,1	13,6 - 14,89	--	2, 4, 5, 9, 10
Grasa recortada (%)	1,3- 6,7	7,6	5,4	--	2, 4, 9 y 10
Peso de la grasa (kg)	20,7	16,3	--	--	6

1 = Angulo *et al.* (2005a), 2 = Atencio *et al.* (2007), 3 = Fundora *et al.* (2013), 4 = Huerta *et al.* (1997a), 5= Mansutti *et al.* (1997a), 6 = Medina (2009), 7 = Merle *et al.* (2004), 8 = Riaño y Sierra (2008), 9 = Huerta *et al.* (1997b), 10 = Huerta *et al.* (1997c), 11 = Mansutti *et al.* (1997b).

3.6 Fuerza de corte

En el mercado de la carne el consumidor está dispuesto a pagar por asegurarse carne suave y jugosa, el método más económico a nivel experimental para medirlo es con el Warner-Bratzler (Dikeman *et al.* 2003). La suavidad es el parámetro más importante para la aceptación de la carne, es la más variable y menos evidente en los cortes de interés, a diferencia del sabor, color y contenido de grasa (Chacón 2005, Calkins y Sullivan 2007, López 2009, Gonzales 2013). Sin embargo, otras características de la calidad de la carne como valor nutritivo, aroma, sabor, color, jugosidad, higiene e inocuidad no se deben descuidar (López 2009).

La terneza es medida usualmente en el músculo *Longissimus dorsi*, por ser representativo de la masa cárnica total del animal en cuanto a calidad y composición (Vásquez *et al.* 2007). Fuerzas de corte tanto a nivel general como del *longissimus dorsi* de entre 2,27- 3,58 kg/cm² tienen mayor aceptación que ámbitos entre 4,08 - 5,40 kg/cm² y 5,90 – 7,45 kg/cm² (Boleman *et al.* 1997).

Alta concentración de testosterona, complejos tejidos conectivos, y la mayor actividad de la calpastatina son focos de investigación en busca del origen de la dureza de la carne, pero Jerez *et al.* (2015) consideran que no se tiene clara todavía su razón.

Un 70 % de la terneza es debido a factores externos y un 30 % por la genética del animal. El componente racial del Brahman presenta mayor secreción de calpastatina, enzima que inhibe la acción degradante de las calpainas responsables de ablandamiento del músculo postmortem (Gonzales 2013). La carne de búfalo se califica como muy suave ante una fuerza de corte promedio de 3,55 kg/cm² (Mendes y De Lima 2011b).

3.7 Evaluación Sensorial

Actualmente el mercado mundial paga mejor los cortes de carne que aseguren una adecuada combinación de color, sabor, jugosidad y terniza. Este último es sin duda alguna el de mayor relevancia en la percepción del consumidor, definido como la facilidad con la que se puede cortar o masticar una trozo de carne (Strydom *et al.* 2016).

La terniza posee una relación directa con la degradación de la fibra muscular, el estado contráctil del músculo, la cantidad de tejido conectivo y la cantidad de grasa muscular o también llamada marmoleo (Vásquez *et al.* 2007). Sin embargo en Costa Rica, los precios son manejados en términos de volumen y la terniza ha sido desplazada a un segundo plano, explicándose el aumento de carnes importadas que sí cumplen con los términos de terniza que satisfacen a parte del mercado.

El sabor se da por la interacción de más de 880 compuestos que estimulan el sabor y aroma. Entre los componentes químicos (lípidos, carbohidratos y proteínas) y la detección de los mismos por el sentido del gusto se denota el sabor de la carne (Rodríguez 2012).

La jugosidad es definida como la cantidad de líquido obtenido por el masticado inicial de la muestra de carne, asociado al contenido de humedad y de lípidos pues estos estimulan la salivación y la percepción sensorial de la jugosidad. La jugosidad de la carne es dada mayormente por la retención de líquido durante la cocción (Rodríguez 2012).

Según Calkins y Sullivan (2007), el músculo utilizado (*Longissimus dorsi*) se encuentra a un nivel intermedio entre los cortes con mayor jugosidad y los de menor jugosidad. La mayor jugosidad la presentan el *Infraspinatus*, el *Serratus ventralis* y el *Longissimus lumborum*. Los de jugosidad más baja son el *Gluteus medius*, el *Semimembranosus*, y el *Semitendinosus*.

El sabor es muy difícil de distinguir entre cebuinos y búfalos (Medina 2009). Merle *et al.* (2004) no encontraron diferencias en el sabor y jugosidad, sin embargo en terniza los búfalos presentaron mejores valores que los bovinos ($P < 0,001$). La carne de búfalo horneada superó en términos de palatabilidad a la de vacuno en estudio realizado por Huerta *et al.* (1997b), fue más fácil para Warner-Bratzler el corte y retuvo

8% más de peso que la de vacunos al ser horneada. Además, fue más tierna, más intensa en su sabor, más jugosa y con menos tejido conectivo.

El Cuadro 17 muestra la comparación de las variables organolépticas entre búfalos y cebuinos de 22 meses de edad (entre 435 y 512 kg para búfalos, y entre 375 y 494 kg para vacunos de peso al sacrificio). En escala del 1 al 8, donde el 1 es la menor calificación y 8 la mayor.

Cuadro 17. Variables organolépticas entre búfalos y cebuinos.

Variables	Búfalos	Vacunos
Resistencia al corte (kg/cm ²)	3,24 - 3,45	4,18 - 6,47
Jugosidad	4,73 - 5,38	4,49 - 4,81
Terneza de la fibra	5,13 - 5,50	3,87 - 4,63
Tejido conectivo	4,78 - 4,90	3,35 - 4,08
Terneza general	4,99 - 5,06	3,46 - 4,29
Intensidad del sabor	5,64 - 6,15	5,65 - 5,90

Escala del 1 al 8, donde el 1 es la menor calificación y 8 la mayor.

Fuente: Merle *et al.* (2004) y Huerta *et al.* (1997c).

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Procedimiento general

Este proyecto desarrolló la segunda fase del trabajo de investigación “Efecto de la castración sobre el crecimiento de los animales y la calidad de la canal in vivo y post mortem de las razas Simbrah (F1), Senepol x Brahman (F1) y Bufalipso en un sistema estabulado en Guápiles, Limón (Proyecto de investigación 739-B3-284)” en la Finca Experimental de Producción Animal de la Escuela de Zootecnia - UCR, ubicada en la Estación Experimental Diamantes, bajo convenio con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).

Para efectos de simplificar la lectura de este trabajo en ocasiones los búfalos serán referidos como otro cruce bovino más a evaluar, conociendo que el objetivo de los resultados del presente trabajo es compararlos con los bovinos y que al ser diferentes especies conllevan diferentes características propias de cada especie.

En total se estudiaron 36 animales (18 enteros (6 de cada cruce) y 18 castrados (6 de cada cruce)) los cuales fueron distribuidos en 6 corrales. En cada corral se ubicaron 2 animales de cada raza (uno entero y uno castrado) para un total de 6 animales por corral. Se castraron a los siete meses de edad. Las razas utilizadas fueron Bufalipso (*Bubalus bubalis*), Simbrah (F1) y Senepol x Brahman (F1).

4.2 Desarrollo y engorde de los animales

Los animales llegaron a la finca con una edad de entre 8 a 9 meses. Se engordaron en corrales en grupos de 6 hasta alcanzar una media de peso de 591 kg con edades entre los 18 y 19 meses de edad (Figura 2). Esta etapa se realizó en la Finca Experimental de Producción Animal, ubicada en la Estación Experimental Diamantes.

A todos los animales del ensayo se les midió el AOL y la grasa dorsal en tres ocasiones (Arroyo - Oquendo *et al.* 2016) como se muestra en el Cuadro 18.

Cuadro 18. Promedios de las tres mediciones de grasa dorsal y área de ojo de lomo (AOL) en Simbrah (F1), Senepol x Brahman (F1) y Búfalos.

Animal	24/07/2015		05/11/2015		09/02/2016	
	Grasa Dorsal mm	AOL cm ²	Grasa Dorsal mm	AOL cm ²	Grasa Dorsal mm	AOL cm ²
Simbrah (F1)	3,0	43,2	5,6	63,7	6,8	72,6
Senepol x Brahman (F1)	3,5	47,1	6,2	68,0	8,0	78,1
Búfalo	5,5	34,5	7,6	55,4	11,1	65,1

Fuente: Arroyo - Oquendo *et al.* (Datos sin publicar)



Figura 2. Animales de la prueba en sus corrales días previos al sacrificio: animales del corral 6 (A); Animales del corral 1 (B).

La alimentación de los animales se dividió en dos etapas según en el peso alcanzado, las cuales se exponen en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Fases de alimentación utilizadas en el desarrollo y engorde de los animales.

Etapa	Medias de peso	Suplemento	Forraje	Urea
Fase inicial de desarrollo	Desde el momento de llegada a la finca hasta los 280 kg de peso vivo	2 kg diarios de mezcla suplemento balanceado con cáscara de banano	Pasto picado: King Grass (<i>Penissetum purpureum</i>) a libre consumo	100 g/día/animal
Fase de engorde	280 a 591 kg de peso vivo	2,5 kg diarios de mezcla suplemento balanceado con cáscara de banano	Pasto picado: King Grass (<i>Penissetum purpureum</i>) a libre consumo	120 g/día/animal

* La fase de inicio de desarrollo contó con un periodo de adaptación de 15 días.

4.3 Tratamientos y diseño experimental

En la presente investigación se utilizaron seis tratamientos factoriales constituidos por 3 grupos raciales (Búfalos, Senepol x Brahman (F1) y Simbrah (F1)) y 2 condiciones sexuales (castrado y entero). En la fase de desarrollo se asignó de forma aleatoria un animal de cada combinación factorial, a cada corral. Un animal castrado y uno entero de cada grupo para cada corral.

La unidad experimental correspondió a cada uno de los 36 animales que se utilizaron en la presente investigación. Todos los animales fueron criados en estabulado hasta alcanzar un promedio de 591 kg, en donde 6 animales de cada cruce se castraron y los otros 6 se mantuvieron enteros, considerándose 6 tratamientos (3 razas * 2 condiciones), cada combinación factorial de tratamientos estuvo representada por 6 animales. Días previos al sacrificio de los animales falleció un búfalo castrado por lo tanto, se redujo la muestra a 35 animales.

Se llevaron a cabo 7 sesiones en las que se degustaron, de forma aleatoria y balanceada, los lomos de 5 animales. Se contó con 18 jueces que evaluaron todos los tratamientos de manera aleatoria. El orden en que se degustó la carne se presenta en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Secuencia en días de panel, en que se degustó la carne de cada raza, según su condición.

Día de degustación	Raza	Condición
1	Búfalo	No Castrado
1	Senepol x Brahman F1	No Castrado
1	Senepol x Brahman F1	Castrado
1	Simmental x Brahman F1	No Castrado
1	Simmental x Brahman F1	Castrado
2	Búfalo	No Castrado
2	Búfalo	Castrado
2	Senepol x Brahman F1	No Castrado
2	Simmental x Brahman F1	No Castrado
2	Simmental x Brahman F1	Castrado
3	Búfalo	No Castrado
3	Senepol x Brahman F1	No Castrado
3	Senepol x Brahman F1	Castrado
3	Simmental x Brahman F1	No Castrado
3	Simmental x Brahman F1	Castrado
4	Búfalo	Castrado
4	Búfalo	No Castrado
4	Senepol x Brahman F1	Castrado
4	Senepol x Brahman F1	No Castrado
4	Simmental x Brahman F1	Castrado
5	Búfalo	Castrado
5	Búfalo	No Castrado
5	Senepol x Brahman F1	Castrado
5	Simmental x Brahman F1	No Castrado
5	Simmental x Brahman F1	Castrado
6	Búfalo	Castrado
6	Búfalo	No Castrado
6	Senepol x Brahman F1	Castrado
6	Senepol x Brahman F1	No Castrado
6	Simmental x Brahman F1	No Castrado
7	Búfalo	No Castrado
7	Senepol x Brahman F1	No Castrado
7	Senepol x Brahman F1	Castrado
7	Simmental x Brahman F1	No Castrado
7	Simmental x Brahman F1	Castrado

4.4 Sacrificio y deshuese de los animales

Todos los animales se sacrificaron el mismo día por razones logísticas de la planta de cosecha de Coopemontecillos RL en Alajuela, al finalizar período de desarrollo y engorde con una media de peso de 591 kg.

Posterior al sacrificio de los animales, en los sectores rotulados como puntos de descarte de subproductos, se colocaron balanzas donde se cuantificaron pesos en kilogramos de los cueros y cabezas (Figura 3-A).

Las canales permanecieron en una cámara de frío a una temperatura de 4-5 °C por 24 horas. Para todo el proceso se contó con personal de Coopemontecillos RL asistiendo en los diferentes pesajes (Figura 3-B).

Previo al deshuese se tomó media canal fría de cada animal para determinar por medio de un calibrador digital (pie de rey) el espesor de grasa dorsal, el ancho y largo del ojo de lomo (Figura 3-C).

El cuarto de deshuese se encontraba a una temperatura aproximada de 7 °C para mantener el sistema de frío de las piezas de carne. Ahí se pesaron los cortes lomo ancho y delmónico, además de los huesos fémur, espinazo y cadera. Se cuantificaron sus pesos en kilogramos con balanzas ubicadas en puntos estratégicos del sitio.

Una vez finalizado el deshuese, se colocaron los lomos anchos y delmónicos de cada animal en bolsas empacadas al vacío, rotuladas según el consecutivo asignado en planta de cosecha, posteriormente se colocaron en cajas de cartón para ser enviadas a la Escuela de Zootecnia, de la Universidad de Costa Rica, en San Pedro de Montes de Oca.

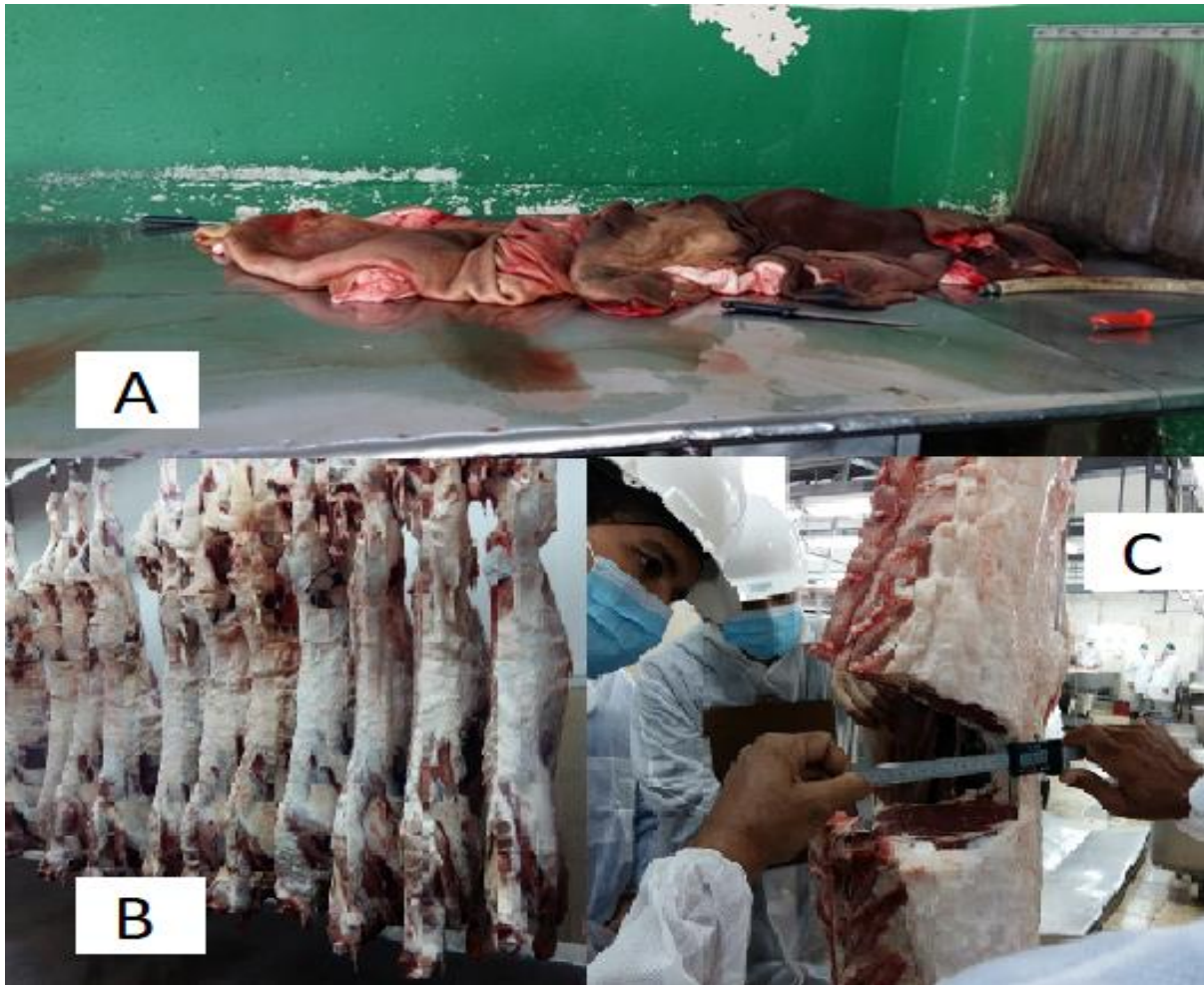


Figura 3. En la planta de cosecha: Pesaje de cueros (A); Canales en cámara de frío (B); Medición de ancho y largo del ojo de lomo ancho (C).

4.5 Procedimiento de cocción y evaluación sensorial de la carne

Se tomó directamente de la canal procesada el corte *Longissimus dorsi*, se llevó al CITA (Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos) utilizando el servicio de distribución de producto de Coopemontecillos RL y se procesó en la Planta Piloto. Según Vásquez *et al.* (2007) el corte *Longissimus dorsi* es el más representativo de la masa cárnica total del animal en cuanto a calidad y composición. Dicho músculo se asienta sobre las cuatro últimas vértebras torácicas, la extremidad proximal de la décima a la décima tercera costilla en su tercio superior y las seis vértebras lumbares a nivel de las apófisis espinosas y cresta iliaca. Su ubicación muscular se define entre

los músculos ileocostal lumbar, *Longissimus lumbar*, retractor costal, rotadores, intertransversos lumbares, transverso espinoso y multifidos.

