

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Evaluación del rendimiento productivo de la canal y calidad de carne de animales Brahman, Brangus (negro) y el cruce Wagý x Charbray; enteros y castrados, en un sistema estabulado

Luis Gerardo Zamora Cerdas

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

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2016

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.

---

M.Sc. Carlos Arroyo Oquendo

Director de tesis  
Director Escuela de Zootecnia

---

M.Sc. Sandra Calderón Villaplana

Miembro del tribunal de Graduación

---

M.B.A. Juan Ignacio Herrera

Miembro del tribunal de Graduación

---

M.Sc. Alejandro Saborío Montero

Miembro del tribunal de Graduación

---

M.Sc. Fabio Blanco Rojas

Miembro del tribunal de Graduación

---

Bach. Luis Gerardo Zamora Cerdas

Sustentante

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la salud para levantarme cada día y la oportunidad de estudiar.

A mis padres Jorge Zamora Hidalgo y Miriam Cerdas Calderón, que con tanto amor y esfuerzo me han brindado su apoyo en todo momento de mi vida.

Mis hermanos Katherine y Jorge quienes constituyen una gran fuente de inspiración en mi vida.

A todos mis compañeros, en especial los de generación (Rolando, Melissa, Paola, Erika, Solanguie, Alejandro, John, Ronald, Gustavo, Marcel, Daniel, Mariana, Adrián, Andrea y Joice) por todas las muestras de cariño y humildad; deseando siempre lo mejor para mi persona; gracias por todo el aprendizaje, consejos y amistad.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al Msc. Carlos Arroyo Oquendo, por ser excelente profesor, consejero y amigo.
- Don Fabio Blanco, por colaborar con el análisis estadístico y aportes 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 amistad.
- Abel Fonseca del panel sensorial, por toda la colaboración durante el desarrollo del proyecto.
- Los profesores de la Escuela de Zootecnia, quienes son parte de este logro.
- Águeda Serrano de asuntos estudiantiles, gracias por todo, colaboración, amistad y buenos consejos.

# INDICE GENERAL

Contenido

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE CUADROS .....	vii
INDICE DE FIGURAS .....	viii
INDICE DE ANEXOS .....	ix
RESUMEN .....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS.....	4
2.1 Generales: .....	4
2.2 Específicos:.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1 Factores Ante-mortem involucrados en la calidad de carne .....	6
3.1.1 Raza.....	6
3.1.2 Alimentación .....	7
3.1.3 Aditivos no nutricionales .....	7
3.1.4 Efecto de la castración .....	9
3.2 Factores post mortem involucrados en la calidad de carne. ....	10
3.2.1 Enfriamiento .....	10
3.2.2 Estimulación eléctrica .....	11
3.2.3 Maduración.....	11
3.2.6 Congelación.....	12
3.2.7 Método de cocción.....	13
3.3 Método del Warner-Bratzler.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS .....	17

4.1 Procedimiento general .....	17
4.7 Procedimiento para determinación de fuerza de corte. ....	22
4.9 Análisis estadístico, en Coopemontecillos, panel sensorial y fuerza corte.....	24
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
5.1 Pesos al sacrificio y rendimiento en canal. ....	26
5.3 Fuerza de corte .....	34
5.4 Evaluación sensorial .....	36
CONCLUSIONES .....	43
RECOMENDACIONES .....	44
LITERATURA CONSULTADA .....	45
ANEXOS.....	51

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Efecto del clorhidrato de Zilpaterol con y sin implante en calidad de carne.	8
2	Distribución de los animales en cada corral durante el ensayo.	18
3	Clasificación de cortes tomados de la canal en: lomos, primeras, segundas, huesos, cortes con hueso y recortes industriales.	19
4	Promedios $\pm$ error estándar de: el peso al sacrificio, peso de la canal y rendimiento en canal según raza (n=8) condición (n=12) y la combinación (n=4) (raza*condición).	27
5	Promedios $\pm$ error estándar en pesos de cabeza y cuero para razas (n=8), condición (n=12) (entero – castrado) e interacción (n=4) (raza * condición).	29
6	Porcentaje de rendimiento $\pm$ error estándar en: lomos, huesos, cortes de primera, segunda, con huesos y recortes industriales para los bovinos estudiados según su raza (n=8) de bovinos, condición (n=12) y la interacción (n=4) entre ambos factores.	31
7	Promedios $\pm$ error estándar de fuerza de corte para la interacción (n=4) (Raza * Condición).	34
8	Promedios de calificaciones $\pm$ error estándar en panel sensorial para las razas Brahman (n=8), Brangus (n=8) y el cruce Wagýú x Charbray (n=8) en animales enteros y castrados.	37

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Ilustración de labores en cocción y degustación de la carne para cada sesión de panel.	21
2	Ilustración de labores realizadas para efectuar la fuerza de corte.	22
3	Ilustración de la medición del espacio intercostal, ancho de costillas, pesaje de la cabeza y de la canal.	23
4	Promedios de calificación por raza para los descriptores de: sabor, suavidad y jugosidad en las razas evaluadas sobre el lomo ancho.	38
5	Promedios de calificación en la degustación del lomo ancho, para las variables de sabor, jugosidad y sabor según la condición (entero – castrado).	40



## INDICE DE ANEXOS

Anexo	Título	Página
1	Pesos de cortes con huesos, huesos y recortes industriales, según raza y condición.	51
2	Peso de cortes de lomos y primeras según la condición de los animales.	52
3	Peso de segundas según la condición del animal	52
4	Peso de cortes con hueso, huesos y recortes industriales según la condición de los animales.	53
5	Promedios $\pm$ desviación estándar para el ancho de costillas y espacio intercostal para la raza (n=8), la condición (n=12) y la interacción (n=4) entre ambas.	53
6	Resultados de fuerza de corte para los animales estudiados.	54
7	Pesos de cortes de segunda según su condición (enteros y castrados).	55
8	Pesos de cortes de lomos y primeras, según raza y condición de los animales.	56
9	Ficha de calificación entregada a los panelistas, en cada sesión de panel sensorial.	57