Con la ayuda de una sierra para carne, marca Hobart Corporation[®] modelo 5212, de cada lomo en el sector central se extrajeron cortes transversales de 2,54 cm (1 pulgada) de grosor. Utilizando una selladora al vacío marca JAW FENG MACHINERY CO.[®] modelo J-V005, los filetes se empacaron al vacío en bolsas individuales rotuladas, antes de su preparación, y se almacenaron a temperatura de refrigeración (0 - 2 °C) (Figura 4).

Los cortes transversales de lomos de cada animal, se trasladaron el día anterior de la prueba al Laboratorio Análisis Sensorial del Centro de Investigación de Tecnología de Alimentos para su descongelación por 24 horas a 6 °C.



Figura 4. Lomos anchos empacados al vacío (A); Cortes transversales de 2,54 cm de grosor, en el sector central del lomo ancho (B).

Los lomos fueron cocidos en un horno de cocina eléctrico marca HOT POINT[®]. Se colocó la muestra de carne a 15 centímetros por debajo de la resistencia y mediante el uso de termocuplas en el sector central de cada pieza tanto de ancho como de su largo (una por cada filete, conectadas a un termoregistrador) se registró la temperatura interna de las muestras (Figura 5).

La cocción se realizó a 300 °C en modo “Broil” hasta que la temperatura interna llegó a los 55 °C, luego se voltearon y cuando alcanzaron una temperatura interna de 70 °C se sacaron del horno para llevar a cabo el panel sensorial y la medición de la fuerza de corte mediante un texturómetro marca INSTRON® modelo 1000 en el Laboratorio de Análisis Sensorial.

Se prepararon bandejas de pírex rotulados para recibir cada muestra. Posteriormente, el filete ya cocinado se cortó en trozos de aproximadamente una pulgada de cada lado y colocados de inmediato en otro recipiente rotulado con el mismo número, hasta obtener el número de trozos por muestra requeridos para la sesión (Figura 5).



Figura 5. Pírex rotulados para recibir cada muestra (A); Colocación de las termocuplas en el sector central de cada pieza tanto de ancho como su largo (B); Se colocó los lomos en horno eléctrico, la muestra de carne a 15 centímetros por debajo de la resistencia (C).

Se contó con 18 jueces con experiencia en evaluación sensorial de alimentos, los cuales están debidamente entrenados por el laboratorio de análisis sensorial del CITA de la Universidad de Costa Rica, para evaluar los descriptores de jugosidad, ternura y sabor de la carne.

Seguidamente se preparaban las bandejas de cada panelista la cual incluía la hoja de calificación de las muestras, los cuales evaluaron los descriptores de suavidad, sabor y jugosidad. A cada panelista se le entregó un trozo de cada lomo (de cada animal) previamente calentado por 10 segundos en un horno microondas, y una ficha de calificación que indicaba el orden de degustación de las muestras.

La instrucción al panelista era, tomar con el tenedor la muestra y hacer una primera mordida con los dientes incisivos para así calificar la suavidad de la carne y, que con las demás mordidas el panelista calificara las otras variables, se permitió el enjuague entre muestras con agua y galleta soda para limpiar la boca. La hoja de evaluación utilizada para la calificación sensorial es mostrada en el Anexo 1.

4.6 Procedimiento para determinación de fuerza de corte

En el Laboratorio de Análisis Sensorial del CITA, en la Universidad de Costa Rica (San Pedro de Montes de Oca) se dejaron reposar los cortes después de la cocción, para que disminuyera su temperatura y se procedió a cortar los bordes y extraer un mínimo de 18 muestras cilindradas de 1,27 cm de diámetro y 2,54 cm de largo, con un cilindro diseñado para tal fin, procurando que no presenten irregularidades como venas, nervios o cartílagos (Chacón 2005). A continuación, a cada muestra obtenida, se le procedió a medir la fuerza de corte por medio de un texturómetro marca INSTRON® modelo 1000, con una cuchilla de Warner Bratzler en modo “peak”, con una velocidad de cabezal de 50 mm/min, una celda de 50 kg y un rango de 10 kg/cm² (Figura 6).

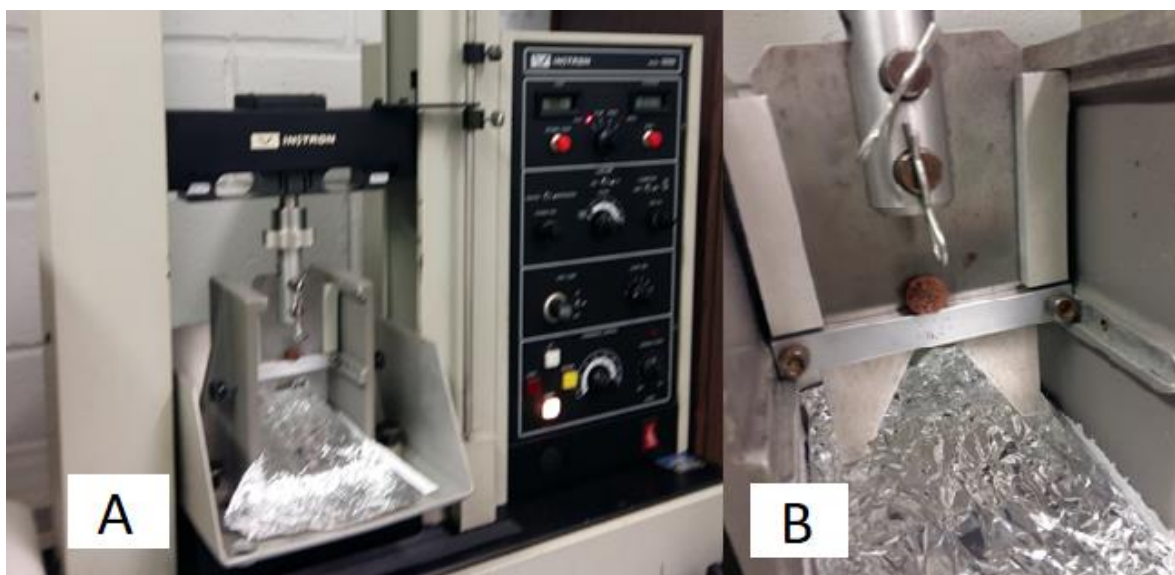


Figura 6. Medición de fuerza corte. Texturómetro INSTRON® modelo 1000 (A); Muestra durante el corte de la cuchilla del Warner – Bratzler (B).

4.7 Variables medidas

4.7.1 Rendimiento en canal caliente (Peso en pie y peso en canal)

Se pesaron los animales de forma individual en la planta de cosecha, previo al sacrificio y posterior al sacrificio se pesó cada canal caliente. Ambas medidas fueron obtenidas con una balanza en kilogramos y la variable rendimiento en canal se expresa en porcentaje del peso en canal sobre el valor inicial de peso en pie.

$$\% \text{ Rendimiento en canal caliente} = \frac{\text{Peso canal caliente}}{\text{Peso vivo}} \times 100$$

4.7.2 Peso de cabeza y cuero

Al sacrificar cada uno de los animales se separó de la canal caliente la cabeza y cuero para medir su peso individual en kilogramos por medio de una balanza.

4.7.3 Peso de cortes finos

Se escogió media canal fría de cada animal para determinar el peso de los cortes finos. Se utilizaron para el estudio el lomo ancho y el delmónico de cada animal pesados en kilogramos con una balanza. Las medidas bovinométricas (circunferencia torácica, altura de la cruz, altura de la grupa y longitud corporal) de los animales del presente ensayo se tomaron de Arroyo - Oquendo *et al.* (Datos sin publicar), y se estimó para el lomo ancho y el delmónico el coeficiente de correlación lineal (r) de Pearson.

4.7.4 Peso de huesos

Se pesaron los huesos fémur, espinazo y cadera de cada animal (en kilogramos) con una balanza.

4.7.5 Espesor de grasa dorsal

Se escogió media canal fría de cada animal para determinar el espesor de grasa dorsal. Por medio de un pie de rey digital se midió el espesor de grasa dorsal expresado como mm.

4.7.6 Área de ojo de lomo

Se escogió media canal fría de cada animal para determinar el área de ojo de lomo. No se estimó de la manera convencional del método de cuadrícula (“Grid”) ya que el pedido de las cuadrículas se retrasó más de lo anticipado, por lo tanto se utilizó un pie de rey digital y se midió el ancho y largo de ojo de lomo expresado en cm para estimar el área en cm². La fórmula utilizada fue propuesta por Arroyo – Oquendo *et al.* (2016) tras obtener un coeficiente de correlación de Pearson de 0,82 (p<0,0001) entre las mediciones de AOL medidas con ultrasonido y los resultados de dicha fórmula.

$$\text{Área de ojo de lomo} = \frac{\text{Ancho de ojo de lomo} + \text{Largo de ojo de lomo}}{2}$$

4.7.8 Descriptores sensoriales

Para la medición de las características organolépticas se utilizó la escala de intensidad en los descriptores jugosidad, sabor y ternera de la carne del CITA (Anexo 1), se construyó una escala milimétrica, con valores que van de 0 a 100, donde “0” es la intensidad de sabor, jugosidad y ternera más baja y “100” es la intensidad de sabor, jugosidad, ternera más alta. Siendo los valores más altos indicadores de una carne percibida como más suave en el caso de la ternera, mayor intensidad de sabor y mayor percepción de jugosidad.

Los panelistas degustaron cada trozo ofrecido marcando una línea sobre una escala graduada de 0 a 10 centímetros, dibujada en la ficha de calificación. La escala de intensidad de 0 a 100 indicaba la percepción del juez con respecto a la variable.

4.7.9 Ternera de la carne

Una vez cocida la carne se analizó un mínimo de 18 muestras cilindradas de 1,27 cm de diámetro y 2,54 cm de largo de cada uno de los lomos, por medio de un texturómetro marca INSTRON® modelo 1000, con una cuchilla de Warner Bratzler en modo peak, con una velocidad de cabezal de 50 mm.min⁻¹, una celda de 50 kg y un rango de 10 kg/cm².

4.8 Análisis estadístico

Modelo Estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + C_j + RC_{ij} + B_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación que corresponde a la i-ésima raza, j-ésimo tratamiento de castración y k-ésimo corral.

μ = Media general.

R_i = Efecto de la i-ésima raza.

C_j = Efecto del j-ésimo tratamiento de castración.

RC_{ij} = Efecto de la interacción de la i-ésima raza con el j-ésimo tratamiento.

B_k = Efecto del k-ésimo corral o bloque

E_{ijk} = Error experimental asociado a la observación Y_{ijk}

Por otra parte, para la comparación entre razas y el efecto de la condición castrado y no castrado se usó la prueba de DMS (diferencia mínima significativa), declarando la existencia de una diferencia significativa de $p \leq 0,05$.

Para estimar la correlación entre las medidas bovinométricas y los cortes finos, se realizó un diagrama de dispersión de los datos y posteriormente se calculó el coeficiente de correlación lineal (r) de Pearson.

Para el análisis estadístico se usó el programa Proc GLM del software SAS/STAT, versión 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 2011).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Pesos en pie al sacrificio

El peso promedio de los animales al sacrificio se muestra en el Cuadro 21. La castración no afectó el peso de los animales entre grupos raciales (interacción no significativa, $p = 0,2298$) sin embargo, se observan valores numéricamente superiores por parte de los Senepol x Brahman enteros frente a demás grupos raciales sean enteros o castrados.

Los animales Senepol x Brahman ($570,1 \pm 14,3$) fueron más pesados que los Simbrah (F1) ($518,5 \pm 14,3$) y los búfalos ($525,1 \pm 15,1$) ($p < 0,0359$). El peso de inicio del engorde afecta el peso al sacrificio. Las interacciones ambientales como edad de la madre o número de parto de madre, e inclusive razones genéticas como la habilidad materna tienen efecto sobre el peso al destete, el cual es con el que se inició la etapa de engorde y se acarrió dicho efecto sobre el peso al sacrificio (Martínez *et al.* 1998).

El crecimiento está regulado por el genotipo y las interacciones ambientales. Entre las causas genéticas que pueden tener efecto encontramos la raza del padre y de la madre (Martínez *et al.* 1998). La heterosis, en el caso de los bovinos al utilizarse cruces entre *Bos indicus* y *Bos taurus* pudo potenciar más las características adaptables al trópico para los Senepol x Brahman que en los Simbrah (F1), afectando la expresión fenotípica.

Los búfalos de la presente investigación superaron numéricamente en las medias de peso al sacrificio a los Simbrah (F1) pero no a los Senepol x Brahman. La comparación de pesos al sacrificio entre bovinos y bufalinos tiende a variar entre estudios, favoreciendo a los búfalos en algunos y en otros a los bovinos (Cuadro 16).

Los animales enteros presentaron numéricamente mayores pesos al sacrificio que los castrados (552,3 kg y 523,4 kg) pero sin diferencia significativa ($p = 0,0986$), datos congruentes con Merle *et al.* (2004), Angulo *et al.* (2005a), Medina (2009) y Fundora *et al.* (2013).

Según Galo *et al.* (2012), los machos enteros tienen mayor rendimiento en la conversión de alimento a masa muscular, debido a la síntesis de proteína en el músculo, determinada por la testosterona, siendo normal apreciar un 10 - 15% menos

de peso en animales castrados al ser comparados con los enteros. De acuerdo a Zone (2013), los animales enteros ganan peso más rápido y producen menos grasa de desperdicio. Los machos enteros al poseer testículos con células de Leydig capaces de producir testosterona, tienden a mejorar su peso por efecto mismo de la hormona de retener mayor nitrógeno en los tejidos musculares. Cabe mencionar que la castración implica una importante reducción de rendimientos productivos por acción del estrés, dolor y disminución de la concentración de hormonas anabólicas, resultado en ocasiones en animales con un buen crecimiento pero pierden fuerza en su desarrollo resultando en poca abundancia de carne.

5.2 Pesos de las canales

En el peso de las canales calientes (Cuadro 21) las condiciones raciales no se vieron afectadas por la castración (interacción no significativa, $p = 0,3334$). El peso de la canal más elevada lo presentaron los animales Senepol x Brahman y el más bajo los búfalos siendo esto congruente con los resultados de los pesos al sacrificio.

Varios autores reportaron valores de entre 220,3 kg a 266,60 kg para canales calientes en búfalos enteros y 210,4 kg en búfalos castrados (Huerta *et al.* 1997b; Huerta *et al.* 1997c; Angulo *et al.* 2005a; Atencio *et al.* 2007), datos alejados de los encontrados en la presente investigación tanto para los búfalos ($288,6 \pm 9,9$ kg) en general, como ($296,6 \pm 13,2$ kg) para los enteros y ($280,7 \pm 14,7$ kg) para los castrados.

En el caso de los Simbrah, se encontraron pesos de canal caliente ($309,9 \pm 9,3$ kg) superiores que los reportados (251 kg) por Riaño y Sierra (2008). De igual manera sucede con los Senepol x Brahman del ensayo ($346,4 \pm 9,3$) con lo encontrado (265,2 kg) por Brito (2013) y (215,5 kg) por Jerez *et al.* (2015).

Probablemente los tres resultados son en respuesta a un régimen alimenticio balanceado y crianza estabulada. Lo que interesa son los rendimientos del canal, puesto que los pesos a sacrificio siempre variarán según las condiciones ambientales y otros factores.

Cuadro 21. Medias (\pm error estándar) del peso al sacrificio del animal y de la canal caliente, y del porcentaje del rendimiento en canal según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores.

Raza	Condición Sexual	Peso (kg)		Rendimiento en Canal (%)
		Al sacrificio	Canal caliente	
Búfalos ¹	Entero	540,5 \pm 20,2	296,6 \pm 13,2	54,9 \pm 0,6
	Castrado	509,7 \pm 22,5	280,7 \pm 14,7	55,1 \pm 0,7
Senepol x Brahman ¹	Entero	602,0 \pm 20,2	367,9 \pm 13,2	61,1 \pm 0,7
	Castrado	538,3 \pm 20,2	325,0 \pm 13,2	60,2 \pm 0,7
Simbrah ¹	Entero	514,6 \pm 20,2	311,8 \pm 13,2	60,6 \pm 0,7
	Castrado	522,3 \pm 20,2	308,1 \pm 13,2	59,0 \pm 0,7
-----	Valor-p	0,2298	0,3334	0,4143
Búfalos ²	-----	525,1 \pm 15,1 ^b	288,6 \pm 9,9 ^b	54,9 \pm 0,5 ^b
Senepol x Brahman ²	-----	570,1 \pm 14,3 ^a	346,4 \pm 9,3 ^a	60,7 \pm 0,5 ^a
Simbrah ²	-----	518,5 \pm 14,3 ^b	309,9 \pm 9,3 ^b	59,8 \pm 0,5 ^a
-----	Valor-p	0,0359	0,0010	0,0001
-----	Entero ³	552,3 \pm 11,6	325,4 \pm 7,6	58,9 \pm 0,4
-----	Castrado ³	523,4 \pm 12,1	304,6 \pm 7,9	58,1 \pm 0,4
-----	Valor-p	0,0986	0,0698	0,1734

¹Medias calculadas con base a 6 animales. ²Medias calculadas con base en 12 animales.

³Medias calculadas con base a 18 animales. Letras diferentes en la misma columna dentro de un factor indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$), según la prueba.

5.3 Rendimientos en canal

El rendimiento en canal conceptualiza de una u otra forma el rendimiento cárnico que presentó el animal, o en otras palabras cuánto de su peso al ser sacrificado obtuvo en carne y cuánto resultó en subproductos que no serán aprovechados para consumo humano (Fundora 2015). Según Campos *et al.* (2016), el rendimiento en canal es un aspecto de suma importancia para la evaluación comercial de los animales, ya que es un factor determinante donde se busca que la porción de carne comerciable sea superior a la porción de tejido adiposo y óseo.

La castración no afectó el rendimiento en canal de los animales entre grupos raciales ($p = 0,4143$), ni tampoco la condición sexual a nivel general ($p = 0,1734$), caso contrario se presentó en la condición racial la cual afectó el rendimiento en canal ($p = 0,0001$) (Cuadro 21).

Existe amplia investigación que respalda el menor rendimiento de canal por parte de los bufalinos al ser comparados con los bovinos, en la presente investigación no es la excepción y se demostró estadísticamente (Cuadro 21). Esta se explica a través del pesaje de cueros, patas, cabezas, vísceras y huesos de mayor peso en búfalos que en vacunos (Huerta *et al.* 1997b; Merle *et al.* 2004; Angulo *et al.* 2005a; Atencio *et al.* 2007; Medina 2009; Fundora *et al.* 2013 Fundora 2015).

Diferencias significativas en peso de cabeza, abomaso, grasa mesentérica, cuero, vísceras rojas sin grasa, vísceras blancas sin grasa, grasa cavitaria y total de vísceras con grasa (no así en peso de patas, sangre y genitales), explican las diferencias entre (51,5%) bovinos (cebú) y (45,0%) bufalinos en rendimiento en canal y subproductos (Mansutti *et al.* 1997b). Valores alejados a los mostrados en el Cuadro 21 del presente ensayo.

Según Fundora (2015), la grasa subcutánea es responsable de gran parte de la diferencia entre búfalos y bovinos en los rendimientos en canal, el mismo autor reportó rendimientos de canal para Bufalypsos de 50,0% (62,2% músculo, 24,5% hueso y 10,2% grasa), para Carabao de 50,2% (61,6% músculo, 25,8% hueso y 10,5% grasa) y para cruces cebú sin especificar raza de 51,1% (65,0% músculo, 24,0% hueso y 8,8% grasa).

En búfalos alimentados con pastura natural con rendimiento en canal de 52,6%, se reportan rendimientos de 71,7% músculo, 21,1% hueso y 6,5% grasa (Cedrés *et al.* 2003). En el caso de bovinos con pastura natural, Rebak *et al.* (2002) reportaron rendimiento en canal de 71,1% músculo, 19,3% hueso y 4,3% grasa.

Se encontraron en búfalos alimentados con pasturas cultivadas, rendimientos de la canal de 68,9% músculo, 20,5% hueso y 10,58% grasa (Cedrés *et al.* 2003), mientras que en bovinos con un rendimiento en canal de 56,6%, se presentaron rendimientos de 68,1% músculo, 16,2% hueso y 13,0% grasa (Garriz *et al.* 1982). En el caso de búfalos en confinamiento, Nascimento y Moura (1993) reportan rendimientos de canal en 69,7% músculo, 19,5% hueso y 10,7% grasa.

El rendimiento en canal de los Simbrah (F1) y de los Senepol x Brahman se diferenciaron estadísticamente de los búfalos. Los animales Senepol x Brahman obtuvieron un mayor rendimiento numérico en canal pero no se diferenciaron de los animales Simbrah (F1) (Cuadro 21).

Los datos para los Senepol (60,67%) son superiores a lo (51,5 %) reportado por Jerez *et al.* (2015), al 53,2% reportado por Brito (2013) y al 54% reportado por Gómez (2012). Los datos de rendimiento en canal para los Simbrah (59,81%) son relativamente cercanos a los encontrados (57,88%) por Riaño y Sierra (2008). Pero menores a los encontrados por Wyatt *et al.* (2005) de 64 %.

El valor de rendimiento en canal de los búfalos (54,98%) es superior al reportado por su parte (43,54% a 44,12%) Mansutti *et al.* (1997a), Merle *et al.* (2004) y Fudora *et al.* (2013). Similares a los encontrados por León (2010) y Cedrés *et al.* (2004) (49,45%; 51,4 % respectivamente), y menores que el presentado (57,1 %) por (Angulo *et al.* (2005a). Cedrés (2004) reportó para búfalos de 522,4 kg de peso al sacrificio 51,4% de rendimiento en canal, 18,2% de subproductos, 6,9% vísceras verdes, 5,0% vísceras rojas y 18,54% de desperdicios.

En cuanto a la condición sexual, los animales enteros tienden a tener mejores valores que los castrados (más músculo, menos grasa), esto debido a la mayor cantidad de testosterona resultando en 7 a 8 % más de músculo (Zone 2013). Los animales enteros poseen menor cobertura de grasa y canales con menor cantidad de grasa que los castrados. En animales castrados a los 3 meses se encontraron

rendimientos en canal de 55,1%, castrados a los 7 meses de 55,2% y castrados a los 12 meses de 54,3%, mientras que los enteros 54,3% (Rodríguez 2012).

Animales enteros presentaron 60,5% de rendimiento en canal y 57,8% para los castrados (Cohen *et al.* 1991). La tendencia a ser mayores los rendimientos en canal de animales enteros sobre los castrados (58,2%; 57,95%) es reportada por Agudelo *et al.* (2007), lo cual se ajusta de forma leve a lo encontrado en el presente trabajo (58,9%; 58,1%).

5.4 Espesor de grasa dorsal (EGD)

La castración no afectó el EGD de los animales entre grupos raciales ($p = 0,1468$), ni tampoco la condición sexual a nivel general ($p = 0,1331$), caso contrario se presentó en la condición racial la cual afectó el EGD ($p = 0,0001$) (Cuadro 22).

Búfalos de 435 a 512 kg de peso al sacrificio reportan EGD de 4,65 mm y bovinos de 375 y 494 kg de peso al sacrificio presentan EGD de 0,79 mm (momento de sacrificio determinado por el peso vivo) (Huerta *et al.* 1997b). Mientras que Huerta *et al.* (1997c) en animales con pesos cercanos a los 500 kg, mencionan en bufalinos de 22 meses un EGD de 9,7 mm y de 3,9 mm en bovinos de 26 a 29 meses.

El estudio realizado por Merle *et al.* (2004) reportó en condiciones de sabana o potrero, búfalos de 468,6 kg con 10,4 mm de EGD y bovinos de 420,44 kg con 7,4 mm de EGD (sacrificio dictado por la conformidad cárnica deseable para los autores) los cuales son valores alejados a lo encontrado en la presente investigación (búfalos: 14 mm; bovinos: 8,4 – 8,8 mm).

Los valores de EDG encontrados para búfalos en este ensayo (14,7 mm) son mayores que los reportados por Cedrés *et al.* (2002) en animales Murrah de 29 meses con 504 a 509 kg de peso vivo entre 6 a 8 mm de EGD, 6 mm en animales mediterráneos de 32 meses con 603 kg de peso vivo y de 6 a 14 mm en cruza de estas dos razas de 32 meses con 608 a 621 kg de peso vivo. Mientras que en búfalos sin especificar modo de crianza, con pesos de 509 kg y edades entre 32 y 41 meses se reportó 4 mm de EGD (Velázquez 2016).

En este estudio se observan EGD superiores para los búfalos sobre los cruces bovinos. Lo cual no es una ventaja productiva, pues según Zone (2013), los animales con un EGD de entre 8 mm y 10 mm se les considera ideales para el comercio, ya que animales cárnicos con estos índices poseen entre 16-20% de grasa sobre el peso vivo y de esta grasa, 20% es subcutánea y un 3-6% es intramuscular. Por lo tanto, los búfalos presentan un exceso de grasa subcutánea, lo cual conlleva a una merma en el rendimiento de la canal por desperdicio de recortes de grasa, además de posibles problemas mecánicos en el procesamiento de la carne.

Son varios los autores que mencionan como una de las grandes ventajas productivas de los búfalos es su desarrollo acelerado (Merle *et al.* 2004; Angulo *et al.* 2005a; Atencio *et al.* 2007; Medina 2009; Fudora *et al.* 2013). Esto es ventajoso si se sacrifican los animales a edades tempranas, de lo contrario se torna contraproducente al aumentar su proporción de grasa en el cuerpo del animal.

Zone (2013) describe el desarrollo acelerado como la capacidad del animal de desarrollar todas las regiones y tejidos del cuerpo de manera acelerada, pero al poseer índices de desarrollo distinto en cada uno de los tejidos, solo a través de la selección genética se puede alcanzar desarrollos equitativos en todas las regiones. En animales con desarrollo acelerado el crecimiento de tejidos no primordiales como el graso, alcanza valores elevados a tempranas edades por lo tanto, el animal sin haber desarrollado completamente su estructura ósea y masa muscular, comenzará a depositar grasa.

Los cruces vacunos utilizados en el presente trabajo, tanto los Senepol x Brahman como los Simbrah, se encuentran en los valores óptimos de EGD para ser comercializados. Esto es congruente con lo conocido del componente cebuino de ambos cruces, el cual se caracteriza por un lento desarrollo al ser comparado con los *Bos taurus*. Al ser éstos un cruce, se espera un efecto de heterosis en la precocidad dando un criterio de razas mejoradas poco precoces las cuales según Zone (2013) poseen un mayor incremento diario, pero una madurez en sus tejidos retardada, lo cual resulta en animales que serán aptos comercialmente con un gran tamaño y con una distribución de tejidos aceptable.

Los animales Simbrah (F1) con un peso de canal de 309,9 kg presentaron 8,4 mm de EGD, mientras que para animales del mismo cruce con canales de 335,1 kg se reportan EGD de 9,1 mm (Christensen *et al.* 1991) y 9,40 mm de EDG sin especificar pesos de canal (Wyatt *et al.* 2005).

Los animales Senepol x Brahman reportaron valores de 8,8 mm con pesos en canal de 346,4 kg, mientras que en animales de 317,9 kg de canal se reportan EGD de 9,2 mm para Senepol puros (Wyatt *et al.* 2005). Para machos enteros de la raza Senepol, se reportan valores de EGD de 2,42 mm y 2,52 mm en edades de 18 y 30 meses con pesos al sacrificio de 327,6 y 435,1 kg respectivamente (Pineda *et al.* 2013). En el cruce Senepol x Cebú para un peso de canal de 279,57 kg en animales con 39 a 40 meses de edad un EGD de 2,50 mm (Huerta *et al.* 2004). Por último para animales de 20 meses de cruce F1 de Senepol x Nelore se encontró 8,1 mm de EGD (Brito 2013).

Los animales enteros poseen menor cobertura de grasa y canales con menor cantidad de grasa que los castrados (Rodríguez 2012). Esto no se evidenció en el Cuadro 22 pues, no se encontraron diferencias significativas entre condiciones sexuales (enteros 10,2 mm y castrados 11,2 mm). Misma situación se reporta con 2,3 mm de EDG tanto en animales enteros como en castrados a los 3, 7 y 12 meses sacrificados a los 26 meses de edad en condiciones tropicales sin especificar peso al sacrificio (Rodríguez 2012).

No se encontró diferencia entre condiciones probablemente por ser sacrificados a edades tempranas (18-19 meses), el aumento de EGD sería mucho más marcado en animales castrados conforme aumenten en edad (Zone 2013).

Cuadro 22. Medias (\pm error estándar) del espesor de grasa dorsal (EGD), relación ancho y largo de ojo de lomo (AOL), ancho del ojo de lomo y largo del ojo de lomo según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores.

Raza	Condición Sexual	Espesor de grasa dorsal (mm)	Relación ancho y largo de ojo de lomo (cm ²)*	Ancho del ojo de lomo (cm)	Largo del ojo de lomo (cm)
Búfalos ¹	Entero	14,1 \pm 0,8	94,14 \pm 3,2	54,1 \pm 3,6	134,2 \pm 3,8
	Castrado	15,4 \pm 0,9	90,84 \pm 3,6	54,9 \pm 4,0	126,8 \pm 4,2
Senepol x Brahman ¹	Entero	9,2 \pm 0,8	105,16 \pm 3,2	73,3 \pm 3,6	137,0 \pm 3,8
	Castrado	8,5 \pm 0,8	101,00 \pm 3,2	72,3 \pm 3,6	129,6 \pm 3,8
Simbrah ¹	Entero	7,2 \pm 0,8	105,89 \pm 3,2	73,6 \pm 3,6	138,2 \pm 3,8
	Castrado	9,6 \pm 0,8	104,31 \pm 3,2	72,9 \pm 3,6	135,7 \pm 3,8
-----	Valor-p	0,1468	0,9206	0,9688	0,7698
Búfalos ²	-----	14,7 \pm 0,6 ^a	92,49 \pm 2,4 ^b	54,5 \pm 2,7 ^a	130,5 \pm 2,8
Senepol x Brahman ²	-----	8,8 \pm 0,5 ^b	103,08 \pm 2,3 ^a	72,8 \pm 2,5 ^b	133,3 \pm 2,7
Simbrah ²	-----	8,4 \pm 0,5 ^b	105,10 \pm 2,3 ^a	73,2 \pm 2,5 ^b	136,9 \pm 2,7
-----	Valor-p	0,0001	0,0018	0,0001	0,2709
-----	Entero ³	10,2 \pm 0,4	101,73 \pm 1,8	67,0 \pm 2,1	136,5 \pm 2,2
-----	Castrado ³	11,2 \pm 0,5	98,72 \pm 1,9	66,7 \pm 2,1	130,7 \pm 2,3
-----	Valor-p	0,1331	0,2697	0,9377	0,0798

¹Medias calculadas con base a 6 animales. ²Medias calculadas con base en 12 animales. ³Medias calculadas con base a 18 animales. Letras diferentes en la misma columna dentro de un factor indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$), según la prueba*
 Área de ojo de lomo = (Ancho de ojo de lomo + Largo de ojo de lomo) / 2

5.5 Estimación de Área de Ojo de Lomo (AOL)

Según Campos *et al.* (2016), el crecimiento de los animales sucede de forma diferenciada, iniciando por la cabeza, luego la región lumbar, seguidas las extremidades y por último el tronco, específicamente los músculos *Longissimus thoracis* y *Longissimus dorsii*.

El lomo resulta una de las últimas zonas del cuerpo que el animal desarrolla por completo, convirtiéndose en un indicador del desarrollo muscular general y madurez fisiológica del cuerpo (Zone 2013, Campos *et al.* 2016).

La medición de área de ojo de lomo no se realizó por ultrasonido ni por el método de "Grid" o cuadrícula y en cambio se estimó por medio de una fórmula ((Ancho de ojo de lomo + Largo de ojo de lomo) / 2). La fórmula demostró un 0,82 de coeficiente de Pearson entre su resultado y la medición de ultrasonido, siendo esta una correlación alta de acuerdo al criterio convencional de Snedecor (Arroyo – Oquendo *et al.* Datos sin publicar).

La castración no afectó la estimación de AOL de los animales entre grupos raciales ($p = 0,9206$), ni tampoco la condición sexual a nivel general ($p = 0,2697$), caso contrario se presentó en la condición racial la cual afectó la estimación de AOL ($p = 0,0018$) (Cuadro 22).

Los búfalos presentaron en el Cuadro 22 valores menores de AOL ($p = 0,0018$) frente a los bovinos independientemente de su condición sexual. Dicha diferencia se explica al observar los valores de ancho de lomo, en el cual los búfalos obtuvieron una clara desventaja, respaldada estadísticamente, sin embargo no así en la medida del largo de área de lomo. En la Figura 7 se muestra la comparación visual de las diferencias entre AOL de los búfalos y los Simbrah (F1).



Figura 7. Comparación visual del AOL de cortes del *Longissimus dorsi*.
A= Búfalo, B= Simbrah.

En el caso de los búfalos, Restrepo *et al.* (2012) encontraron en edades menores a 36 meses y con 413 kg de peso vivo un AOL de 39 cm². En animales enteros mestizos con proporciones genéticas en su mayoría Jafarabadi se reportan 45,8 cm² (Rodríguez *et al.* 2001). Por otro lado, Andriguetto *et al.* (2009), reportaron mediciones de 45,8 cm² en búfalos Murrah castrados cercanos a los 18 meses, criados en estabulado. Finalmente, Rebak *et al.* (2010), encontraron valores de 50,3 cm² de AOL para bufalinos castrados de 18 meses. Los valores encontrados en la literatura no son cercanos a los del Cuadro 22 en ninguna de las dos condiciones sexuales ni a nivel general.

Se reportan valores menores que los encontrados en este ensayo, entre 42,8 a 53,6 cm² de AOL en animales Murrah de 29 meses con 504 a 509 kg de peso vivo, 50,9 cm² en animales mediterráneos de 32 meses con 603 kg de peso vivo y de 57,6 a 63,2 cm² en cruces de estas dos razas de 32 meses con 608 a 621 kg de peso vivo (Cedrés *et al.* 2002).

Bufalinos presentaron 49,4 cm² de AOL con 435 a 512 kg de peso al sacrificio y 65,3 cm² para bovinos de 375 y 494 kg de peso al sacrificio (el momento de sacrificio fue determinado por el peso vivo) (Huerta *et al.* 1997b). Mientras que Huerta *et al.* (1997c) en animales de pesos cercanos a los 500 kg encontraron valores de 25,7 cm² para bufalinos de 22 meses y 29,1 cm² para bovinos de 26 a 29 meses.

Dichos valores son distintos a los observados en el Cuadro 22 para los cruces bovinos y el componente bufalino, evidencia del efecto de la edad y peso al sacrificio

en el AOL de los animales. Reflejo de un menor desarrollo del musculo *Longissimus dorsi* el cual es representativo de la masa cárnica total del animal. Los estudios varían en sus datos pero la desventaja para los búfalos frente a los bovinos se evidencia. Por otro lado, Merle *et al.* (2004) encontraron diferencias significativas al comparar el AOL de bovinos de 420,44 kg al sacrificio ($46,8 \pm 1,09 \text{ cm}^2$) frente al de bufalinos de 468,66 kg al sacrificio ($60,5 \pm 1,33 \text{ cm}^2$).

En bovinos enteros de la raza Senepol, los valores de AOL fueron de $54,6 \text{ cm}^2$ y $71,5 \text{ cm}^2$ en edades de 18 y 30 meses respectivamente (Pineda *et al.* 2013), mientras que Huerta *et al.* (2004) reportaron $76,9 \text{ cm}^2$, para un peso de canal de 279,57 kg en animales con 39 a 40 meses de edad. Por último, se reporta un AOL de $79,4 \text{ cm}^2$ para Senepol en animales de 315,7 kg de canal caliente (Christensen *et al.* 1991). Estos autores difieren bastante de lo que presenta el Cuadro 22 para este cruce en general ($103,1 \pm 2,3 \text{ cm}^2$) y para los datos de ambas condiciones sexuales.