## RESUMEN

Se evaluó el rendimiento productivo en lomos, cortes de primera, segunda, peso huesos y recortes industriales en animales Brahman, Brangus (negro) y el cruce Wagyu x Charbray (W x C) en la condición de enteros y castrados. Además se pesaron los cueros y las cabezas de todos los animales; se midió también el espacio intercostal, ancho de costilla (5<sup>ta</sup>). Posteriormente se llevaron los lomos anchos del lado izquierdo de cada animal para el Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA) para llevar a cabo un conjunto de paneles sensoriales donde panelistas entrenados evaluaron la calidad de carne sobre descriptores de suavidad, jugosidad y sabor. En el panel sensorial del CITA además, se realizó fuerza de corte, para una muestra de lomo ancho de cada uno de los bovinos estudiados. El cruce W x C y la raza Brangus mostraron diferencias significativas en peso al sacrificio y peso de la canal caliente en comparación con la raza Brahman, no así para el rendimiento de la canal ( $p=0,2022$ ). La raza Brahman mostró mayor porcentaje en cortes de primera en comparación con los animales Brangus (negro) obteniendo diferencias significativas ( $p=0,0039$ ). Además los animales Brahman presentaron cueros más pesados en comparación con el Brangus y el cruce W x C encontrando diferencias significativas ( $p=0,0012$ ). Los resultados de la evaluación de la carne cocida, demuestran diferencias significativas en animales Brahman y Brangus, con puntuaciones más altas para sabor y jugosidad en comparación con el cruce W x C; no así la suavidad, que no presentó diferencias estadísticas. Los animales Brangus castrados mostraron ser más suaves en comparación con las demás razas, mostrando diferencias significativas. Además al comparar el efecto de la condición, se obtuvieron promedios de mejor calidad de carne por parte de los animales castrados obteniendo diferencias significativas ( $p<0,05$ ) en suavidad, jugosidad y sabor. En fuerza de corte, no se encontraron diferencias significativas, para las razas, condiciones ni interacciones, aun así los bovinos estudiados presentaron una fuerza ( $\text{Kg/cm}^2$ ) de corte máximas y mínimas de 3,63 y 2,88 para el cruce de WxC

entero y el Brangus castrado respectivamente, indicando, que podría ser percibida por la gran mayoría de consumidores como carne suave.

## INTRODUCCIÓN

Con el tiempo, el consumo de carnes como alimento ha mantenido una posición de prestigio, tanto social como económico (Acevedo 2004). En la medida que el nivel socioeconómico aumente; las personas tienden a demandar una mejor calidad y cantidad de productos cárnicos (Torres 2013).

De acuerdo con Acevedo (2004) la carne es uno de los alimentos más nutritivos para consumo humano, debido a su aporte alto en proteínas de alto valor biológico, además de las grasas, vitaminas y minerales; provee calorías procedentes fundamentalmente de su contenido de lípidos, vitaminas del complejo B, ciertos minerales como hierro, zinc, fósforo y ácidos grasos esenciales. La composición de la carne varía según la especie, sexo y edad de los animales (Chacón 2004).

En Costa Rica, la producción de cortes finos selectos de carne bovina (lomo, lomo ancho y cola de lomo) están dirigidos hacia el mercado internacional (Cubero 2011). Los principales mercados de destino de carne fresca son: Estados Unidos, Puerto Rico, Nicaragua, México y Honduras. Por otra parte, el consumo per cápita aparente (Kg/año) como promedio anual desde el 2009 hasta el 2015 respectivamente, muestra una tendencia decreciente. En el 2009 el consumo per cápita fue de 18,3 y para el 2015 este fue de 12,6 kilos/año. Entre las razones que se señalan para esta disminución es la baja calidad de la carne de consumo nacional, asociada con menor suavidad y jugosidad (CORFOGA 2015).

Desde el censo ganadero de 1988 los datos indican que existe una reducción del hato, debido a una disminución en la cantidad de hembras reproductoras y los bajos índices productivos y reproductivos; debido a lo anterior es de preocupación que el 53,7% de los 9896 animales sacrificados corresponden a hembras (CORFOGA y MAG 2010).

De acuerdo con CORFOGA (2012) en Costa Rica, aproximadamente el 40% de los animales presentes corresponden a ganado Brahman que tiene por fisiología *post-mortem* una menor calidad de carne (catalogada como menos tierna) ya que la

actividad de la calpastatina (inhibidor de la calpaína) está presente con mayor acción en el ganado cebuino (Feoli 2002).

Por otra parte, la raza Wagyu se caracteriza por ser altamente jugosa, con bajos valores de fuerza de corte, debido a la alta cantidad de grasa que posee, además se distingue por depositar grasa intramuscular (marmoleo) durante el periodo de engorde, asociadas con bajas pérdidas en el momento de la cocción (Yasuko *et al.* 2007). De igual forma la raza Brangus (3/8 Brahman\* 5/8 Aberdeen Angus) se caracteriza por filtrar grasa intramuscular en la carne, contribuyendo con los atributos sensoriales, logrando mejor aroma y aceptación por parte de los consumidores (Cho *et al.* 2005).

Con el desarrollo de la ganadería, la carne toma un papel importante en las dietas de las personas, no estando exenta sin embargo de manifiestos problemas de calidad; el cual es un reto importante para el productor (Chacón 2004). La calidad se considera una característica compleja que presentan los alimentos la cual determina su valor y aceptabilidad por los consumidores (Torres 2013).

En Costa Rica, para los productores la principal característica de calidad es el rendimiento de la canal, para el consumidor final la calidad está relacionada con características que son percibidas en la carne tales como color, olor, ternura, jugosidad, sabor y aroma (Torres 2013). Sin duda la ternura es uno de los atributos que el consumidor privilegia como criterio de calidad; siendo ésta reconocida en todos los ámbitos de producción y comercialización (Feoli 2002).

No obstante la importancia comercial de la ternura, la inconsistencia en la predicción de la misma constituye todavía un problema relevante de la industria de la carne; similares dificultades se presentan cuando se intenta incluir a la ternura como objetivo de selección en un programa de mejoramiento genético, por ser una característica difícil de medir, que requiere en general de técnicas destructivas y a una edad avanzada del individuo (Soria y Corva 2004).

Una de las causas de la gran variabilidad que manifiesta la ternura de la carne bovina es que la misma está determinada por la constitución genética del animal y

también por factores ambientales como las condiciones durante crianza y engorde, las prácticas de alimentación, el manejo pre y post faena. En lo que se refiere al componente genético, se ha demostrado la existencia de diferencias en terneza entre y dentro de las razas bovinas (Soria y Corva 2004).

Por su parte la castración contribuye a mejorar la calidad de carne; así como la agresividad de los animales, ayudando con el bienestar animal (Rodríguez 2012). Al comparar toros y animales castrados en general, los resultados indican que los animales enteros poseen un mayor aprovechamiento de los nutrientes, crecen más rápido; pero a su vez producen canales con menor grado de acabado, menor cantidad de grasa intramuscular, menor terneza (atribuido a la mayor cantidad de tejido conectivo) y aumenta la incidencia de las carnes DFD (oscura, firme y seca) (Vásquez 2011).

La presente investigación, pretende construir un aporte con respecto a la calidad de carne producida en el país, en este caso se evaluó sensorialmente con un panel de jueces con experiencia en evaluación sensorial de alimentos, donde se analizan las características organolépticas indicadas por A.M.S.A (American Meat Science Association) qué mejor describen la calidad de la carne; además se evaluó la fuerza de corte como medida instrumental, para valorar el efecto de la castración sobre la carne y se evaluaron los rendimientos de cada corte comercial para conocer el rendimiento productivo dentro de las razas estudiadas y de acuerdo a su condición (castrado o entero).