Para animales Simbrah de 262 kg de peso vivo encontraron un AOL de $23,5 \text{ cm}^2$ (Doydora *et al.* 2014) y Christensen *et al.* (1991) de $81,5 \text{ cm}^2$ con pesos de la canal de 332,5 kg. Valores de $41,8 \text{ cm}^2$ de AOL en animales con 258 kg de canal caliente fueron reportados por Velázquez *et al.* (2016). Wyatt *et al.* (2005) reportan valores de AOL de $82,6 \text{ cm}^2$. Dichas medidas difieren a las reportadas en este trabajo tanto a nivel general ($105,10 \text{ cm}^2$) como en ambas condiciones sexuales, apreciadas en el Cuadro 22.

Valores de AOL menores que los del presente ensayo (Cuadro 22) en bovinos para ambas condiciones sexuales son reportados por Rodríguez (2012), para bovinos enteros reportó $62,4 \text{ cm}^2$, para animales castrados a los 3 meses de $61,0 \text{ cm}^2$, a los 7 meses de $62,3 \text{ cm}^2$ y a los 12 meses de $60,2 \text{ cm}^2$.

La diversidad de valores entre los diferentes trabajos se debe a las dietas, punto de acabado, edad de sacrificio y componentes raciales (Velázquez *et al.* 2016). Observando los resultados de los diferentes autores y los de la presente investigación queda en evidencia la falta de selección genética enfocada a la producción cárnica en la especie bufalina, ya que las estimaciones de AOL no superan a la de los bovinos en condiciones similares de crianza, edades y peso al sacrificio.

La fisiología del crecimiento en bovinos parece diferente a la de los búfalos, por lo que el desarrollo de la máxima expresión de algunas partes del organismo no es paralela en su desarrollo. Por lo tanto la selección genética es la herramienta capaz de armonizar y optimizar estos procesos para poder obtener animales más precoces con un buen y rápido desarrollo cárnico en los cortes de valor (Riaño y Sierra 2008).

El AOL se asocia a la cantidad de carne que tiene un animal y esta posee una heredabilidad mediana (0,36) y una alta correlación genética positiva con el porcentaje de cortes de la canal (correlación de 0,61), por lo que al incrementarse el AOL se incrementa también el rendimiento en canal. Seleccionar reproductores con mayor AOL permitirá mejorar la producción cárnica tanto en búfalos como en bovinos (Sanint, 2006).

5.6 Pesos de delmónicos y de lomo anchos

La castración no afectó los pesos de delmónico ($p=0,4501$) ni el peso de lomo ancho ($p=0,2267$) de los animales entre grupos raciales, ni tampoco la condición sexual a nivel general en el delmónico ($p = 0,9905$) ni en el lomo ancho ($p = 0,4579$), caso contrario se presentó en la condición racial la cual afectó la estimación de peso de delmonico ($p = 0,0019$) pero no el de lomo ancho ($p = 0,4686$) (Cuadro 23).

Se encontró diferencia significativa en los pesos de delmónico, resultando en menores pesos para los Búfalos al ser comparados con ambos cruces bovinos, no así para los lomos anchos (Cuadro 23). De acuerdo a Mansutti *et al.* (1997a), los bovinos superan a los búfalos en composición de cortes comerciales finos (*longissimus dorsi*, *gluteos*, *aductor* y *semimembranoso*, *semitendinoso*) y búfalos superan a los bovinos en (psoas mayor, quadiceps femoral y tensor de la *fascia lata*), y en cortes medios encontró diferencia ($p < 0,05$) a favor de los bovinos en músculos del cinturón escapular, cervicales y pectorales mientras que los búfalos rindieron más ($p < 0,05$) en el supraespinoso.

Cuadro 23. Medias (\pm error estándar) del peso de delmónicos, peso de lomo anchos en la canal, circunferencia torácica, altura de la cruz, altura de la grupa y longitud corporal, y del porcentaje de peso de cortes con respecto al peso en canal según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores.

Raza	Condición Sexual	Peso delmónico (kg)	Peso lomo ancho (kg)	Peso de cortes con respecto al peso en canal (%)	Circunferencia torácica (cm)*	Altura cruz (cm)*	Altura grupa (cm)*	Longitud corporal (cm)*
Búfalos ¹	Entero	4,2 \pm 0,3	5,0 \pm 0,3	3,10	205,9 \pm 3,2	127,8 \pm 1,7	130,9 \pm 2,2	145,7 \pm 2,7
	Castrado	4,1 \pm 0,4	4,8 \pm 0,3	3,17	203,2 \pm 3,6	127,1 \pm 1,9	131,3 \pm 2,4	146,3 \pm 3,0
Senepol x Brahman ¹	Entero	5,2 \pm 0,3	5,7 \pm 0,3	2,96	211,5 \pm 3,2	136,2 \pm 1,7	138,7 \pm 2,2	167,8 \pm 2,7
	Castrado	5,7 \pm 0,3	4,9 \pm 0,3	3,26	203,8 \pm 3,2	129,7 \pm 1,7	136,0 \pm 2,2	160,6 \pm 2,7
Simbrah ¹	Entero	5,0 \pm 0,3	4,9 \pm 0,3	3,18	203,9 \pm 3,2	132,2 \pm 1,7	138,6 \pm 2,2	157,7 \pm 2,7
	Castrado	4,6 \pm 0,3	5,2 \pm 0,3	3,18	194,1 \pm 3,2	133,3 \pm 1,7	140,6 \pm 2,2	154,9 \pm 2,7
-----	Valor-p	0,4501	0,2267	-----	0,5448	0,0925	0,5544	0,3795
Búfalos ²	-----	4,1 \pm 0,2 ^b	4,9 \pm 0,2	3,12	204,5 \pm 2,3 ^{ab}	127,4 \pm 1,3 ^a	131,1 \pm 1,6 ^b	146,0 \pm 2,0 ^a
Senepol x Brahman ²	-----	5,5 \pm 0,2 ^a	5,3 \pm 0,2	3,12	207,6 \pm 2,2 ^b	132,9 \pm 1,2 ^b	137,3 \pm 1,5 ^a	164,2 \pm 1,9 ^b
Simbrah ²	-----	4,8 \pm 0,2 ^a	5,0 \pm 0,2	3,16	199,0 \pm 2,2 ^a	132,8 \pm 1,2 ^b	139,6 \pm 1,5 ^a	156,3 \pm 1,9 ^c
-----	Valor-p	0,0019	0,4686	-----	0,0360	0,0076	0,0031	P <,0001
-----	Entero ³	4,8 \pm 0,2	5,2 \pm 0,2	3,07	207,1 \pm 1,8 ^a	132,1 \pm 1,0	136,1 \pm 1,3	157,1 \pm 1,5
-----	Castrado ³	4,8 \pm 0,2	5,0 \pm 0,2	3,22	200,3 \pm 1,9 ^b	130,0 \pm 1,0	136,0 \pm 1,3	154,0 \pm 1,6
-----	Valor-p	0,9905	0,4579	-----	0,0171	0,1690	0,9661	0,1782

¹Medias calculadas con base a 6 animales. ²Medias calculadas con base en 12 animales. ³Medias calculadas con base a 18 animales.

* Medidas reportados por (Arroyo – Oquendo *et al.* Datos sin publicar)

Letras diferentes en la misma columna dentro de un factor indican diferencias significativas entre medias (p<0,05)

Se encontró en animales Simbrah una media para lomo ancho de 5,0 kg de peso, valor superior al reportado por Doydora *et al.* (2014), en el cual encontraron 4,25 kg para el mismo corte. De acuerdo a Fundora (2015), los cortes finos se encuentran en los cuartos posteriores, sector de la canal donde los búfalos de raza Bufalipso mostraron mayor peso frente a la raza Carabao y cruces bovinos.

Es normal encontrar diferencias entre especies en la distribución de masas musculares, por consiguiente se puede esperar que para el músculo *Longissimus dorsi* y demás cortes finos los búfalos se encuentren en desventaja en las mediciones (Merle *et al.* 2004). Sin embargo, solo se evidenció dicho efecto en peso de delmónico del Cuadro 23.

Al comparar bovinos y bufalinos en el rendimiento de carne, cortes de primera y cortes de segunda no se reportan diferencias significativas (Ramírez *et al.* 2010). Sin embargo, Rodríguez *et al.* (2003) y Medina (2009), afirman que los búfalos tienen el potencial de superar en cortes finos a los bovinos.

En bovinos con 485 kg de peso al sacrificio y rendimiento en canal de 55,6%, se reportan 5,9 kg de peso de lomo ancho (Holmann *et al.* 2007). Mientras que en el presente ensayo el peso para los Simbrah (F1) fue de 5,0 kg y el del Senepol x Brahman 5,3 kg.

No se encontraron diferencia en la distribución de peso de la canal al comparar tren posterior, tren anterior y los principales cortes de interés comercial en tres distintos pesos al sacrificio (400, 450 y 500 kg) y en grupos de tres razas bufalinas (Murrah, Jafabarandi y Mediterraneo) Mendes *et al.* (2005).

El Cuadro 23 presenta los datos de circunferencia torácica, altura de la cruz, altura de la grupa y longitud corporales obtenidos por Arroyo - Oquendo *et al.* (Datos sin publicar), trabajo realizado con los mismos animales, previo al presente ensayo. Los datos muestran diferencias significativas en el componente racial sobre los factores circunferencia torácica, altura de la cruz, altura de la grupa y longitud corporal.

Los animales Senepol x Brahman (Cuadro 23) presentaron mayor circunferencia torácica frente a los Simbrah (F1) ($p = 0,0360$), mientras que los búfalos no se diferenciaron de ninguno de los cruce bovino.

Se diferenciaron los búfalos y de los bovinos en cuanto a la altura de la cruz ($p = 0,0076$), acá se observa que la altura de la cruz de los búfalos es menor a los bovinos en los cuales no se encontró diferencia entre ambos cruces. Misma situación se presentó para la altura de la grupa ($p = 0,0031$).

La longitud corporal mostró diferencias entre el componente racial, los búfalos presentaron los menores valores, los Simbrah (F1) los intermedios, mientras que el cruce Senepol x Brahman fueron superiores a los anteriores.

La condición sexual solo influyó en la circunferencia torácica, los animales enteros presentaron un mayor valor que los castrados. No se encontró efecto de ningún tipo sobre la altura de la grupa según la condición sexual.

Utilizando la información obtenida en Arroyo – Oquendo *et al.* (Datos sin publicar), se estimó el coeficiente de correlación entre las medidas bovino métricas y el peso de lomo ancho y delmónico entre los componentes raciales. Se utilizó el coeficiente simple de Pearson (r) para estimar los valores de correlación y el criterio convencional de Snedecor para calificar los valores de r como altos, moderados o bajos (alto, $\geq 0,7$; moderado, de 0,5 a 0,7 y bajo $\leq 0,5$).

De acuerdo a Atencio *et al.* (2007) en búfalos, los indicadores de grasa son los que poseen valores más elevados de variación a diferencia de las medidas corporales (áreas y longitudes). En el caso de los bovinos los indicadores de grasa explican el 40 % de la variación del rendimiento de cortes deshuesados, mientras que en búfalos el 34% de la variación es atribuida al acabado, el 18% al EGD, 23% a longitud de la canal, 17% ancho de muslo y el 13% a la circunferencia del muslo.

En el Cuadro 24 se muestran los coeficientes de correlación estimados entre los pesos de cortes finos (delmónicos y lomo ancho) y las medidas bovino métricas (circunferencia torácica, altura de la cruz, altura de la grupa y longitud corporal). En los que se destacan para búfalos una correlación moderada/negativa entre la altura de la cruz y el peso de delmónico, en Senepol x Brahman la altura de la grupa mostró una correlación moderada/negativa con el peso de delmónico aunado a esto la circunferencia torácica presentó una correlación moderada/positiva con el peso de lomo ancho. Por último, para los Simbrah (F1) se estimó una correlación

moderada/positiva con la circunferencia torácica. No se encontraron correlaciones significativas entre la longitud corporal y pesos de los cortes.

Cuadro 24. Estimación de correlaciones entre medidas bovino métricas y peso de lomo ancho y peso de delmónico en búfalos, Senepol x Brahman y Simbrah (F1).

Raza	Búfalo		Senepol x Brahman		Simbrah (F1)	
Variable	Peso de delmónico	Peso de lomo ancho	Peso de delmónico	Peso de lomo ancho	Peso de delmónico	Peso de lomo ancho
Circunferencia torácica	r= 0,57	r= 0,68	r= -0,05	r= 0,67 *	r= 0,62 *	r= 0,05
Altura de la cruz	r= -0,61 *	r= 0,21	r= -0,47	r= 0,38	r= -0,37	r= -0,18
Altura de la grupa	r= -0,37	r= 0,50	r= -0,67 *	r= 0,09	r= -0,35	r= 0,06
Longitud corporal	r= -0,26	r= -0,45	r= -0,01	r= 0,33	r= -0,16	r= -0,34

* Correlación estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

5.7 Pesos de cueros

Según se aprecia en el Cuadro 25, el peso de los cueros presentó una diferencia significativa entre medias al ser comparados entre componentes raciales y entre condición sexual. Sin embargo la castración no afectó entre cruces ($p = 0,1644$).

Los búfalos suelen tener mayor peso de cueros al ser comparados con bovinos (Mansutti *et al.* 1997b; Merle *et al.* 2004; Angulo *et al.* 2005a; Atencio *et al.* 2007; Medina (2009); Fundora *et al.* 2013).

Búfalos con un peso vivo promedio de 512 kg y edades entre 24 a 32 meses, resultaron con un promedio de pesos de cuero de 59,1 kg (Cedrés *et al.* 2003), valor lejano a los 68,3 kg de cuero encontrados en la investigación para animales de 525,1 kg de peso promedio al sacrificio. Rendimientos en canal del búfalo menores

que el del bovino por efecto de mayor peso de cabeza, cuero y vísceras son mencionados en Rodríguez *et al.* (2003) y Medina (2009). Mendes y De Lima (2011b) mencionan diferencias hasta de un 5% del rendimiento en canal por el mismo efecto.

Según Al Umeri y Al Mamoori (2017), el cuero representa un 16% del peso vivo del organismo, en el presente ensayo se reportan porcentajes menores en todos los tratamientos (Cuadro 25). Los porcentajes de cuero con respecto al peso vivo en búfalos son superiores a los encontrados por Medina (2009) quien reporta 9 - 10%, mientras que en el presente trabajo el porcentaje del peso del cuero asciende a 13% del peso vivo.

Se reportan porcentajes de cuero con respecto al peso vivo en animales Buffalypso (12,4%), Carabao (12,8%) y en cruces cebú sin especificar (10,3%) (Fundora 2015), menores que los reportados en el presente ensayo para los búfalos, mas no así para los bovinos (Cuadro 25).

Al comparar búfalos de 468,6 kg con bovinos de 420,4 kg ambos pesos al sacrificio. Se reportan diferencias significativas al comparar el porcentaje de peso del cuero sobre el peso vivo, siendo 9,4% para bufalinos y 8,4% para bovinos (Merle *et al.* 2004). Mientras que en el presente trabajo se encontró porcentajes mayores, 13% de peso de cueros en búfalos, 9,9% en el cruce Senepol x Brahman y 10,1% en el cruce Simbrah. Lo cual se le atribuye a la edad, entre mayor edad y peso al sacrificio mayor será el grosor y superficie del cuero, y por consiguiente se afectará más el rendimiento en canal.

La castración tiende a generar cueros más delgados (Zone 2013). Esto concuerda con los pesos de los cueros de búfalos enteros y castrados (34,5 y 28,0 kg, respectivamente) reportado por Medina (2009). Aunque son valores inferiores a los encontrados sufrieron el mismo comportamiento en la presente investigación con valores 56,3 kg para los castrados de y 62,0 kg para los enteros permanece la diferencia de pesos.

Según Hossain *et al.* (2016), la calidad del cuero es superior en machos que en hembras, esto debido a que las hormonas andrógenas (testosterona) favorecen el engrosamiento de la piel o cuero, encontrando diferencias significativas en el

grosor de la epidermis, capa reticular y totalidad de la piel o cuero. Lo cual explicaría las diferencias del presente ensayo en el peso de cueros entre animales enteros y castrados (Cuadro 25).

Cabe destacar que aunque los Senepol x Brahman presentaron mayor peso de cueros que los Simbrah, en términos porcentuales los Senepol x Brahman manejan valores de 9,9% de peso de cueros sobre su peso vivo, mientras que los Simbrah aunque pesen menos sus cueros, porcentualmente ocupan mayor proporción de su peso vivo con 10,1%.

Según Al Umeri y Al Mamoori (2017), los búfalos (72,0 μm) presentan mayor grosor de piel o cuero que los bovinos (62,6 μm). La diferencia entre el grosor de este tejido en ambas especies, es adjudicado a los valores para búfalos de entre 6 a 8 mm y asegura que los bovinos poseen menores valores (Groves 1989). Hossain *et al.* (2016), reporta para cebuinos un grosor de piel o cuero de 3,57 mm.

Casis *et al.* (2001) compararon el grosor de la piel en búfalos Murrah y Carabao en los sectores de la cabeza, cuello, dorso, ventral y extremidades posteriores. El grosor de la piel no fue estadísticamente diferente entre razas (9,13 μm para Murrah y 8,30 μm para Carabao). El grosor de los sectores estudiados independientemente de la raza fue de 7,94 μm para la cabeza, 11,80 μm para el cuello, 8,11 μm en el dorso, 8,90 μm ventral y 6,82 μm en las extremidades.

El grosor de la epidermis no fue diferente entre razas (191,40 μm para Murrah y 197,23 μm para Carabao). En los sectores analizados tampoco se encontraron diferencias entre razas (158,00 μm para la cabeza, 211,95 μm para el cuello, 137,56 μm en el dorso, 218,00 μm ventral y 196,05 μm en las extremidades posteriores) (Casis *et al.* 2001).

Al Umeri y Al Mamoori (2017) reportaron para bovinos (4,08 μm) un grosor de epidermis menor que el de los bufalinos (6,16 μm). Esto debido a que el búfalo posee mayor número de filas de capas celulares que el bovino en la epidermis. Hossain *et al.* (2016), reportaron para cebuinos un grosor de epidermis de 45,37 μm .

Casis *et al.* (2001) no encontraron diferencias entre el grosor de la dermis de razas bufalinas (Murrah y Carabao). Al Umeri y Al Mamoori (2017) reportaron, para

la capa papilar superficial en bovinos (5,44 μ m) un grosor menor que el de los bufalinos (6,88 μ m). En el caso de la capa reticular profunda, la cual se encuentra en la parte más profunda de la dermis colindando con la hipodermis, se reportan grosores de 48,8 μ m para bovinos y de 49,2 μ m para bufalinos. En cebuinos, Hossain *et al.* (2016), reportaron para la capa papilar superficial 0,55 mm de grosor y para la capa reticular 3,03 mm.

Cuadro 25. Medias (\pm error estándar) del peso de cueros y peso de cabeza, y del porcentaje de ambos con respecto a su peso total según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores.

Raza	Condición Sexual	Peso de cuero (kg)	Peso del cuero con respecto a su peso total (%)	Peso cabeza (kg)	Peso de la cabeza con respecto a su peso total (%)
Búfalos ¹	Entero	74,1 \pm 3,2 ^a	13,7	17,7 \pm 0,4	3,3
	Castrado	62,5 \pm 3,6 ^a	12,3	16,3 \pm 0,5	3,2
Senepol x Brahman ¹	Entero	59,8 \pm 3,2 ^a	9,9	15,8 \pm 0,4	2,6
	Castrado	53,0 \pm 3,2 ^a	9,8	14,6 \pm 0,4	2,7
Simbrah ¹	Entero	51,9 \pm 3,2 ^a	10,1	14,4 \pm 0,4	2,8
	Castrado	53,3 \pm 3,6 ^a	10,2	14,1 \pm 0,4	2,7
-----	Valor-p	0,1644	-----	0,4390	-----
Búfalos ²	-----	68,3 \pm 2,4 ^a	13,0	17,0 \pm 0,3 ^a	3,2
Senepol x Brahman ²	-----	56,4 \pm 2,3 ^b	9,9	15,2 \pm 0,3 ^b	2,7
Simbrah ²	-----	52,6 \pm 2,3 ^b	10,1	14,2 \pm 0,3 ^c	2,7
-----	Valor-p	0,0002	-----	0,0153	-----
-----	Entero ³	62,0 \pm 1,9 ^a	11,2	16,0 \pm 0,3	2,9
-----	Castrado ³	56,3 \pm 1,9 ^b	10,8	15,0 \pm 0,3	2,9
-----	Valor-p	0,0450	-----	0,4390	-----

¹Medias calculadas con base a 6 animales. ²Medias calculadas con base en 12 animales.

³Medias calculadas con base a 18 animales.

Letras diferentes en la misma columna dentro de un factor indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$).

El pelo en el cuerpo del búfalo es poco en comparación al bovino, esto les ayuda a potenciar el intercambio calórico entre el agua y el cuerpo del animal (Al Umeri y Al Mamoori 2017). Esto puede asociarse a la diferencia en complejidad de su epidermis y explicar las diferencias entre pesos de cuero, por ejemplo los *Bos indicus* poseen 39 - 41 pelos/mm², los *Bos taurus* poseen 28 - 32 pelos/mm², mientras que los búfalos poseen de 10 - 14 pelos/mm² (Groves 1989).

Los búfalos poseen una dermis más gruesa (61,6 µm) que los bovinos (53,6 µm). Esto porque el búfalo presentan en la dermis folículos pilosos primarios rodeados de un gran número de glándulas sebáceas multi lobulares, mientras que los bovinos tan solo de 3 a 4 folículos pilosos secundarios acompañados de glándulas sebáceas mono lobulares. En cuanto a las glándulas sudoríparas, los búfalos presentaron pocas glándulas simples y en una baja densidad, mientras que los bovinos poseen una glándula sudorípara desarrollada (Al Umeri y Al Mamoori 2017).

Los búfalos poseen menor número de glándulas sudoríparas en comparación con los bovinos, poseen piel más gruesa por efecto de la epidermis, lo cual los hace menos eficientes en la termorregulación por lo que prefieren áreas con sombra o estar dentro del agua (Angulo *et al.* 2005b).

5.8 Pesos de cabezas

Al comparar los pesos de las cabezas entre componente racial se hallaron diferencias significativas ($p = 0,0153$), encontrando diferencias entre los tres tratamientos involucrados (Cuadro 25). Los animales Simbrah se ubican con el menor peso de cabeza, seguido por los Senepol x Brahman y por último los Búfalos. En cuanto a condición sexual no se hallaron diferencias ($p = 0,4390$) y la castración no mostró efecto diferente entre cruces ($p = 0,4390$).

En cuyo caso al igual que en los cueros, existen amplias investigaciones donde se denota la diferencia entre bovinos y bufalinos en cuanto a peso de sus

cabezas. (Merle *et al.* 2004; Angulo *et al.* 2005a; Atencio *et al.* 2007; Medina 2009; Fudora *et al.* 2013).

Los búfalos poseen un mejor comportamiento productivo que lo bovinos a pesar de su menor tiempo de consumo de pastos. Esto debido a la distinción de la dentición de los búfalos, es que son capaces de reducir más rápidamente el tamaño de partícula y con ello agilizar la deglución del alimento (Fundora *et al.* 2003). Los bufalinos adultos poseen mandíbulas con un ancho superior a los 10 cm, mientras que bovinos de carne rondan los 6,5 cm y los de leche los 8 cm (Sorio 2009). Sin embargo, Shahid y Muhammad (2001), no encontraron diferencias entre las mandíbulas de ambas especies.

Las diferencias anatómicas en los huesos craneales de los búfalos frente a los bovinos podrían explicar las diferencias entre pesos de cabezas. Los búfalos poseen huesos frontales de hasta 8 cm de grosor, dificultando su aturdimiento momentos previos al sacrificio a diferencia de los bovinos (Gregory 2008). Los búfalos poseen el hueso frontal del cráneo más amplio y extenso que bovinos. Los orificios nasales también son más amplios en búfalos que bovinos (Shahid y Muhammad 2001).

De acuerdo a Shahid y Muhammad (2001), en búfalos el hueso occipital es de mayor volumen que en bovinos pues cubre toda la mitad posterior de la superficie dorsal del cráneo en el búfalo, y en bovinos solo cubre la superficie posterior del cráneo en la vaca.

A diferencia de los datos del presente trabajo, Mansutti *et al.* (1997b) no encontraron diferencia entre pesos de cabezas al comparar búfalos y bovinos. Merle *et al.* (2004) compararon bufalinos con bovinos en cuanto al porcentaje del peso de la cabeza con respecto a su peso vivo sin encontrar diferencias significativas (Búfalos 5,3% y bovinos 5,2%), valores alejados de los porcentajes de esta investigación (Búfalos 3,3%, Senepol x Brahman 2,7% y Simbrah 2,7%).

Se reportan diferencias significativas al comparar búfalos castrados y enteros, con pesos de cabeza de 14,8 kg y 16,8 kg, respectivamente (Medina 2009). Valores un poco más altos y sin diferencias estadísticas se encontró para esta investigación en búfalos castrados y enteros (16,3 kg y 17,7 kg).

Se cumple la tendencia mencionada por Medina (2009) de una disminución del desarrollo o crecimiento del animal a raíz del estrés que conlleva la castración y de Hossain *et al.* (2016) que afirman las hormonas andrógenas favorecen el desarrollo de tejidos. Sin embargo, en la comparación de medias según condición sexual no se encontró diferencia significativa, y aunque los animales enteros presentaron un peso mayor de cabeza, no es un valor de considerada de relevancia.

5.9 Pesos de fémur, espinazo y cadera

Según Garris (2000), los valores de pesos óseos varían poco y son prácticamente constantes, aumentan según el peso del animal y la edad de sacrificio, pero se diluye el porcentaje del hueso total respecto al peso vivo. Al comparar los pesos de las medias de los tres huesos (Cuadro 26) se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los pesos de fémur y espinazo en términos de componente racial, siendo menor para los búfalos. En cuanto a los pesos de caderas no se encontraron diferencias al comparar los componentes raciales.

El componente óseo, según Garris (2000), es más afectado por las edades a sacrificio de la especie misma y que por el componente racial, dicho argumento se ve respaldado en el Cuadro 26 al no diferenciarse entre bovinos probablemente por ser sacrificados de entre 18 a 19 meses. Tanto para condición sexual como para la interacción de los factores condición sexual y condición racial, no se encontró efecto entre tratamientos en ninguno de los tres factores óseos evaluados.

La extensión del fémur abarca desde la articulación de la cadera hasta la rodilla del animal. Posee tuberosidades rugosas llamadas trocánteres, las cuales tienen el objetivo de insertar los músculos de la pelvis y el muslo. Probablemente los bovinos al presentar mayor peso de fémur, también presentaron mayor muscularidad en sus muslos por lo que su mayor peso de fémur no afectó en gran medida el rendimiento en canal o compensó por su menor peso de cuero y cabeza. Caso contrario, los búfalos con menores pesos en los huesos por falta de selección genética enfocada en la producción cárnica presentaron menores valores de muscularidad, afectando su rendimientos en canal que de igual manera se compensó con su mayor peso de cuero y cabeza.

Se reportan pesos de 2 kg y 2,2 kg de fémur en bovinos de 20 meses y 26 meses al sacrificio, respectivamente (Garris 2000) valores más bajos que los encontrados en este ensayo (Cuadro 26).

La cadera o cintura pélvica tiene tres huesos fundidos a cada lado (ilion, isquion y pubis), los cuales convergen en el acetábulo (articulación de la cadera). En este caso no hay un corte cárnico ligado a la cadera de importancia o relevancia como sí se presenta en el caso del fémur con el muslo (Groves 1989). Probablemente los bovinos no han sido necesariamente seleccionados para disminuir su peso de cadera y aumentar el músculo que le rodee por su poca finalidad cárnica, por lo que se asemeja a los pesos de cadera de los búfalos, los cuales no han tenido a través de la historia la misma intensidad en su selección productiva como los bovinos. Se reportan pesos de 2,1 kg y 2,7 kg de cadera en bovinos de 20 meses y 26 meses al sacrificio, respectivamente (Garris 2000), medidas muy similares pero más altas se encontraron en los animales de la presente investigación (Cuadro 26).

El espinazo o apófisis espinosas son parte de una serie de huesos irregulares, impares y medios llamados vertebras. Tanto bovinos como bufalinos comparten la misma fórmula vertebral (C7; T13, L6, S5 y Cox 18-20) (Groves 1989). Sin embargo los búfalos (2,8 kg) obtuvieron un peso significativamente menor al de los bovinos (3,1 kg). Garris (2000) encontró pesos 3,7 kg y 5,4 kg de espinazo en bovinos de 20 meses y 26 meses al sacrificio, respectivamente datos menores que los encontrados en este ensayo (Cuadro 26).

De acuerdo a Shahid y Muhammad (2001) las vértebras de ambas especies no se diferencian más que en la séptima vértebra cervical en la cual los búfalos poseen una longitud de 10 a 12 cm mientras que en bovinos es tan solo de 3 a 5 cm. En bovinos de la octava a la decimotercera vertebras torácicas, las cumbres de procesos espinosos se dividen en dos prominencias, mientras que en bufalinos son indivisas.

Cuadro 26. Medias (\pm error estándar) del peso de espinazo, peso de femur y peso de cadera, y del porcentaje del peso de huesos grandes con respecto al peso total y de canal según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores.

Raza	Condición Sexual	Peso de fémur (kg)	Peso de espinazo (kg)	Peso de cadera (kg)	Peso de huesos grandes con respecto al peso total (%)	Peso de huesos grandes con respecto al peso en canal (%)
Búfalos ¹	Entero	4,8 \pm 0,3	5,1 \pm 0,3	3,0 \pm 0,2	3,3	2,2
	Castrado	4,6 \pm 0,3	4,8 \pm 0,3	2,7 \pm 0,2	3,3	2,2
Senepol x Brahman ¹	Entero	6,6 \pm 0,3	6,5 \pm 0,3	3,3 \pm 0,2	3,8	2,2
	Castrado	6,2 \pm 0,3	6,0 \pm 0,3	3,0 \pm 0,2	4,0	2,3
Simbrah ¹	Entero	6,2 \pm 0,3	5,9 \pm 0,3	3,2 \pm 0,2	4,2	2,5
	Castrado	6,4 \pm 0,3	5,7 \pm 0,3	3,1 \pm 0,2	4,1	2,5
-----	Valor-p	0,4809	0,8090	0,9184	-----	-----
Búfalos ²	-----	4,7 \pm 0,2 ^a	5,0 \pm 0,2 ^a	2,8 \pm 0,1	3,3	2,2
Senepol x Brahman ²	-----	6,4 \pm 0,2 ^b	6,3 \pm 0,2 ^b	3,1 \pm 0,1	3,9	2,3
Simbrah ²	-----	6,3 \pm 0,2 ^b	5,8 \pm 0,2 ^b	3,1 \pm 0,1	4,1	2,5
-----	Valor-p	<0,0001	0,0018	0,1308	-----	-----
-----	Entero ³	5,9 \pm 0,1	5,8 \pm 0,2	3,1 \pm 0,1	3,7	2,3
-----	Castrado ³	5,7 \pm 0,2	5,5 \pm 0,2	2,9 \pm 0,1	3,8	2,3
-----	Valor-p	0,4707	0,1841	0,1041	-----	-----

¹Medias calculadas con base a 6 animales. ²Medias calculadas con base en 12 animales. ³Medias calculadas con base a 18 animales. Letras diferentes en la misma columna dentro de un factor indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$).

Los búfalos presentaron menores pesos en fémur y espinazo, lo cual no es lo que se esperaría al tener los menores rendimientos en canal de la investigación, sin embargo, según Garris (2000) explica que a mayor masa muscular, mayor será la del hueso responsable de su soporte. Considerando el efecto de los mayores pesos de cabeza y cuero, y la asociación de bajos pesos de fémur y espinazo, de la mano de cortes asociados a estos huesos disminuidos comparativamente al de un bovino se puede explicar los menores rendimientos en canal de los búfalos.

Los animales con mayor esqueleto son los animales que más tiempo de alimentación necesitarán para alcanzar el punto más adecuado entre desarrollo y peso al sacrificio (Jaramillo 1991). Además, según Malhado *et al.* (2008) los animales que alcanzan la madurez a mayor peso, poseen la menor tasa de crecimiento.

Según Angulo *et al.* (2007) los búfalos tienen mayor tasa de crecimiento que los bovinos, alcanzando más rápido su peso a sacrificio. El ritmo de crecimiento es 1.6 veces superior por parte de los bufalinos sobre los bovinos (Fundora *et al.* 2003). En el presente trabajo no quedó en evidencia dicha afirmación, el peso al sacrificio y rendimiento en canal de los Senepol x Brahman fue superior que el de los búfalos. Las ganancias de peso diarias reportadas por Arroyo – Oquendo *et al.* (Datos sin publicar) para los animales del presente ensayo en la fase de desarrollo mostro para búfalos y bovinos valores muy similares (de entre 1,02 a 1,35 kg por día). Por lo tanto el crecimiento de los búfalos no fue superior al de los bovinos.

El crecimiento en rumiantes según Owens *et al.* (1993), es el aumento en la masa de tejido. Temprano en la vida del organismo se aumenta por hiperplasia y más adelante por hipertrofia, sin embargo el tejido adiposo sufre una constante hiperplasia en rumiantes durante toda su vida. Si se retarda la deposición de grasa o la administración de compuestos estrogénicos, es posible aumentar la masa de proteína madura.

La fisiología del crecimiento indica que el componente óseo de los animales es prioridad y solo es antecedido por los tejidos nerviosos (Zone 2013). Seguido de los huesos son los tendones, el tejido muscular es el cuarto, el adiposo

intramuscular es quinto y sexto es el adiposo subcutáneo, estos dos últimos pueden variar en intensidad y prioridad según su raza (Riaño y Sierra 2008).

Es así como la mayoría de avances en la velocidad, eficiencia del crecimiento y reducción de grasa en los cortes de carne son explicados, debido al aumento de masa de proteína madura en el animal. Si se manipula el suministro de nutrientes y hormonas específicas, se podría en un futuro reducir la deposición de grasa en tejidos específicos y alterar la masa proteica corporal madura tanto en bovinos como en bufalinos, mejorando sustancialmente los rendimientos en canal (Owens *et al.* 1993).

El desarrollo no es lo mismo que crecimiento, pues el desarrollo son los cambios de forma y composición del cuerpo, previos a alcanzar la madurez resultado del crecimiento y diferenciación celular. Durante ambos procesos el animal aumenta peso hasta llegar a tamaño adulto (crecimiento) y cambia la formación corporal, facultades y funciones hasta alcanzar la edad adulta (desarrollo) (Riaño y Sierra 2008).

Según Malhado *et al.* (2008), los búfalos poseen un crecimiento tanto a nivel general como en sus tejidos y región corporal, definido como una curva sigmoidea, al igual que en bovinos.

Sin embargo puede que la fisiología del crecimiento en bovinos difiera de la bufalina, lo que explicaría sus diferentes valores en la deposición de músculo, tejido adiposo y tejido óseo. De ser así, los bufalinos puede que tengan un desarrollo de la madurez cronológica distinta que la del bovino, por lo que el desarrollo de la máxima expresión de algunas partes del organismo no es paralelas en su desarrollo. Por lo tanto se debe de enfatizar en la selección genética que armonice y optimice estos procesos para poder obtener animales más precoces con un buen y rápido desarrollo cárnico (Riaño y Sierra 2008).

Probablemente la genética de los búfalos de nuestro país comparativamente con la de los bovinos, no ha sufrido de una selección por biotipo cárnico como lo exponen Medina (2009) y Ramírez *et al.* (2010) en sus países, estos autores mencionan que las canales de búfalos comparativamente con las *Bos indicus* son

más cortas, adjudicándolo a la falta de selección fenotípica para conformación cárnica en búfalos a diferencia de los bovinos.

El mejoramiento genético en parámetros de crecimiento en búfalos es posible (Agudelo *et al.* 2007). La información es escasa pero (Chantalakhana 1981) reportó heredabilidades de peso al nacimiento y a los ocho meses de 0,63 y 0,37 respectivamente.

5.10 Fuerza de corte

Las fuerzas de corte de los lomos se presentan en el Cuadro 27. No se encontró diferencias significativas en las muestras evaluadas según el componente racial, condición sexual, ni en la interacción de los factores condición racial y condición sexual.

Sin embargo, según Rodríguez (2012), los animales enteros tienen carnes más duras que los castrados. En los bovinos del presente ensayo se observó esto, en una diferencia numérica entre enteros y castrados sin embargo, en los búfalos enteros se encontró una menor fuerza de corte frente a los castrados (Cuadro 27).