# OBJETIVOS

## 2.1 Generales:

Cuantificar el rendimiento productivo y la calidad de la carne en razas: Brahman, Brangus (negro) y el cruce Wagý x Charbray.

## 2.2 Específicos:

1. Estimar el rendimiento de la canal, cueros y cabezas en animales castrados y enteros de las razas Brahman, Brangus (negro) y el cruce Wagý x Charbray
2. Evaluar el efecto de la castración sobre la suavidad, jugosidad y sabor de la carne de las razas Brahman, Brangus (negro) y el cruce Wagý x Charbray mediante medición instrumental de la dureza.
3. Valorar características organolépticas de la carne de animales castrados y enteros de las razas Brahman, Brangus (negro) y el cruce Wagý x Charbray mediante evaluación de descriptores de calidad sensorial de la carne, mediante análisis descriptivo.

# 1. REVISIÓN DE LITERATURA

Los factores de calidad de la carne pueden agruparse en: a) Factores bioquímicos (pH, capacidad de retención de agua, colágeno, estado y consistencia de la grasa, estado de las proteínas, viscosidad, estabilidad oxidativa), b) Factores sensoriales (color, veteado, exudado, dureza, jugosidad, sabor y olor), c) Factores nutricionales (valor proteico, aminoácidos esenciales, grasa, composición en ácidos grasos, vitaminas y minerales) d) Factores higiénicos y toxicológicos ( como garantía de no producir un riesgo para la salud del que lo consume) e) Factores de calidad social ( como garantía que la carne se produce bajo prácticas de bienestar animal y el medio ambiente) (Cubero 2011).

Los cambios *post-mortem* de mayor importancia son el *rigor mortis* y la maduración de la carne, ya que tienen influencia directa en la suavidad, la cual es la característica sensorial más valorada por los consumidores (León 2010).

Existe una serie de factores asociados con la suavidad, como el manejo, el sacrificio y preparación de la carne, estas variables definen la calidad y terneza de la misma, por lo cual una adecuada sincronización de las mismas genera una mayor aceptación y por ende mayores posibilidades para el ganadero y el industrial (Chacón 2004).

La jugosidad, el sabor y la suavidad son los principales componentes sensoriales asociados con la carne. Mientras que los dos primeros contribuyen con la aceptación en términos generales, los consumidores catalogan la suavidad como la principal variable de aceptación final de la carne (Chacón 2004). Es de suma importancia considerar que la jugosidad y el sabor son muy constantes, la suavidad es una característica variable entre un corte y otro (Chacón 2004).

De acuerdo con Cubero (2011), la suavidad (terneza), constituye una característica fenotípica no rastreable mediante observación hasta el momento de la cosecha, por eso acceder a metodologías como Marcadores Moleculares para selección de reproductores que brinden esta característica es de suma importancia.



Según Chacón (2004) la dureza de la carne se encuentra determinada por las proteínas, grasa y el tejido conectivo, así como la calidad y cantidad de estos componentes. De este modo, la composición y organización estructural, sumados a los cambios bioquímicos *post-mortem* son elementos importantes al describir la textura que se presenta de un corte a otro.

### **3.1 Factores Ante-mortem involucrados en la calidad de carne**

Depetris y Santini (2005) mencionan que estas características pueden ser influenciadas por diversos factores, tales como: patrón racial del animal, tipo de alimentación, aditivos no nutricionales en la dieta, manejo, proceso de pre matanza, entre otros. A continuación se discuten algunas variables, de las cuales depende la calidad de la carne.

#### **3.1.1 Raza**

De acuerdo con Feoli (2002) la carne proveniente de animales *Bos Indicus* es menos tierna en comparación con la de *Bos Taurus*, esto se debe al proceso de proteólisis del músculo; asociado con la actividad de la calpastatina.

Turner *et al.* (2011) indican que temperamentos tranquilos están asociados a mayores tasas de crecimiento, calidad de carne superior (medida con instrumentos) jugosidad y color. Dicha cualidad está ligada al genotipo del animal, de manera que los bovinos *Bos Indicus* son más temperamentales que los *Bos Taurus* aún bajo las mismas condiciones de manejo y ambiente, por lo anterior a los primeros se les atribuyen una carne con menor ternura.

Wheeler *et al.* (1990) señalan que a medida que el porcentaje de *Bos indicus* aumenta en las razas, el nivel de ternura desciende y la variabilidad en la ternura aumenta. Se ha descubierto que esta menor ternura de la carne cebuina, es una manifestación de las propiedades metabólicas de los músculos de animales *Bos Indicus* quienes presentan una menor actividad de las calpaínas siendo estas responsables de la degradación de las proteínas estructurales de la carne y del

ablandamiento que acompaña el proceso de maduración de las mismas. Estas calpaínas dependen del calcio presente en músculo y de la actividad represora del inhibidor calpastatina (Blandino 2005).

### **3.1.2 Alimentación**

Se le atribuyen mejores características organolépticas (color, terneza, jugosidad) a las carnes provenientes de animales alimentados en sistemas estabulados. Estas diferencias podrían obedecer a un efecto indirecto generado por un mayor engrasamiento, mayor tasa de crecimiento y menor edad de los animales a la matanza (Cortés 2005).

A su vez, estas características organolépticas están particularmente influenciadas por la tasa de descenso del pH (variable que indica la acidez de la carne) y el pH final que alcance la carne. La velocidad e intensidad con que el pH desciende luego del sacrificio del animal está principalmente determinada por la cantidad de ácido láctico que pueda acumularse a partir de la fermentación del glucógeno muscular (Depetris y Santini 2005).

Dietas con altos niveles de energía como las ofrecidas en condiciones de engorde en sistemas estabulados permiten incrementar las reservas de glucógeno en el músculo y de esta manera lograr adecuados descensos de pH. De igual forma, la suplementación con granos durante la etapa de terminación incrementa las reservas de glucógeno permitiendo una adecuada conservación de la carne (Depetris y Santini 2005).

### **3.1.3 Aditivos no nutricionales**

El uso de aditivos dentro de las dietas, como es el caso de ionóforos, beta adrenérgicos e implantes pueden aumentar la producción de carne magra y reducir la deposición de grasa, con lo cual se puede incrementar la fuerza de corte y reducir la terneza de la carne (Hilton *et al.* 2008). No obstante su uso se atribuye a alcanzar

mayores ganancias diarias de peso y por lo tanto obtener menor duración en el periodo de engorde de los animales (Berthiaume *et al.* 2006).

En un estudio realizado por la Universidad de Texas, Kellermeier *et al.* (2009) evaluaron el efecto del clorhidrato de zilpaterol, en los últimos 30 días finales de engorde con y sin estrógenos + acetato de trembolona en la terneza y calidad de carne. Es decir se utilizaron 4 tratamientos sobre los animales. El Cuadro 1 nos muestra parte de los resultados obtenidos.