Al analizar seis décadas de investigaciones de diversas instituciones, diversas razas y con variantes en sus procedimientos, Calkins y Sullivan (2007) concluyen que la fuerza de corte del *Longissimus dorsi* es de 5,15 kg/cm², valor por encima de los obtenidos en el presente ensayo (Cuadro 27). Además, clasifican la carne según la fuerza de corte en tierna (menor a 3,89 kg/cm²), intermedia (entre 3,89 kg/cm² y 4,59 kg/cm²) y dura (mayor a 4,59 kg/cm²).

Según Boleman *et al.* (1997) existe una mayor aceptación del consumidor ante rangos de fuerzas de corte entre 2,27- 3,58 kg/cm² que ámbitos entre 4,08 - 5,40 kg/cm² y 5,90 – 7,45 kg/cm². En estudios realizados en Estados Unidos por Shackelford *et al.* (1991), se plantearon valores para el umbral de aceptación de la carne por parte del consumidor, según su fuerza de corte (50% de aceptación para 4,6 kg/cm², 68% de aceptación para 3,9 kg/cm² y 95% de aceptación para 3,2 kg/cm²).

Cuadro 27. Medias (\pm error estándar) de fuerza de corte de los lomos según raza, condición sexual y la combinación de ambos factores.

Raza	Condición Sexual	Fuerza de corte (kg/cm ²)
Búfalos ¹	Entero	3,3 \pm 0,25
	Castrado	3,6 \pm 0,28
Senepol x Brahman ¹	Entero	3,8 \pm 0,25
	Castrado	3,4 \pm 0,25
Simbrah ¹	Entero	3,9 \pm 0,25
	Castrado	3,2 \pm 0,25
-----	Valor-p	0,1922
Búfalos ²	-----	3,5 \pm 0,19
Senepol x Brahman ²	-----	3,6 \pm 0,18
Simbrah ²	-----	3,5 \pm 0,18
-----	Valor-p	0,8517
-----	Entero ³	3,7 \pm 0,15
-----	Castrado ³	3,4 \pm 0,14
-----	Valor-p	0,2143

¹Medias calculadas con base a 6 animales. ²Medias calculadas con base en 12 animales.

³Medias calculadas con base a 18 animales.

Letras diferentes en la misma columna dentro de un factor indican diferencias significativas entre medias ($p < 0,05$).

Por otro lado, en la Universidad de Texas, Belew *et al.* (2003) categorizó la carne comercial según su fuerza de corte en “muy tierna” (menor a 3,2 kg/cm²), “tierna” (entre 3,2 kg/cm² y 3,9 kg/cm²), “intermedia” (3,9 kg/cm² y 4,6 kg/cm²), “dura” (mayor a 4,6 kg/cm²).

El criterio más exigente para catalogar la fuerza de corte de la carne es descrito por Vásquez *et al.* (2007), recopilando la interpretación de varios autores

alrededor del continente americano para clasificar las carnes según su fuerza de corte (Schakelford *et al.* 1997; Tatum *et al.* 1996; Huerta *et al.* 1998). Los criterios de clasificación de acuerdo a lo registrado por el Warner – Bratzler son “carne tierna” (menor de 2,27 kg/cm²), “medianamente tierna” (2,27 a 3,63 kg/cm²), “carne dura” (3,63 a 5,44 kg/cm²), “extremadamente dura” (mayor a 5,44 kg/cm²). Según lo anterior la carne del presente ensayo se clasifica como “medianamente tierna” para los Búfalos enteros y castrados, Senepol x Brahman castrado y Simbrah castrado. Mientras que los Simbrah enteros y Senepol x Brahman se califican como “carne dura”.

Las fuerzas de corte de la carne obtenidas por Boleman *et al.* (1997) en Estados Unidos y Chacón (2005) en Costa Rica presentaron una dispersión en sus datos. Ante esto agruparon los datos en conjuntos homogéneos para realizar comparaciones simples y directas entre promedios. Encontrando una aceptación de menos del 1,8% para fuerzas de corte de 5,9 a 7,95 kg/cm², 3,6% para 4,08 a 5,40 kg/cm² y 94,6% para 2,27 a 3,58 kg/cm². Según estos datos, la carne de los animales bajo las condiciones de la investigación por su fuerza corte se encuentra entre los rangos de mayor aceptación para los consumidores.

5.10.1 Componente Racial

La resistencia de corte para búfalos en este ensayo fue 3,3 a 3,6 kg/cm². Dentro de este rango se reportan para los búfalos 3,45 kg/cm² en Merle *et al.* (2004), 3,24 kg/cm² en Huerta *et al.* (1997c), 3,60 kg/cm² en León (2010) y 3,55 kg/cm² en Mendes y De Lima (2011b). Carnes evaluadas como “medianamente tiernas”, ante estas fuerzas de corte (Vázquez *et. al* 2007).

Valores más elevados que los encontrados en este ensayo son reportados por Cedrés *et al.* (2002). Donde animales Murrah de 29 meses con 504 a 509 kg de peso vivo presentaron fuerzas de corte de 5,2 a 12,1 kg/cm², 7,25 kg/cm² en animales mediterráneos de 32 meses con 603 kg de peso vivo y de 7,38 a 11,59 kg/cm² en cruza de estas dos razas de 32 meses con 608 a 621 kg de peso vivo.

Sacrificar animales a edades tempranas permite obtener carne con menor fuerza de corte, así como también influyen de manera positiva para esta

característica, la dieta y la genética del animal (Restle *et al.* 2000). Por esta razón los países con mayor desarrollo bufalino tienden a sacrificar los animales a temprana edad para aprovechar su buena conversión alimenticia, su baja acumulación de grasa y suavidad (Simón y Galloso 2011), permitiendo diferenciar la carne de búfalo de la carne de cebuino en edades mayores.

Los valores de fuerza de corte en bovinos resultaron menores que lo reportado para el cruce Senepol x Brahman. Huerta *et al.* (2004) reportaron para animales de 40 meses de edad al sacrificio una fuerza de corte de 4,54 kg/cm², mientras que Brito (2013) para animales de 24 a 25 meses de edad reportó 5,0 kg/cm² y Jerez *et al.* (2015) en animales de 26,7 y 26,9 meses de edad valores de 5,8 kg/cm². En el presente ensayo las fuerzas de cortes de los lomos resultaron más bajas que la mencionadas anteriormente (3,4 - 3,8 kg/cm²), esto debido a la edad en que fueron sacrificados los animales (18 a 19 meses de edad) ya que a edades de sacrificio mayores como las utilizadas por Huerta *et al.* (2004), Brito (2013) y Jerez *et al.* (2015) la deposición de tejidos dentro del musculo favorece al incremento de resistencia al corte en la carne por parte del texturómetro (Strydom *et al.* 2016). Para el cruce Simbrah (F1) se encontró 3,5 kg/cm² de fuerza de corte diferente al valor reportado por O'Connor *et al.* (1997) de 2,94 kg/cm², pero similar al dato presentado por Strydom *et al.* (2016) de 3,4 kg/cm².

Según Strydom *et al.* (2016) es normal que animales sacrificados jóvenes, criados estabulados y con dietas suplementadas tiendan a presentar fuerzas de corte menores que animales que fueron criados en pastoreo y sacrificados en edades avanzadas. Las fuerzas de cortes en carne bovina de fin comercial en Costa Rica son elevadas y de clasificación "extremadamente dura" (Brahman: 10,6 kg/cm², Charbray: 7,6 kg/cm² y criollo: 7,2 kg/cm²) las cuales, de acuerdo al criterio general de la población costarricense es "seca" y "dura" (Arroyo – Oquendo *et al.* 2010). Por lo tanto, las fuerzas de corte presentes en el estudio fueron más bajas que las reportadas para cortes comerciales en Costa Rica.

Los animales *Bos indicus* tienden a presentar mayor fuerza de corte que los *Bos taurus* (Crouse *et al.* 1989; Riley *et al.* 1986), por consiguiente, cruces entre ellos predispone a los animales a poseer una mayor dureza en su carne. Esto es

por la acción enzimática de la calpastatina sobre la proteólisis del músculo (ablandamiento de la carne por la rotura de partes del componente miofibrilar). En el caso de los *Bos indicus* existe una mayor acción de los inhibidores de la calpastatina que en *Bos taurus*, por consiguiente los cruces con componente *Bos indicus* poseen una carne más dura.

5.10.2 Condición sexual

Huerta *et al.* (2004), afirman que existe suficiente información científica que respalde, cómo la terneza de la carne en animales castrados es superior a la de enteros. La condición de castrado o entero modifica los tejidos debido a los andrógenos, estimulando el desarrollo muscular y reduciendo la grasa corporal, dando como resultado diferencias a nivel cuantitativo y cualitativo de la calidad de la carne (Sánchez 1987).

Sin embargo, los resultados de la presente investigación en cuanto a condición entero o castrado no muestran diferencia significativa (Cuadro 27), probablemente por la edad a la que fueron sacrificados los animales, en la cual la diferenciación de deposición de tejidos no se ve reflejada en la fuerza de corte aún ya que conforme avanza la edad del animal aumenta la cantidad de tejido conectivo que aumenta la resistencia de corte (Strydom *et al.* 2016). Situación similar presentaron en Vásquez *et al.* (2007) en el cual los animales castrados necesitaron de una fuerza de 4,75 kg/cm² para ser cortados y los enteros de 4,99 kg/cm².

El Cuadro 27, permite observar como la condición castrado disminuye la fuerza de corte en los bovinos, más no así en bufalinos, sin embargo no son valores distantes entre sí, por lo que el ser animales que fueron sacrificados a edades tempranas y además los búfalos al poseer menor cantidad de grasa intramuscular puede explicar esta variación.

Los efectos de la castración en la composición de la carne han sido poco estudiados en búfalos, sin embargo se conoce su efecto en cuanto a composición de los tejidos y rendimiento productivo en otras especies (Fundora *et al.* 2013). Los mismos autores concluyen en su estudio que en búfalos de 615 y 630 días de edad

y 310 y 320 kg respectivamente, no presentaron diferencias significativas entre castrados y enteros.

5.11 Evaluación sensorial

En las variables sabor y terneza no se encontraron diferencias significativas entre condición ni cruce, tampoco en su interacción. El modelo estadístico utilizado encontró ($p < 0,05$) diferencia significativa entre los cruces en la variable jugosidad (Cuadro 28), sin embargo no fue así para condición ni la interacción de los factores condición racial y condición sexual (Cuadro 30).

En el Cuadro 28 se muestran las medias para el efecto cruce en la variable jugosidad, en la cual se encontró diferencia entre Búfalos y el Senepol x Brahman ($p < 0,0022$) y entre Senepol x Brahman y Simbrah ($p < 0,0423$). No se encontró diferencia significativa entre las medias de la variable jugosidad entre Búfalos y Simbrah.

Cuadro 28. Medias (\pm error estándar) de la evaluación sensorial según raza.

Cruce	Jugosidad	Sabor	Terneza
Búfalo (n=11)	59,8 \pm 2,0 ^a	69,0 \pm 1,7	63,3 \pm 3,9
Senepol x Brahman (n=12)	50,1 \pm 1,9 ^b	66,8 \pm 1,6	49,8 \pm 3,7
Simbrah (n=12)	56,0 \pm 1,9 ^a	68,6 \pm 1,6	53,8 \pm 3,7
Valor p	0,0076	0,6074	0,0575

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba DMS.

Se observa en el Cuadro 28 una tendencia ($p = 0,0575$) de la carne de búfalo a presentar una mayor terneza frente a la del cruce Senepol x Brahman, al comparar las medias de las condiciones raciales.

En el Cuadro 28 se observa la baja jugosidad del cruce Senepol x Brahman. Según Strydom *et al.* (2016) la jugosidad de las carnes se ve afectada por la

cantidad de líquido retenido y capturado, antes y después de ser cocinada. En el músculo el agua se presenta de tres formas, ligada a proteínas, atrapada por efectos estéricos y como agua libre. El agua se expele durante el almacenamiento, descongelamiento, y durante la cocción se pierde por evaporación y goteo.

También de presentarse pH muy bajos momentos después del sacrificio pudo predisponer a la carne a una mayor pérdida de agua en forma de exudados, esto por un efecto de la desnaturalización de la cabeza de miosina lo que contribuye a que se reduzca aún más el espacio que ocupa el agua, con una consecuente pérdida de jugosidad para la carne de Senepol x Brahman (Strydom *et al.* 2016).

En el Cuadro 28 se observa como la jugosidad no tuvo efecto entre diferenciar a búfalos y bovinos, pues fueron diferentes de los Senepol x Brahman pero no de los Simmental (F1), y no se encontraron diferencias en sabor y terneza. Mientras que Merle *et al.* (2004), no encontraron diferencias en el sabor y jugosidad, en terneza los búfalos reportaron mejores valores que los bovinos ($P < 0,001$).

Para carne de búfalo de edad al sacrificio de entre 18 y 22 meses, valores de jugosidad (51,92) y suavidad (53,85) más bajos que los encontrados en el Cuadro 28 son reportados por León (2010). Si se interpreta desde un punto comercial, una mayor jugosidad en la carne puede significar mayor peso de carne vendible y en consecuencia mayores réditos económicos por lo que puede interpretarse como una ventaja de la carne de búfalo (Strydom *et al.* 2016).

Los menores valores de jugosidad los presentó el cruce Senepol x Brahman con diferencia significativa frente a los búfalos y a los animales Simbrah. En la jugosidad según Vásquez *et al.* (2007), incide significativamente el marmoleo de la carne lo cual fue acorde con la presentación de los filetes en los que el cruce Senepol x Brahman denotaba menor cantidad de líneas de grasa que las otras muestras como se aprecia en la Figura 8. Además de presentar la mayor fuerza de corte (Cuadro 27) y valores más bajos de terneza (Cuadro 28) aunque ambas sin diferencias significativas.



Figura 8. Corte de los lomos de los animales en la prueba.
 A) Búfalo entero, B) Búfalo castrado, C) Senepol x Brahman entero,
 D) Senepol x Brahman castrado, E) Simbrah castrado.

Según Killinger *et al.* (2004), el marmoleo presenta una alta correlación con la terneza y la jugosidad por lo que animales enteros podrían tener menor terneza y menor jugosidad. Sin embargo, los promedios de las calificaciones de las variables en el panel sensorial para las condiciones entero y castrado sin involucrar el componente cruce, no presentaron diferencia significativa como se muestra en el Cuadro 29.

Cuadro 29. Medias (\pm error estándar) de la evaluación sensorial según condición sexual.

Estado	Jugosidad	Sabor	Terneza
Entero	54,9 \pm 1,6	67,0 \pm 1,3	52,8 \pm 3,0
Castrado	55,7 \pm 1,6	69,2 \pm 1,4	58,4 \pm 3,2
Valor p	0,7516	0,2653	0,2225

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) según prueba DMS.

Medias calculadas con base a 18 animales.

Como se mencionó anteriormente y se demuestra en el Cuadro 29, los resultados de la presente investigación en cuanto a condición no muestran diferencia significativa, probablemente por la edad a la que fueron sacrificados los animales, en la cual la diferenciación de deposición de tejidos no se ve reflejada en la terneza aún. Los tejidos se modifican debido a los andrógenos, estimulando el desarrollo muscular y reduciendo la grasa corporal, dando como resultado diferencias a nivel cuantitativa y cualitativa de la calidad de la carne (Sánchez 1987).

No se presentaron diferencias entre búfalos enteros y castrados para ninguna de las variables organolépticas evaluadas, de igual forma para el cruce Senepol x Brahman. Para las variables sabor y terneza en el caso del Simbrah aunque no es estadísticamente significativa se observa en el Cuadro 30 tendencia a diferir, siendo los animales castrados con más sabor y mayor terneza, no así para jugosidad.

Cuadro 30. Medias (\pm error estándar) de la evaluación sensorial según la combinación de ambos factores.

Raza	Estado	Sabor	Terneza	Jugosidad
Búfalo	Entero	69,3 \pm 2,3	64,8 \pm 5,3	60,1 \pm 2,7
Búfalo	Castrado	68,7 \pm 2,6	61,7 \pm 5,9	59,5 \pm 3,0
Senepol x Brahman	Entero	66,9 \pm 2,3	48,1 \pm 5,3	52,7 \pm 2,7
Senepol x Brahman	Castrado	66,6 \pm 2,3	51,4 \pm 5,3	47,6 \pm 2,7
Simbrah	Entero	64,8 \pm 2,3	45,6 \pm 5,3	52,1 \pm 2,7
Simbrah	Castrado	72,4 \pm 2,3	61,9 \pm 5,3	59,96 \pm 2,7
Valor p		0,1582	0,2069	0,07245

Medias calculadas con base a 6 animales.

De acuerdo a Smith (2001) el mejor sabor de los castrados se debe a un mayor marmoleo. Al fundirse las líneas de grasa con el músculo en el momento de la cocción le da mayor sabor, también al tener más las líneas de grasa, se ve reducida la cantidad y densidad del colágeno/reticulina y cantidad de tejido conectivo, e inclusive de la actividad de la calpastina, sin embargo el marmoleo se

da muy poco a edades tempranas como las del sacrificio de los animales de este ensayo (18 a 19 meses de edad).

Las diferencias en terneza entre animales enteros y castrados son discutidas ampliamente en diversos estudios, concluyendo que los animales castrados tienden a tener una mayor terneza por efecto de la calpastatina, actividad de la testosterona y complejidad de tejido conectivo (Vásquez *et al.* 2007).

La terneza en la carne es dictada por el contenido de tejido conectivo, longitud del sarcómero y ruptura miofibrilar del corte. Según Strydom *et al.* (2016), la fase de tenderización que sucede post sacrificio puede variar la terneza de la carne según las proporciones genéticas del componente *Bos indicus* provocando la inconsistencia de esta variable en el producto comercial. En la fase de tenderización la proteólisis miofibrilar y de sus proteínas asociadas es la clave del por qué los *Bos indicus* poseen menor terneza, ya que entran en acción dos enzimas calcio dependientes (μ calpaina y m calpaina), pero también un inhibidor llamado calpastatina, este último tiene mayor actividad en los *Bos indicus*.