Cuadro 1. Efecto del clorhidrato de Zilpaterol con y sin implante en calidad de carne.

Ítem	Sin Implante(Revalor)		Con Implante (Revalor)	
	Sin Zilpaterol	Con Zilpaterol	Sin Zilpaterol	Con Zilpaterol
Escala marmoleo <sup>1</sup>	41.5	37.16	35.61	32.17
Grado de calidad <sup>2</sup>	716.32	676.51	663.05	626.43

<sup>1</sup>Escala de marmoleo: 30 poco; 40 ligeramente. <sup>2</sup> Grado de calidad: 600 Select; 800 Choice-Premium. Fuente: Kellermeier *et al.* (2009).

Como se observa en el Cuadro 1, la escala de marmoleo disminuye conforme se incluye en la dieta de los animales el Zilmax® más el implante. El control fue quien dio un mejor resultado en cuanto a esta escala. Además el grado de calidad que lo define la USDA, también disminuye la calidad al aumentar los aditivos no nutricionales en la dieta. Se determina así, en este caso en particular, que el mejor tratamiento en cuanto a la escala USDA y de marmoleo, fue la que no posee ni clorhidrato de zilpaterol, ni acetato de trembolona (Kellermeier *et al.* 2009).

Cuando se aplicó la prueba instrumental de fuerza de corte (medida con Warner-Bratzler) los animales suplementados con Zilpaterol obtuvieron un incremento en la prueba comparado con el control. De igual forma el implante Revalor® incrementó la fuerza de corte a los 7, 14 y 21 días con respecto al control (Kellermeier *et al.* 2009). Así mismo la asociación entre Zilpaterol y acetato de trembolona, obtuvieron valores más altos de fuerza de corte con respecto al control (Kellermeier *et al.* 2009).

### 3.1.4 Efecto de la castración

El propósito de la castración es reducir los problemas relacionados con la agresividad, y el comportamiento sexual porque hace los animales más dóciles, mitigando la conducta sexual despreciable (Moreira *et al.* 2015). Adicionalmente la castración provee una mejor calidad de canal con un alto porcentaje de marmoleo y mayor espesor de grasa subcutánea; siendo este último deseado por las plantas de cosecha, ya que la carne se protege de los efectos refrigeración como carnes oscuras o carnes con aspectos visuales despreciables (Moreira *et al.* 2015). Además de que la castración facilita el manejo de los animales, haciéndolos más dóciles, contribuyen a alcanzar la etapa de finalización más rápido; a su vez impide que exista una preñez (sistemas de doble propósito) en animales que no han alcanzado su madurez sexual (Hayat 2006).

Cuando los testículos son removidos, la producción natural de hormonas anabólicas como esteroides, testosterona y estrógenos son reducidos. La testosterona particularmente está asociada con el balance positivo de nitrógeno incrementando la proteína y disminuyendo la grasa en las canales; así mismo está implicada en la síntesis, acumulación y maduración del músculo-colágeno; siendo esta la responsable de algunas diferencias en terneza entre animales enteros o castrados (Rodríguez 2012).

La castración se practica sobre la base de que se criarán animales que producen carne con mejores características de calidad que aquellos no castrados, como jugosidad, terneza y sabor (Morón *et al.* 2010).

Del mismo modo es importante tomar en cuenta el efecto de la edad a la cual es recomendable castrar a los animales, Micol *et al.* (2009) mencionan que la castración de bovinos a edades tempranas (2 meses) permite obtener mayor marmoleo (en aquellas razas que poseen la capacidad de hacerlo) que aquellos que se castran a edades más tardías (10 meses). Asimismo los animales castrados a edades tempranas tienen mayor potencial para aumentar la terneza de la carne, debido a que su síntesis de testosterona es menor (Micol *et al.* 2009).

La castración quirúrgica antes de la pubertad posee un efecto negativo sobre el desarrollo, el cual disminuye la ganancia diaria de peso producto de una menor síntesis de testosterona (Micol *et al.* 2009).

A pesar de que se ha visto que animales enteros por lo general presentan mayores ganancias de peso y rendimientos, esto puede verse opacado por una mayor agresividad y como consecuencia una mayor pérdida de carne a la hora de la cosecha a causa de golpes y problemas de calidad y que además de esto, la carne de animales enteros tiende a ser más dura (Warnock *et al.* 2012). También se debe tomar en cuenta la edad a sacrificio, ya que se ha demostrado que la jugosidad y la ternura de la carne disminuyen conforme aumenta la edad del animal (Torres 2013).

Se ha elaborado una considerable cantidad de estudios para medir el efecto de los métodos de castración y la edad a la que ésta se debe realizar, sobre los rendimientos productivos y las características que determinan la calidad de la canal del ganado bovino de engorde (Mach *et al.* 2010). Estas investigaciones se han llevado a cabo bajo distintas condiciones y sobre animales de distintas razas y cruces, sin embargo la mayoría de dichas investigaciones se han desarrollado en latitudes con condiciones tanto climáticas como de manejo distintas a las de Costa Rica.

## **3.2 Factores post mortem involucrados en la calidad de carne.**

### **3.2.1 Enfriamiento**

La velocidad y la temperatura de enfriamiento de la canal en las primeras horas tras la muerte tiene gran influencia sobre la longitud y por tanto la dureza de los músculos. Las bajas temperaturas (<5 °C) pueden causar acortamiento excesivo del músculo, dando lugar al problema denominado “acortamiento por el frío”. (Onega 2003).

### **3.2.2 Estimulación eléctrica**

Cuando una corriente eléctrica adecuada (300 V) atraviesa un canal poco después del sacrificio, las fases de glucólisis y de rigor mortis se aceleran, eliminando toda posibilidad de acortamiento por el frío, pese a que se le someta a un enfriamiento rápido e intenso. Se ha observado que canales bovinas estimuladas eléctricamente, alcanzan el rigor en 4 horas, cuando el tiempo normal es de 15 a 20 horas, debido a la estimulación de la proteólisis por activación de las enzimas lisosomales, además de la rotura tisular por la violenta contracción producida (Onega 2003).

### **3.2.3 Maduración**

La maduración de la carne empieza cuando termina la rigidez, causado por la acidificación de la carne (transformación del glucógeno muscular en ácido láctico). Durante la acidificación el pH desciende desde 7,0 – 7,5 (animal vivo) a 5,3-5,5 (animal en canal) para volver a subir después muy lento, el ascenso está vinculado al tiempo de maduración (Cubero 2011). Hay 2 tipos de maduración, secos y húmedos.