Según Bosques *et al.* (2015), la raza Senepol presenta los genotipos más favorables para adaptabilidad al clima tropical, resistencia a parásitos, docilidad y terneza. Sin embargo, en el presente estudio no se destacaron por su terneza al ser comparados con los Búfalos y Simbrah. La terneza al ser comparada entre cruces y condiciones, si bien es cierto no presentó diferencia significativa, sí se aprecia de manera numérica que el búfalo entero obtuvo mejor terneza que el Senepol x Brahman y Simbrah enteros.

La jugosidad, al ser comparada entre la interacción de las medias de los factores condición racial y condición sexual de la variable dependiente Jugosidad (Cuadro 30), se aprecia una superioridad por parte de los búfalos enteros sobre Senepol x Brahman castrados y los Simbrah enteros. También se observó a favor de los búfalos castrados y también de los Simbrah castrados sobre los Senepol x Brahman castrados.

De acuerdo a Shackelford *et al.* (1995), existe una alta correlación ($r=0,70$) entre las mediciones de fuerza de corte realizadas por el Warner-Bratzler y las evaluaciones sensoriales realizadas en panel sensorial. Al comparar los datos de

terneza del Cuadro 30 y los de fuerza de corte del Cuadro 27, y organizarlos de mayor a menor (fuerza de corte) y de menor a mayor (terneza) se destaca la congruencia de los primeros datos (Simbrah entero y Senepol x Brahman entero).

En las siguientes se observa una leve congruencia como la de los primeros valores pero si perceptible en la relación de los datos (Cuadro 31). Donde a mayor terneza menor valor fuerza de corte, y por el contrario a menor fuerza de corte, mayor valor terneza. Es normal que al comparar dos especies se observen diferencias como éstas, ya que al ser dos especies distintas la composición molecular, física y química de la carne varía por su origen biológico y adaptaciones evolutivas.

Cuadro 31. Comparación de los datos de fuerza de corte (de mayor a menor) obtenida por el Warner-Bratzler y los datos de terneza (de menor a mayor) obtenidos por evaluación sensorial.

Fuerza de Corte	Raza * Condición	Terneza	Raza * Condición
3,9 kg/cm ²	Simbrah entero	45,6±5,3	Simbrah entero
3,8 kg/cm ²	Senepol x Brahman entero	48,1±5,3	Senepol x Brahman entero
3,6 kg/cm ²	Búfalo castrado	51,4±5,3	Senepol x Brahman castrado
3,4 kg/cm ²	Senepol x Brahman castrado	61,7±5,9	Búfalos castrado
3,3 kg/cm ²	Búfalos entero	61,9±5,3	Simbrah castrado
3,2 kg/cm ²	Simbrah castrado	64,8±5,3	Búfalos entero

6. CONCLUSIONES

- Existen claras diferencias entre los búfalos y los bovinos en algunas variables medidas en este ensayo.
- El cruce Senepol x Brahman, fue superior en cuanto a peso al sacrificio y peso de canal caliente, frente a los búfalos y al cruce Simbrah (F1).
- Los búfalos presentaron menor rendimiento en canal, mientras que los cruces bovinos no se diferenciaron entre sí.
- El espesor de grasa dorsal (EGD) fue significativamente mayor en los bufalinos que en los bovinos. Entre cruces bovinos no existió diferencia.
- La estimación del área de ojo de lomo (AOL) fue significativamente menor en los bufalinos que en los bovinos por efecto de la medida de ancho del mismo. Entre cruces bovinos no existió diferencia.
- La condición sexual no influenció en las medidas de AOL y EGD medidas por medio de un pie de rey digital.
- No se encontró efecto del componente racial sobre el peso de Lomo Ancho, tampoco se observó diferencia según la condición sexual, ni en la interacción de ambos tratamientos.
- Se encontró efecto del componente racial sobre el peso de delmónico. Encontrando menor peso para búfalos frente a los bovinos. No se observó diferencia según la condición sexual, ni en la interacción de ambos tratamientos.
- Se encontraron correlaciones significativas entre los cortes finos y las medidas bovinométricas. En los que se destacan para búfalos una correlación moderada/negativa entre la altura de la cruz y el peso de delmónico, en Senepol x Brahman la altura de la grupa mostró una correlación moderada/negativa con el peso de delmónico aunado a esto la circunferencia torácica presentó una correlación moderada/positiva con el peso de lomo ancho. Por último, para los Simbrah (F1) se estimó una correlación moderada/positiva con la circunferencia torácica. No se encontraron correlaciones significativas entre la longitud corporal y pesos de los cortes
- Los cueros bufalinos son significativamente más pesados que los cueros de los cruces bovinos estudiados.

- La castración de los animales resultó en cueros más livianos independiente de su condición racial.
- Se encontró efecto en los pesos de las cabezas por parte de la condición racial pero no en la sexual. Los búfalos presentaron mayor peso de cabeza, los Senepol x Brahman un peso intermedio y los Simbrah (F1) los menores pesos.
- El hueso de la cadera no fue afectado por factores raciales, sexuales ni en su interacción.
- El hueso fémur resultó ser significativamente más liviano en los búfalos que en los bovinos. Entre cruces bovinos no hubo diferencia, tampoco por efecto de la condición sexual.
- El espinazo resultó ser significativamente más liviano en los búfalos que en los bovinos. Entre cruces bovinos no hubo diferencia, tampoco por efecto de la condición sexual.
- El componente racial y la condición sexual no mostraron efecto en la fuerza de corte.
- Las fuerzas de corte presentes en el estudio fueron más bajas que las normalmente encontradas en cortes comerciales en Costa Rica.
- La evaluación sensorial no encontró diferencias en las variables sabor y terneza por condición sexual, ni cruce, tampoco en su interacción.
- Se encontró ($p < 0,05$) diferencia significativa entre los cruces en la variable jugosidad, sin embargo no fue así para condición ni la interacción cruce*condición.
- El cruce Senepol x Brahman obtuvo los valores más bajos de jugosidad por parte, mientras que no se encontró diferencia entre búfalos y Simbrah (F1).
- La condición sexual no tuvo efecto en los resultados de la evaluación sensorial.

7. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio, se extraen las siguientes recomendaciones:

- Se debe continuar con los estudios relacionados al rendimiento y calidad de la carne de los diferentes cruces bovinos que presenten potencial para ser explotados en nuestro país.
- Se debe incentivar una selección genética en pro de la conformación cárnica en bufalinos.
- El consumidor debe exigir mayor calidad al productor y a los intermediarios en materia cárnica.
- Debe de reformarse el sistema de pago en planta de cosecha. De tal forma que se incentive realmente la cosecha de animales a edades tempranas y pesos menores al sacrificio y así favorecer su calidad.
- Debe de mejorarse el sistema de incentivos enfocados a la calidad de la carne, y así tornar más atractiva la producción de carne de calidad y no por volumen.
- La presente investigación demuestra que los búfalos pueden ser sacrificados a edades tempranas y con pesos menores a los 525 kg, pues con el régimen alimenticio utilizado y con edades de entre los 18 y 19 meses presentaron EGD superiores a los recomendados para cortes comerciales.

8. LITERATURA CONSULTADA

- Agarwal V. 1974. Studies on growth rate and carcass quality of buffalo calves as influenced by different planes of nutrition. Thesis (Ph.D.) - Indian Veterinary Research Institute, Bareilly, UP, India.
- Agudelo D., Ceron M., Hurtado A. 2007. El búfalo como animal productor de carne: producción y mejoramiento genético. Revista lasallista de Investigación. 4 (2).
- Al Umeri, S., Al Mamoori N. 2017. Comparative histological and histochemical study of flank region skin, in camel, cow and buffalo. AL-Qadisiyah Journal of Veterinary Medicine Sciences, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 102-107.
- Andrighetto C., Mendes A.J., da Costa R., Oliveira T., Rodrigues E., Beni M. 2009. Relação entre medidas ultrassônicas e da carcaça de bubalinos Murrah abatidos em diferentes períodos de confinamento. Revista Brasileira do Zootecnia 38(9):1762-1768.
- Angulo R., Restrepo L., Berdugo J. 2005 a. Características de calidad de las canales bufalinas y vacunas comercializadas en Medellín, Colombia. Livestock Research for Rural Development 17 (9). Colombia.
- Angulo R., Noguera R., Berdugo J. 2005 b. El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) un eficiente utilizador de nutrientes: aspectos sobre fermentación y digestión ruminal. Livestock Research for Rural Development. 17: (6) 67-71.
- Angulo R., Agudelo D. Cerón M., Muñoz M. 2007. Genetic parameters in buffalo calves fed at full milk in beef production system in middle Magdalena Revista Lasallista de Investigación - Vol. 4 No. 26. Sitio Argentino de Producción Animal. Región Colombia.

- Asghar A., Pearson A. 1984. Advances in food research. New Cork: Academic Press. Irlanda.
- Asociación de Criadores de Búfalo Brasileños (ABCB). 1999. Una opción en los Sistemas de Producción triple propósito. Sn. St. Brasil. Se. p.1
- Arroyo - Oquendo C., Herrera J. I., Saborío A. 2016. Efecto de la castración sobre el crecimiento de los animales y la calidad de la canal in vivo y post mortem de las razas Simbrah (F1), Senepol x Brahman (F1) y Bufalipso en un sistema estabulado en Guápiles, Limón. (Sin publicar).Costa Rica.
- Arroyo - Oquendo C., Villareal M., Lopez J., Camacho J. 2010. Efecto de la composición racial y la castración sobre la suavidad del musculo *Longissimus dorsi thoracis* de bovinos de carne en confinamiento. XIII Congreso Agropecuario y Forestal.
- Atencio O., Huerta N., Rodas A. 2007. Predicción del rendimiento en cortes, hueso y grasa en búfalos de agua en Venezuela. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 42(12): 1801-1809.
- Bellido, M., Escribano M., Mesías J., Rodríguez A., Pulido F. 2001. Sistemas Extensivos de Producción Animal. Universidad de Extremadura. Arch. Zootec. 50: 465-489.
- Bento R., Medeiros L. Costa L. 1990. Efeito da idade à castração sobre o desenvolvimento e qualidade da carcaça de bubalinos. Reunião da sociedade brasileira de zootecnia, 27.445. Brasil.
- Belew, J. B., Brooks J. C., McKenna D. R., Savell J. W. 2003. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. Meat Science. 64:507–512.

- Boleman J., Boleman L., Miller K., Taylor F., Cross R., Wheeler, L., Koohmaraie M., Shackelford D., Mille F., West L., Johnson D., Savell W. 1997. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science* 75: 1521-1524.
- Bolivar D., Ceron M., Ramírez E., Agudelo D. 2010. Usos y tendencias de las pruebas de desempeño y su aplicación en Colombia. *Revista lasallista de Investigación*. 7 (1).
- Boquerón M., Perth J. 2007. Publicación electrónica de Bongust Producciones SL. El entremés búfalo. Sn. St. Australia. Se. V3. p.5.
- Bosques J., Pagan M., Casas A., Rivera A., Cianzio D. 2015. Segregación de polimorfismos en p-calpaína y calpastatina en ganado para carne en Puerto Rico. *J. Agríc. Univ. P.R.* 99(2):105-116.
- Brito, G. 2013. Desempenho e características da carcaça e da carne de bovinos de diferentes grupos genéticos / Jaboticabal, vii, 84 p. Brasil
- Campos J., De Pedro E., Astudillo R., Cabas J., Vallejos R., Velasco J. 2016. Estimación del área de lomo total In Vivo y rendimiento al desposte de bovinos destinados a un mercado exigente. *Revista Científica*, vol. XXVI, (2) 120-126 p.
- Calkins C., Sullivan G. 2007. Ranking of Beef Muscles for Tenderness. National Cattlemen's Beef Association. *Journal of Food Quality*. University of Nebraska. Reports. 90. Estados Unidos de America.
- Carvajal G. 2001. Valor Nutricional de la Carne de: Res, Cerdo y Pollo. CORFOGA. San José, Costa Rica. 55 p.

- Casis, C. Maala, C. Sarabia, A. 2001. Comparative microscopic anatomy of the skin of the Philippine carabao and Philippine Murrah crossbreeds. Philippines Univ. Los Banos, College, Laguna (Philippines). Philippine Carabao Center.
- Cedrés J., Crudeli G., Exequiel M., Rebak G., Bernardi A. Rivas P., Barrientos G. 2002. Composición química y características físicas de la carne de búfalos criados en forma extensiva en la provincia de Formosa. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- Cedrés J., Rebak G., Patiño E., Crudeli G., Rivas P. 2003. Pesos y rendimiento de residuos duros y blandos obtenidos de la faena de búfalos criados en forma extensiva en el Nordeste Argentino. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- Cedrés, J.F. 2004. Rendimiento Carnicero del Búfalo. En: Búfalos en Argentina. Ed. Moglia SRL. Corrientes, p 82.
- Cedrés J., Rebak G., Patiño E., Crudeli G., Rivas P. Brenn M. 2004. Características carniceras del búfalo en el nordeste argentino. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste.
- Chacón A. 2005. Efecto de la maduración, cocción y congelamiento sobre la suavidad, rendimiento y carga microbiana del corte de solomo (outside). Agronomía Mesoamericana. 16(2): 199-213.
- Chantalakhana, C. 1981. Research on the water buffaloes in Thailand during the last decade. Proc Workshop on the use of nuclear techniques to improve buffalo production in Asia. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University. p 25.

- Christensen K., Johnson D., West R., Hargrove D., Marshall T., Rogers L. 1991. Actors influencing intermuscular fat and other measures of beef chuck composition. *J. Anim. Sci.* 1991. 69:4461 – 4468.
- Cianzio D. 2012. Historia breve del ganado Senepol en Puerto Rico: Un informe en colaboración. Simposio Senepol, Santa Cruz, USVI. Colegio de Agricultura, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez. Estados Unidos de America.
- Cohen, R., King B., Jansen E., Nicholson H. 1991. The effect of castration age, method and implant regime on growth and carcass traits of male beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 71:301-309.
- Constanza A., Montoya L. 2010. Evaluación de parámetros reproductivos y productivos a diferentes niveles de cruzamiento entre las razas Simmental, Brahman y Simbrah en una finca de 600 animales ubicada en Ginebra Valle del Cauca. Tesis para optar por el grado de medicina veterinaria. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 105p.
- Cordova A., Rodriguez G., Cordova M., Cordova C., Pérez J. 2005. Ganancia diaria y peso al destete en terneros de cruces *Bos taurus* con *Bos indicus* en trópico húmedo. *Revista MVZ Córdoba*; 10: (1), 589-592p.
- CORFOGA. 2017. Estadísticas del sector cárnico bovino costarricense. Corporación Ganadera. Febrero. CG-DID-PRES-17-002. Costa Rica.
- Crouse, J.D., Cundiff L.V., Koch R.M., Koohmaraire M., Seideman S.C. 1989. Comparison of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristic and mean palatability. *J. Anim. Sci.* 67: 2661-2668.
- Crudeli G. 2004. La especie bufalina. Proc. II Simposio de búfalos de las Américas. Corrientes, Argentina.

- De Oliveira G., Okamura V., De Almeida R., Torres J., Da Silva L., Gondo A., Do Egito A., Santana M. 2015. Diversidade genética da raça Senepol no Brasil por meio de análise de pedigree. 52ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Zootecnia: Otimizando Recursos e Potencialidades. Belo Horizonte, Brasil.
- Dikeman M., Pollak J., Taylor J. Davis S., Holm T., Koontz S., Gill C., Moser D., Dressler A. 2003. Warner-bratzler shear force values and ranges of steaks from cattle of known sires. Cattlemen's Day. Estados Unidos de America.
- Doydora M., Salces A., Oliveros M., Geromo R., Migrino A., Elumba J. 2014. Carcass and sensory characteristics of different breeds of beef cattle raised in a ranching operation. Phillip J Vet Anim Sci 2014, 40 (2): 159–168.
- Fundora O., González M., Tuero O., Vera A. 2003. Comparación del comportamiento productivo y la conducta de búfalos de río y vacunos acebuados en pastoreo en la etapa de crecimiento-ceba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 37, núm. 2, 157-161 pp.
- Fundora O., Torres V., Medina J., Sarduy L., González M. 2013. Effect of castration on carcass yield and composition of crossbred river buffaloes (Buffalypso) in the growth stage. Cuban Journal of Agricultural Science. 47(4).
- Fundora O. 2015. Comportamiento de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) de la raza Buffalypso en sistemas de alimentación basados en pastoreo: quince años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 49, Número 2, 161-171p.

- Galo P., Paniagua P., Ocampos D., Dueck J., Gonzales J. 2012. Desempeño productivo de bovinos machos enteros y castrados en un sistema de engorde a corral en el Departamento de Boquerón – Chaco Central. *Investig. Agrar.*;14 (2):101-106.
- Garriz C.A., Parodi J., Garcia P., Tardioli M.G., Gambaruto M., Artilso C. Sal Paz, A.R. 1982. Evaluación de la aptitud carnicera en reses de novillos de raza Criolla: rendimientos en cortes comerciales, calidad de la carne y composición química del músculo y de la grasa. *Rev. Técnica, INTA*, 2(2), p.7-78.
- Garris C. 2000. Subproductos ganaderos: Huesos. Convenio INTA/CCDH. 13 (110). Argentina.
- Gómez J. 2012. Indicadores de producción del cruzamiento de razas de carne en novillas de reemplazo y novillos de engorde. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Honduras.
- Gonzales M. 2013. Valor comercial de la canal y de la carne de toretes Senepol x Brahman en Venezuela. Trabajo de grado sometido a la consideración de las Comisiones de Estudios de Postgrado de las Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias como requisito para optar al grado académico de Maestro en Producción Animal. Universidad Central de Venezuela Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias Postgrado en Producción Animal. Venezuela.
- Gregory N. 2008. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. *Meat Science*. 9; 80(1):2 - 11
- Groves C. 1989. Bovidae in fauna of Australia. Vol. 1B. *Mammalia* 1061-1066 p. Australia.