### **3.2.4 Maduración en seco**

El sistema en seco, es cuando se almacenan las canales en cámaras frías (0 – 2 °C) por periodos desde 7 hasta 30 días. Este sistema requiere grandes espacios y condiciones controladas de aire y humedad. Algún fallo en el frío, la carne se descompondrá. Se le llama sistema seco, pues debido a la acción de la cámara, se pierde humedad en la carne (Rodríguez 2012).

Con este proceso, las carnes pueden perder el color, y pierden peso con la resequead, además puede existir deterioro del producto por la contaminación microbiana (Cubero 2011). Un exceso de humedad, implica que crezcan microorganismos no deseables. La humedad deseable debe ser del 80-85% con una velocidad de aire de 0,5 a 2,5 m.s-1 (Cubero 2011).

### **3.2.5 Maduración en húmedo**

Requiere de menos espacio, es más utilizado, pues existe un mejor sistema de control. Se deshuesan las piezas de carne y se empacan al vacío, en bolsas multicapas especiales para la maduración, permite que los cortes se almacenen en cajas, en vez de canales y además pueden ser transportadas y almacenadas, que a su vez, la carne sufre de maduración con este proceso (Cubero 2011).

Se requieren cámaras de temperaturas de aire controlada estable entre 4 y 5 °C, y excelente higiene en todo el proceso. No obstante no se necesita el control de humedad ni velocidad de aire (Cubero 2011).

### **3.2.6 Congelación**

Este hecho, corresponde a la mejor acción preventiva ante la aparición de microorganismos patógenos, que podría darse en el producto cocinado al vacío, si este es mantenido a temperaturas por encima de los 0 °C (Chacón 2005).

La congelación se define como la conservación de alimentos a una temperatura dada con intervalo entre -10 a -30 °C, en el cual, el objetivo es asegurarse que el agua presente en la carne, se encuentre ligada en forma de hielo. En la actualidad, las técnicas de conservación de alimentos por congelación implican temperaturas entre los -18 y 30 °C, con movimiento de aire, y permite conservar la carne por plazos de hasta dos a tres años (Chacón 2004).

No se recomienda congelar carnes antes de finalizado el rigor mortis (48 horas después de la faena) ya que se produce el efecto de “rigor de congelación” que incrementa la dureza y disminuye la calidad de carne (Chacón 2004).

Durante el almacenamiento prolongado en congelación, puede producirse una pérdida de calidad. La “quemadura por el frío” se origina por un envasado inadecuado sin vacío, y se aceleran por temperaturas de congelación altas, que favorecen la sublimación en superficies de los cristales de hielo (Onega 2003, Chacón 2004). Se pueden eliminar estos problemas por tratamientos térmicos, que inactivan las enzimas implicadas o empleando aditivos que aumenten la estabilidad (Onega 2003).

### **3.2.7 Método de cocción**

La cocción de la carne, es un factor de gran importancia, pues influye en la calidad. El calor altera el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares, y de este modo puede influir significativamente en la dureza de la carne, jugosidad y sabor (Onega 2003). La cantidad de agua decrece como consecuencia de la disminución en la capacidad de retención de agua de las proteínas (Torres 2013).

Si el proceso de cocción no es el adecuado, se puede provocar una contracción en las fibras musculares y una pérdida de humedad excesiva, provocando un producto de mayor dureza, que la carne cruda original (Chacón 2004).

En términos generales, los métodos de cocción pueden ser clasificados en dos categorías: cocción por calor seco y por húmedo. La cocción por calor seco, comprende a los métodos donde la carne se cocina rodeada de aire caliente como en los hornos, o bien donde ésta se fríe en grasa; por otro lado, los métodos de cocción húmeda, son aquellos donde la carne se cocina por medio de vapores o líquidos calientes en los cuales se sumerge la pieza (Onega 2003, Chacón 2004).

Además, existe una prueba instrumental, la cual cuantifica cual es la fuerza en kilogramos que se debe aplicar a un corte de carne para ser cortado. A continuación se explica acerca del proceso, ya que se involucra directamente con la calidad de carne producida, asociado con la suavidad de la misma.

### **3.3 Método del Warner-Bratzler**

En cuanto a características organolépticas, la terneza según Purchas *et al.* (2002) ha sido identificada como una característica de calidad que está relacionada íntimamente con la aceptabilidad general de la carne, y que en muchas ocasiones es la causa de la insatisfacción del consumidor con la calidad del producto final.

Se define como la facilidad o dificultad con la que se puede masticar o cortar, y se asocia con factores como la degradación de fibra muscular, el estado contráctil



del músculo, la cantidad de tejido conectivo y la cantidad de grasa intramuscular conocida como marmoleo (Vásquez *et al.* 2007).

Para determinar la terneza de manera cuantitativa se utiliza la técnica de Warner-Bratzler, mediante este método una cuchilla mide la resistencia que opone la carne al ser cortada, expresada como fuerza de corte (FCWB) ya sea en libras o en kilogramos ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) dando como resultado que a mayor valor de fuerza de corte menor terneza, dicha evaluación se realiza en el músculo *Longissimus dorsi* ya que es representativo de la calidad y composición de la masa cárnica de la canal y se ha comprobado que la diferencia en la terneza de este músculo con respecto a otros va de ligera a moderada (Vásquez *et al.* 2007).

Por su parte, Chacón (2005) indica que carnes con fuerza de corte dentro del intervalo de 5,9 – 7,95  $\text{Kg}\cdot\text{cm}^2$  poseen una aceptación del 1,8% de los consumidores; mientras que, las que se encuentran en el rango de 4,08 - 5,40 una aceptación del 3,6% de los consumidores. El mayor agrado por parte de los consumidores fueron las carnes 2,3 - 3,6  $\text{Kg}\cdot\text{cm}^2$  la cual tuvo un grado de aceptación del 94,6% de los consumidores.

### **3.4 Rendimiento productivo en toros y novillos.**

La composición de la canal (proporción de músculos, grasa y huesos) determina en gran parte el valor de la canal. Una alta proporción de músculos, con una baja proporción de huesos y un óptimo nivel de grasa (dictado por las preferencias del consumidor) representan canales superiores; la distribución de esos tres componentes (músculo, grasa y huesos) está en función de la madurez del animal (Rodríguez 2012).

Varios estudios sobre alimentación en toros y novillos indican que los primeros poseen mejores ganancias diarias de peso, asociadas con mejores conversiones alimenticias (Rodríguez 2012). En un estudio llevado a cabo en nuestro país, Ardaya y Zapata (1999) no encontraron diferencias de peso entre novillos y toros; cuando se ofrecen dietas altas nutricionalmente los toros superan en conversión y GDP a los

novillos; sucediendo lo contrario cuando se ofrecen dietas con planos nutricionales deficientes.

Los toros, con una nutrición adecuada, crecen más rápido y eficientemente, produciendo canales menos grasosas que los novillos castrados. Los novillos por lo general presentan carnes más tiernas que los toros. Algunos estudios han evidenciado que la castración ejerce un efecto sobre la composición química de la carne como lo son los atributos organolépticos (Rodríguez *et al.* 2014).