- Guardiola S.A. 2006. Rendimiento total de una canal de bovino. BovinoTecnica Boletín técnico Virtual. Universidad Nacional Autónoma de México. 9 mayo 2015.
<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgZooG011.pdf>
- Holmann F., Rivas L., Pérez E., Castro C., Schuetz P., Rodríguez J. 2007. La cadena de carne bovina en Costa Rica: Identificación de temas críticos para impulsar su modernización, eficiencia y competitividad. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Internacional Livestock Research Institute (ILRI); Corporación Ganadera (Corfoga), 68p. Costa Rica.
- Hossain M., Uddin M., Shil S., Kabir M., Mahmud M., Islam K. 2016. Histomorphometrical Characterization of Skin of Native Cattle (*Bos indicus*) in Bangladesh. American Journal of Medical and Biological Research, 4(3), 53-65.
- Huerta N., Arenas De Moreno L., Uzcátegui S., Ojeda A., Colina G., Jeréz N. 1997a. Valor nutritivo de la carne del búfalo de agua (*bubalus bubalis*) vs. Vacunos acebuados con similares rasgos en canal. Resultados preliminares. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(Supl. 1): 583-585.
- Huerta N., Mansutti D., Rodas A. 1997b. Variación de características de la canal de búfalos y vacunos enteros, cebados a pastoreo y correlaciones con el rendimiento en cortes valiosos, grasa recortada y hueso. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(Supl. 1): 577-579.
- Huerta N., Rodríguez R., Ojeda A., Quintero A., Jerez N. 1997c. Características cárnicas de búfalos de agua vs. Vacunos acebuados. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(Supl. 1): 574-576.

- Huerta, N., Rodas A. 1998. El ganado de doble propósito. ¿Carne para consumidores exigentes?. En: C. Gonzáles *et al.* (eds). Mejorada de la ganadería mestiza de doble propósito. Maracaibo, Venezuela.
- Huerta N., Rodas A., Smith G. 2004. Efecto de maduración al vacío e influencia del semental sobre la palatabilidad del *Longissimus* de toros F1 Senepol x Cebú producidos a pastoreo. Revista Científica, FCV-LUZ 14(3) 263-269 p.
- Huerta N., Rodas A., Vidal A., Colina O., Rodríguez R. 2001. Comparison of water buffaloes vs. Zebu - Type cattle on carcass traits at contemporary ages. In: Proceedings VI World Buffalo Congress: an alternative for animal agriculture in the third millenium. Maracaibo, Venezuela, 46 -52.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica (INEC). 2015. VI Censo Agropecuario Nacional 2014. Instituto Nacional de Estadística y Censos. 1 Edición. San José. Costa Rica.146 p.
- Jaramillo D. 1991. Musculatura. El cebú.19 (234): 44-47. Colombia.
- Jerez N., Martinez G., Gonzales M. 2015. Valor comercial de la canal y de la carne de toretes Senepol x Brahman en Venezuela. Revista Científica, Facultad de Ciencias Veterinaria - Luz. 25(6) p. 462-4709.
- Killinger, K., Calkins C., Umberger W., Feuz D., Eskridge M. 2004.Consumer sensory acceptance and value for beef steaks of similar tenderness, but differing marbling level. J. Anim. Sci. 82:3294-3301.
- León N. 2010. Caracterización físico-química del lomo (*Longissimus dorsi*) de Búfalas de agua Murrah x Mediterráneo. Proyecto de graduación para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con Énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

- Lopez B. 2009. Evaluación de dos procesos de maduración en los músculos *Longissimus dorsi* y *Bíceps brachii* en carne de res. Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura. Zamorano, Honduras.
- Luchiari A. 2000. Pecuaria da carne bovina. São Paulo: A. 134p. Brasil.
- Malhado C., Ramos A., Carneiro P., Souza J., Wechsler S., Eler J., Azevêdo D., Sereno J. 2008. Modelos no lineales para describir el crecimiento de bufalinos de la raza Murrah. Arch. Zootec. 57 (220): 497-503
- Mansutti D., Merle S., Gonzalez J., Rodas A., Huerta N. 1997a. Búfalos de agua (*bubalus bubalis*) vs. Vacunos acebuados. Comparación en carnicería de machos enteros por categorías y pesos en canal. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(Supl. 1): 580-582.
- Mansutti D., Sencleer J., Gonzalez J., Rodas A., Huerta N. 1997b. Búfalos de agua (*bubalus bubalis*) vs. Vacunos acebuados. Comparación de machos enteros en el rendimiento en canal y subproductos de la matanza. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5(Supl. 1): 571-573.
- Mansutti D., Merle S., Gonzales J., Gonzales A., Huerta N. 2008. Búfalos de agua (*bubalus bubalis*) vs. Vacunos acebuados. Comparación en carnicería de machos enteros por categorías y pesos en canal. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5 (Supl. 1): 580-582.
- Manzaneres N., Villalón H., Moreno G. 2015. Evaluation of Prospects Cattle Stallions of the Breed Simmental and Simbrah. Global Journal of Animal Scientific Research. 3(1):57-64.

- Martínez J. 2009. Análisis del mejoramiento y competitividad en la ganadería de carne ante la apertura comercial en Costa Rica. Tesis para optar por el título de licenciatura en Economía Agrícola y Agro negocios. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Costa Rica.
- Martínez G., Petrocinio J., Herrera P. 1998. Factores que afectan el peso al destete en un rebaño de bovinos de carne. Rev. Fac. Agron. (LUZ).15: 266-277
- Medina J. 2009. Caracterización de la calidad de la carne de búfalo en pastoreo. Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Zootecnista. Escuela Superior Politécnica del Chimbonazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Ecuador.
- Mendes A.J. 2001. Produção e qualidade da carne bubalina. Simpósio Paulista De Bubalinocultura, II. P.1-47.
- Mendes A. J., Calixto M.G., Andrighetto C., Millen D.D., Gonçalves J.G. 2003. Composição física e relação entre os tecidos da carcaça de bubalinos de três grupos genéticos terminados em confinamento e abatidos em diferentes estágios de maturidade. XI Reunião Annual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia. (1) p. 1-5.
- Mendes, A., Andrighetto C., Domingues D., Golfetto M., Freitas A. 2005. Características Quantitativas da Carcaça de Bubalinos de Três Grupos Genéticos Terminados em Confinamento e Abatidos em Diferentes Estádios de Maturidade. Em: Revista Brasileira de Zootecnia. Vol. 34, No. 6; p. 2376-2381
- Mendes A., Andrighetto C., Francisco C. 2007. Correlations among carcass traits taken by ultrasound and after slaughter in Mediterráanean (*Bubalus bubalis*) young bulls. Italian Journal of Animal Science, (6) p. 1160-1162.

- Mendes A., De Lima C. 2011 a. Aspectos nutricionales del búfalo. Tecnología en Marcha. Revista Especial. 24(5), P. 105-120.
- Mendes A., De Lima C. 2011 b. Evaluación de canales y calidad de la carne de búfalo. Tecnología en Marcha. Revista Especial. 24(5), P. 36-59.
- Merle S., Sencleer J., Rodas A., Gonzalez J., Mansutti D., Huerta N. 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. 2004. 12(3): 112-120.
- Morales S., Murillo L. 2015. Análisis del censo ganadero 2014 para el sector ganadero. Corporación Ganadera.
- Murillo L. 2015. Informe estadístico. Departamento de Investigación y Divulgación. Corporación Ganadera. Costa Rica
- Nascimento C., Moura O. (1993). Criacao de Bufalos: alimentacao, manejo, melhoramiento e instalacoes. Embrapa SPI, Brasilia, Brasil.
- O'Coonor S., Tatum J., Wulf D., Green R., Smith G. 1997. Genetic Effects on Beef Tenderness in Bos indicus Composite and Bos taurus Cattle. J. Anim. Sci.. 75:1822–1830.
- Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). 2012. Bienestar animal y sistemas de producción de ganado vacuno de carne. Código Sanitario para los Animales Terrestres de la OIE. Capítulo 7.9., 14 p.
- Owens F. N., Dubeski P., Hanson C. F.. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. Journal of animal science 71:3138-3150
- Pathak N.1996. Economic rearing of buffalo calves. Izatnagar, India: Indian Veterinary Research Institute. p.1-12. India.

- Paul S. 2011. Nutrient requirements of buffaloes. R. Bras. Zootec., v.40, p.93-97.
- Almaguer Y. 2007. El búfalo, una opción de la ganadería. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria ISSN 1695-7504. Sn. St. Cuba. Se. v8.p.16.
- Peixoto M., Lourenço J., Faturi C., Garcia A., Nahúm B., Lourenço L., Meller L., Oliveira K. 2012 . Carcass quality of buffalo (*Bubalus bubalis*) finished in silvopastoral system in the Eastern Amazon, Brazil. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 64(4), p.1045-1052.
- Pineda S., Diaz A., Sepúlveda J., Ramírez E., Agudelo D., Cerón M. 2013. Curvas de crecimiento post-destete en el ganado Senepol de Colombia. Revista Lasallista de Investigación - Vol. 10 No. 1. 9 – 17 p.
- Prakash H.1990. Energy balance studies in male Murrah buffalo calves. 1990. 175f. Ph.D. (Thesis) – Indian Veterinary Research Institute, Bareilly, UP, India.
- Ramírez B., Verdecia D., Font H., Leyva L., Ramírez Y. 2010. Rendimiento de la canal en búfalos de río (*Bubalus bubalis*) y Bovinos mestizos (*Bos indicus* x *Bos taurus*) en el Municipio Bayazo. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 11(7): 1695-7504.
- Rébak G., Capellari A., Ynsaurralde A., Alarcón A. 2010. Exploratory study of ultrasound on properties of meat in buffaloes in the northeast of Argentina. Revista Veterinaria 21(1):512-514.
- Rebak, G., Capellari A., Revidatti M., Zorzoli N. 2002. Rendimiento de despostada y de cortes comerciales de novillos cruza 2/3 Cebú y 2/3 Hereford en el Norte de la Provincia de Corrientes. Cátedra de Zootecnia General - Facultad de Cs. Veterinarias- UNNE. Corrientes – Argentina.

- Restle J., Vaz F., Feijó, G. 2000. Características de carcaça de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes composições raciais Charolês e Nelore. Rev. Bras. Zootec. v.29 .1371-1379.
- Restrepo F., Peña M., Velásquez C. 2012. Evaluación de crecimiento y medidas de músculo y grasa en la ceba de búfalos en la hacienda Berlín de Puerto Salgar. Memorias I Congreso Colombiano de Zootecnia. Universidad de la Salle. Colombia.
- Riaño A., Sierra C. 2008. Evaluación del comportamiento de los rendimientos en canal carne, hueso y grasa de los cruces comerciales bovinos participantes en los concursos de ganado cebado realizados en Colombia. Revista Ciencia Animal Nº 1: 37-50.
- Riley R.R., Smith H.R., Cross H.R., Savell J.W., Long C.R., Cartwrigth T.C. 1986. Chronologica age and breed type effects on carcass characteristic and palatability of bull beef. Meat Sci. 17:18.
- Rodríguez. 2012. Effects of castration on carcass composition, meat quality, and sensory properties of beef produced in a tropical climate. Trabajo para optar por el título de maestría. Kansas State University, Manhattan, Estados Unidos de America.
- Rodríguez V., De Andrade I., Días J., Neto I., Rodríguez V. 2001. Avaliação da composição corporal de bubalinos e bovinos através do ultrassom. Ciência Agrotécnica 25(5):1174-1184.
- Rodríguez V., De Andrade F., De Freitas R., Bressan C., Teixeira J. 2003. Rendimientos do Abate e Carcaça de Bovinos e Bubalinos Castrados e Inteiros. Revista Brasileira Zootecnia. 32(3) p.663-671.

- Rojas B. 2016. Boletín Estadístico Diciembre. Corporación Ganadera, Departamento de Investigación y Divulgación. CG-DID-INF-16-021. Costa Rica.
- Rojas B. 2017a. Boletín Estadístico Enero. Corporación Ganadera, Departamento de Investigación y Divulgación. CG-DID-INF-17-002. Costa Rica.
- Rojas B. 2017b. Boletín Estadístico Agosto. Corporación Ganadera, Departamento de Investigación y Divulgación. CG-DID-INF-17-22. Costa Rica.
- Rosales R., WingChing-Jones R. 2006. Desarrollo de hatos de búfalos de agua sostenibles para la producción de carne, leche y sus derivados en la provincia de Limón. Proyecto JAPDEVA, Informe Final. Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. 80p. Costa Rica.
- Sánchez G. 1987. "Calidad de la carne". Revista el cebú 19. (234) p 44 – 47. Colombia.
- Sanchez J. 2006. Transporte de ganado bovino. BovinoTecnica Boletín técnico Virtual. Universidad Nacional Autónoma de México. 9 mayo 2015. <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/departamentos/rumiantes/bovinotecnia/BtRgZooG009.pdf>
- Sanint J (2006). Pasado, presente y futuro del búfalo en Colombia. En Memorias de III Simposio Búfalos de las Américas. Medellín: Asociación Colombiana de Criadores de Búfalos.
- SAS Institute Inc. 2011. SAS 9.3 for Windows. Service Pack 4. Win. Pro. Plataforma. Copyright © 2011 by SAS Institute. Inc. Cary, N. C. USA.

- Shackelford S. D., Morgan J., Cross H., Savell W. 1991. Identification of threshold levels for Warner-Bratzler shear force in beef top loin steaks. *Journal Muscle Foods* 2:289–296
- Shackelford, S. D., T. L. Wheeler, and M. Koochmaraie. 1995. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 3333-3340.
- Shackelford, S.D., Wheeler T.L., Koochmaraie 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. *J. Anim. Sci.* 75: 2417-2422.
- Shahid R., Muhammad F. 2001. Comparative gross anatomical study of the axial skeletons of buffaloes and cows. *Pakistan Vet. Journal.* 21(1). 55 - 56 p.
- Simón L., Galloso M. 2011. Presencia y perspectivas de los búfalos en Cuba. *Pastos y Forrajes.* 34(1). 3-20 p.
- Smith, G.C. 2001. Global sources of and markets for, beef (and perhaps, for buffalo meat); factors affecting palatability of beef and meat from the water buffalo. En: *Proceedings VI World Buffalo Congress. The buffalo: an alternative for animal agriculture in the third millennium.* Huerta-Leindenz, n., J. Vergara y F. Rodas-González (eds.) 1(Lectures): 172-201. Venezuela.
- Sorio H. 2009. *Pastoreo Voisin: teorías – practica – vivencias.* Editorial Méritos. Brasil. 284p.

- Strydom P., Lühl J., Kahl C., Hoffman L. 2016. Comparison of shear force tenderness, drip and cooking loss, and ultimate muscle pH of the loin muscle among grass-fed steers of four major beef crosses slaughtered in Namibia. *South African Journal Of Animal Science* 46(4):348p.
- Tatum, J.D., Green R.D., O'Connors S.F., Smith G.C. 1996. Puntos críticos del control genético para mejorar la terneza en carnes de res de cruces de bovinos tolerantes al calor. En: n. Huerta, N. y K.E. Belk (eds.). *El ganado Brahman en el umbral del siglo XXI. Memorias del Congreso Mundial de la Raza Brahman*. pp. 374-403. Venezuela.
- 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. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 8(2), 60-65.
- Velásquez J., Alvarez S., Corrales J. 2016. Predicción del rendimiento cárnico a partir de medidas *in vivo* en búfalos. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28, Article #64.
- Wyatt W., De Rouen S., Bidner T., Humes E., Franke E., Blouin C. 2005 Feedlot Performance and Carcass Characteristics of Brahman x British and Brahman x Continental Beef Steers. *Journal of Animal Science* 83:26-26
- Zone A. 2013. Engorde, producción y comercialización de novillos y toritos en la Argentina. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Argentina.

9. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de calificación sensorial de los lomos

Evaluación sensorial de lomo

Nombre: _____ Fecha: _____ Serie: _____

A continuación evalúe **la jugosidad, la suavidad y el sabor** de la carne. Marque con una línea vertical sobre la horizontal en el lugar que usted considere apropiado en la escala correspondiente. Enjuague su boca una vez evaluada cada muestra y si así lo desea puede descartar las muestras y enjuagues en los vasitos desechables dispuestos con ese fin, al terminar deposite los desechos en el basurero ubicado a la salida de los cubículos.

Muestra: _____

Jugosidad (cantidad de líquido desprendido al masticar la carne)

poco jugoso muy jugoso

Suavidad (temeza de la carne)

poco suave muy suave

Sabor (evalúe que tan apetitoso (deseable) le resulta el sabor de la carne percibido durante la masticación)

poco deseable muy deseable

Muestra: _____

Jugosidad (cantidad de líquido desprendido al masticar la carne)

poco jugoso muy jugoso

Suavidad (temeza de la carne)

poco suave muy suave

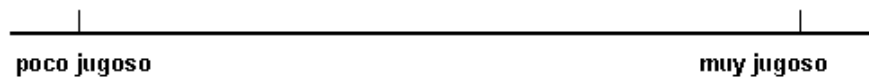
Sabor (evalúe que tan apetitoso (deseable) le resulta el sabor de la carne percibido durante la masticación)

poco deseable muy deseable

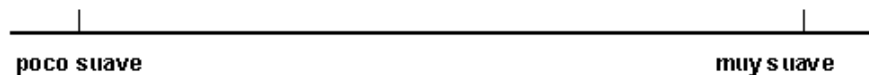
Muchas Gracias

Muestra: _____

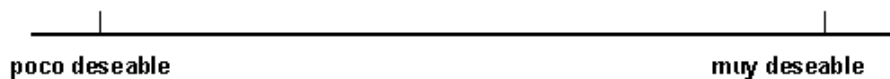
Jugosidad (cantidad de líquido desprendido al masticar la carne)



Suavidad (terneza de la carne)

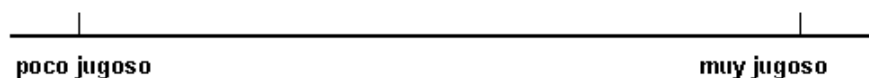


Sabor (evalúe que tan apetitoso (deseable) le resulta el sabor de la carne percibido durante la masticación)

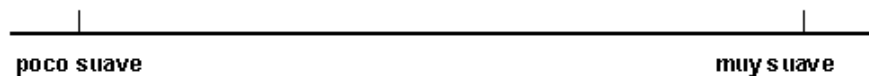


Muestra: _____

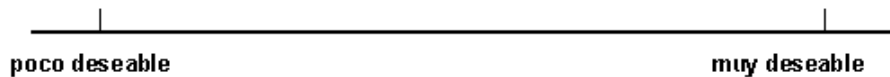
Jugosidad (cantidad de líquido desprendido al masticar la carne)



Suavidad (terneza de la carne)



Sabor (evalúe que tan apetitoso (deseable) le resulta el sabor de la carne percibido durante la masticación)



*Mykel
Cruz*