En general los toros presentan mayores rendimientos en canal, más músculo y menor cobertura de grasa, y similar peso de huesos en comparación con los novillos (Rodríguez 2012). La castración altera la tasa de crecimiento debido al cambio en el estado hormonal. El sistema endocrino contribuye a regular el crecimiento de los diferentes tejidos. Sin embargo otros factores como el historial de nutrición del animal, la madurez sexual determinan mayormente la composición de la canal (Rodríguez 2012).

Los testículos producen andrógenos y estrógenos, que contribuyen a promover el crecimiento muscular al incrementar la retención de nitrógeno. Cuando los testículos son removidos (castración) la producción de esteroides naturales se reduce. Además la testosterona está asociada con un balance positivo de nitrógeno y un incremento en el contenido de proteína de la canal y disminución en la grasa (Moron *et al.* 2010).

Thomas *et al.* (2002) midieron concentración de testosterona, encontrando que toros Brangus y Angus poseen niveles similares de testosterona sérica, y que ambos mostraron mayores niveles de testosterona que animales de la raza Brahman, esta está asociada con la síntesis de colágeno, responsable de la ternura en machos enteros y castrados.

Se conoce además, que a medida que aumenta el porcentaje *Bos indicus* en los cruces, disminuye el peso de la canal, y los cruces *Bos Taurus* poseen mayor espesor de grasa, mientras que el músculo *L dorsi* es similar para ambas especies,

además el marmoleo disminuye a medida que aumenta el porcentaje cebú (González *et al.* 2005).

Otro aspecto a tomar en cuenta desde el punto de vista en calidad, es que los toros desarrollan más colágeno que los novillos, esto por un incremento en las ligas del tejido conectivo; resultado del incremento en la cantidad de testosterona presente, además pueden presentar carnes con más dureza miofibrilar resultando mayor resistencia a la maduración que la carne de novillo (Morgan 1993).

El colágeno es la principal proteína del tejido conectivo, las posibles diferencias en la terniza entre machos enteros y castrados se pueden deber a las variaciones en el tejido conectivo, se ha observado que estos últimos presentan una mayor terniza y menor cantidad de tejido conectivo (Torino 2013).

La terniza es menor en machos enteros después de la pubertad, que en machos castrados, registrándose los mayores valores de terniza en las hembras, debido a que en general presentan mayor acúmulo de grasa que los machos castrados y estos que los machos enteros, debido a su mayor precocidad (Torino 2013).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Procedimiento general**

Para este proyecto se utilizaron animales Brahman, Brangus (negro) y el cruce Wagyu x Charbray. Se compraron animales enteros (sin haber recibido la castración) a los 7-8 meses de edad, con un peso aproximado de 240 kilos. Fueron desarrollados y engordados en la Finca Experimental de producción animal, ubicada en Pocosí de Guápiles; la cual es manejada por la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica. Los animales fueron sacrificados en Coopemontecillos R. L. Alajuela, donde se midieron variables de rendimiento, luego los lomos anchos de cada animal, se sometieron a una prueba de degustación en el laboratorio de Zootecnia de la UCR.

### **4.2 Tratamientos experimentales y diseño experimental.**

Un total de 24 animales estuvieron presentes en este estudio, ocho animales por raza (Brahman, Brangus y Wagyu x Charbray); cuatro de cada raza se castraron y cuatro animales se dejaron en la condición de enteros. El momento de la castración se realizó 15 días posteriores a la llegada de los animales a finca, mediante el método cruento. Durante el desarrollo del proyecto murió un animal (Wagyu x Charbray castrado) descartándose sus datos, para continuar con 23 animales.

La unidad experimental correspondió a cada animal de los 24 utilizados para esta prueba, divididos en corrales (bloques) con seis unidades experimentales cada uno. Los 24 animales fueron divididos en cuatro corrales, dos de cada raza con diferente condición (entero – castrado) en cada corral. Los animales fueron separados uniformemente (promedios de peso similares entre grupos) en cada corral. En el Cuadro 2 se ilustra cómo estuvo constituido cada corral.

Cuadro 2. Distribución de animales en cada corral durante el ensayo.

<b>Raza</b>	<b>Condición</b>
Brahman	Castrado
Brahman	Entero
Brangus	Castrado
Brangus	Entero
Wagyú x Charbray	Castrado
Wagyú x Charbray	Entero

### **4.3 Desarrollo y engorde de los animales**

La alimentación se dividió en dos etapas. En la fase inicial de desarrollo (con un periodo de adaptación de 15 días) que abarcó desde el momento de llegada a finca hasta los 350 kilos de peso vivo aproximadamente. Se les ofreció 2 kilogramos de un suplemento balanceado, cáscara de banano, pasto picado: King Grass (*penissetum purpureum*) a libre consumo y urea (100 gramos diarios por animal). La segunda fase fue de engorde, la cual abarcó desde los 350 kilos hasta los 550 kilos aproximadamente. En esta etapa cada animal diariamente recibió: dos kilos de suplemento balanceado, cáscara de banano, forraje picado: King Grass (*penissetum purpureum*) a libre voluntad y 120 gramos de urea. Los periodos de desarrollo y engorde fueron de 10 meses; fue el momento en que se llevaron a planta de cosecha para el sacrificio. Una vez que llegaron los animales a planta de cosecha; fueron instalados en los corrales correspondientes, para ser sacrificados al día siguiente y un día posterior al sacrificio se realizó el deshuese.

### **4.4 Sacrificio y deshuese de los animales.**

Se llevó a cabo dentro de la planta CoopeMontecillos R.L. los animales fueron pasando uno a uno, por la línea de matanza. Este fue realizado en su totalidad por el personal de la planta. Cada animal al ingresar, fue insensibilizado por medio de un perno cautivo; posterior a ello ocurrió el desangrado, se removieron las miembros anteriores, posteriores, cabeza, cachos y cueros. De inmediato se abrieron las canales, y se retiraron las vísceras de cada animal. Cada canal fue pesada, para

almacenarse luego en una cámara de frío a una temperatura de -2 °C a 5 °C, permaneciendo un día aproximadamente.

El deshuese se realizó 24 horas después del sacrificio. Al ingresar al cuarto de deshuese; se contó con el personal de Coopemontecillos R.L colaborando con el pesaje de los diferentes cortes. Esta sección, se encontraba a una temperatura de 10 °C (máxima) para mantener el sistema de frío de las piezas de carne. Se instalaron 4 romanas ubicadas en diferentes estaciones, para pesar los cortes y huesos generados en el proceso. Una vez finalizado el deshuese, se colocaron los lomos anchos de cada animal en bolsas empacadas al vacío, rotuladas según el consecutivo asignado en planta de cosecha. Los lomos se situaron dentro de cajas de cartón para ser almacenadas en los congeladores de CoopeMontecillos R.L. permanecieron a esta temperatura hasta el momento de iniciar con las pruebas de panel sensorial. El Cuadro 3 indica cada corte que se extrajo del animal y la categoría a la que pertenece.

Cuadro 3. Clasificación de cortes tomados de la canal en: lomos, primeras, segundas, huesos, cortes con hueso y recortes industriales.

Clasificación	Corte
Lomos	Lomito, lomo ancho, Delmónico, Lomo con hueso, T-Bone
Primeras	Posta de cuarto, Mano de Piedra, Solomo, Punta de Solomo, Bolita, Vuelta de lomo, Cacho de vuelta.
Segundas	Paleta, Cacho de paleta, Ratón, Quititeña, Pecho, Cecina, Arracheras, Lomo de entraña, FLS, Ratón delantero.
Cortes con hueso	Costilla, Pescuezo, Osobuco
Huesos	Espinazo, Cadera, Fémur
Industriales	Recortes BCH

#### **4.5 Panel Sensorial**

Se trasladaron los lomos anchos que estuvieron almacenados en CoopeMontecillos R.L hacia la planta piloto del Centro Investigación en Tecnología de Alimentos (CITA) para ser cortados en filetes a una pulgada (2,54cm) de ancho, empacados en bolsas al vacío ( tres a cuatro filetes por bolsa) rotuladas con el consecutivo de cada animal. Las bolsas empacadas al vacío fueron llevadas al congelador de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica; congelados a una temperatura aproximada de 0-2 °C.

Para degustar los 23 lomos, se dividió el panel en seis sesiones. Se trabajó con los lomos de cuatro animales en cada sesión, de la primera a la quinta y tres en la sexta. La repartición de los lomos entre las sesiones se realizó al azar. Un día antes de cada sesión, se tomaban los lomos correspondientes para refrigerarlos a 6°C y se llenaban las hojas de calificación de los panelistas (jueces) indicando el respectivo orden de degustación de las muestras. Participaron 21 panelistas por sesión.

#### **4.6 Procedimiento en panel sensorial para la cocción y degustación de la carne**

El procedimiento a seguir para la cocción fue propuesto por AMSA (1995):

- El horno, debe tener un rango de temperatura entre 190 y 232 °C y estar en modo "Broil".
- Mediante el uso de termocuplas (una por cada bistec conectadas a un termo registrador), se registró la temperatura interna de las muestras (hasta llegar a 71°C), colocando la termocupla en el sector central de cada pieza tanto de ancho como su largo.
- Los filetes se situaron en la parrilla del horno para iniciar con el proceso de cocción, a 15 centímetros por debajo de la resistencia. Se voltearon las muestras cuando el termoregistrador marcaba los 35,5 °C.
- Todo el proceso de cocción tardaba alrededor de 12 minutos para llegar a la temperatura de 71 °C.

Los filetes crudos y descongelados se colocaron en una bandeja forrada de papel aluminio, rotulada con su número correspondiente. En el horno se cocieron de cuatro en cuatro los filetes. Una vez cocidos se pasaron a pirex rotulados para recibir la muestra correspondiente. A continuación el filete ya cocinado, se cortó en trozos de aproximadamente una pulgada de cada lado y colocados de inmediato en otro recipiente rotulado con la misma identificación, obteniendo así el mayor número de muestras para la evaluación sensorial por parte de los jueces.

Una vez finalizado este proceso, se servían las bandejas en la que se incluía la hoja de calificación de los panelistas, 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 diez segundos en un horno microondas. El panelista (juez) ignoraba la raza y condición de los animales de origen.

Al servir las muestras, se le indicó a los jueces, la instrucción de tomar con el tenedor la muestra y hacer una primer mordida con los dientes incisivos para así calificar la suavidad de la carne, luego con las demás mordidas calificaron las otras variables, bebiendo agua y comiendo galleta soda entre cada muestra. La siguiente figura ilustra algunas labores que se mencionaron para la cocción de la carne.

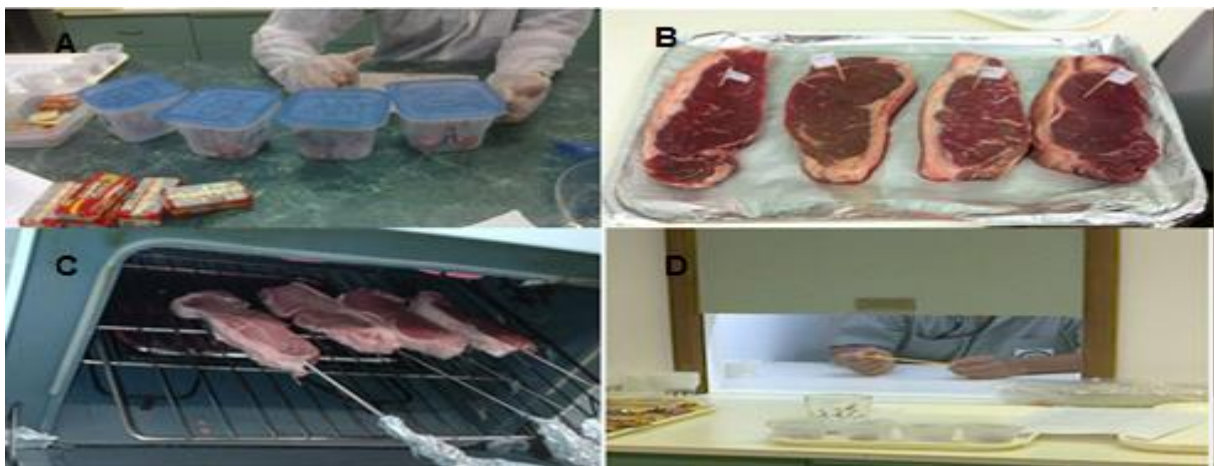


Figura 1. Ilustración de labores en panel sensorial para la cocción de la carne: (Recepción de muestras(A); Filetes de carne (B); cocción (C); Degustación de los panelistas (D))



#### 4.7 Procedimiento para determinación de fuerza de corte.

Una vez que se extraen los filetes del horno, se deja reposar los cortes para que se enfríen, se procedió a cortar los bordes y se extrajeron con un troquel, un mínimo de tres muestras cilindradas de 1,27 cm de diámetro y 2,54 cm de largo, procurando que cada una no presente irregularidades como venas, nervios o cartílagos (Chacón 2005).

Se extrajeron un total de 15 troqueles por cada lomo analizado para determinar la fuerza de corte ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ). Esta se midió con ayuda de un texturómetro marca INSTRON® modelo 1000, con una cuchilla de Warner Bratzler en modo peak, con una velocidad de cabezal de  $50 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , una celda de 50 kg y un rango de  $10 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ . La Figura 2 ilustra cómo se realizó el proceso de fuerza de corte.

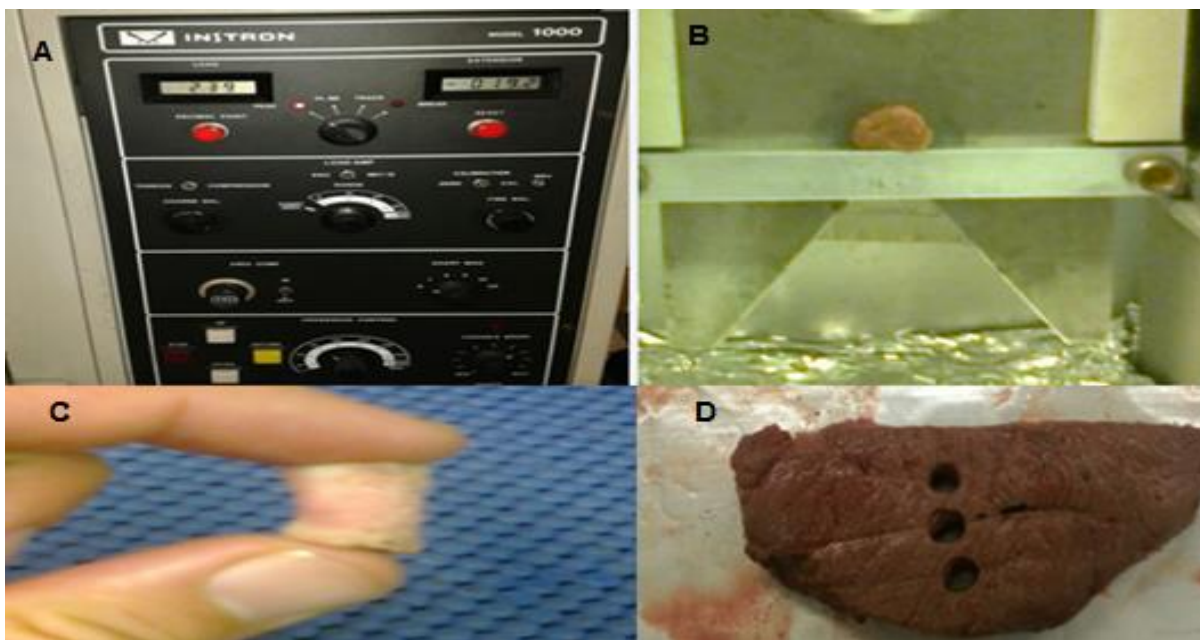


Figura 2. Ilustración de labores realizadas para efectuar la fuerza de corte: Texturómetro (A); Cuchilla Warner-Bratzler (B); Muestra (C); Muestreo cilíndrico (D).

#### 4.8. Variables Medidas

Las variables que se analizaron en planta de cosecha fueron las siguientes:

- Peso vivo
- Peso de cueros

- Peso de la cabeza
- Rendimiento en canal
- Ancho de costillas
- Distancia entre costillas
- Peso de lomos
- Peso cortes de primera
- Peso cortes de segunda
- Peso cortes con hueso
- Peso de huesos
- Peso de recortes industriales

Las variables de peso, se cuantificaron con la ayuda de romanas. El peso vivo se determinó antes de la entrada al sacrificio.

El espacio intercostal y ancho de costillas, se efectuó con ayuda de un pie de rey, en centímetros. La variable espacio intercostal se determinó sobre la cuarta y quinta costilla de la media canal izquierda de los animales presentes en este estudio. El ancho de costillas, se ejecutó sobre la quinta costilla de cada animal, de la media canal izquierda. En el cuarto de deshuese se pesaron los diferentes cortes, reportando el peso en kilogramos.



Figura 3. Ilustración de la medición del espacio intercostal (A), ancho de costillas (B), pesaje de la cabeza /C) y de la canal (D).

Las variables medidas en panel sensorial fueron:

- Suavidad
- Jugosidad
- Sabor
- Fuerza de corte

Cada trozo de carne se calificó marcando con una escala de intensidad de 100 mm de acuerdo al descriptor analizado el panelista señalaba la intensidad de un valor mínimo (0) a un valor máximo (100) (Anexo 8). Además la fuerza de corte ( $\text{kg/cm}^2$ ) en la carne se efectuó con la ayuda del texturómetro.

#### **4.9 Análisis estadístico, en Coopemontecillos R.L. panel sensorial y fuerza de corte.**

El análisis de las variables de rendimiento se efectuó mediante el siguiente modelo estadístico:

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

El análisis de las variables en calidad de carne se evaluó mediante el modelo estadístico a continuación:

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

-Donde:

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

$\mu$  = 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

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a cada observación.

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 cuando  $p \leq 0,05$ . Para el análisis estadístico se utilizó el software SAS/STAT, versión 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 2011) y para los gráficos se usó la hoja electrónica de Microsoft Excel<sup>®</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Pesos al sacrificio y rendimiento en canal.

La interacción Raza \* Condición no fue significativa, para peso al sacrificio (PS) ( $p=0,1544$ ) y rendimiento en canal (RC) ( $p=0,1897$ ) (Cuadro 4). Si hubo interacción para el PC (peso de la canal) ( $p=0,0475$ ). La condición (castrado-entero) no obtuvo diferencias significativas entre medias para peso al sacrificio ( $p=0,6844$ ), canal caliente ( $p=0,1863$ ) y rendimiento en canal ( $p=0,0743$ ), indicando que las medias reportadas entre razas fueron similares.

Las razas mostraron diferencias significativas entre promedios de pesos al sacrificio 513,4 (kg) y 536,6 (kg) para Brangus y W x C con respecto al Brahman 478,4 (kg) ( $p=0,0169$ ); de igual manera se encontraron diferencias para los promedios de pesos en canal caliente para W x C (322,5 kg) y Brangus (302,2 kg) con respecto al Brahman (278,4 kg) ( $p=0,0032$ ). No así para los promedios de rendimiento en canal ( $p=0,2022$ .) (Cuadro 4).

Para la variable peso al sacrificio, los animales W x C llegan más pesados a planta de cosecha, seguidos por los animales Brangus (negro), por último los Brahman. Los resultados del cuadro 4 muestran además que los animales enteros no difieren entre medias para ninguna de las variables analizadas. Se observa una tendencia numérica para las peso al sacrificio, peso de la canal y rendimiento en canal. Demostrando que los animales enteros obtuvieron mayores GDP (Ganancias diarias de peso) que los castrados. Así mismo refleja canales con PS y RCC mayores con respecto a los animales castrados, sin diferencias estadísticas significativas. Esto concuerda con lo mencionado por Rodríguez (2012) y Orellana *et al.* (2013) indican que los toros poseen mejores ganancias diarias de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal. Waritthitham *et al.* (2010) encontró mejores GDP para animales Charolais en comparación con Brahman (0,884 Kg vrs 0,698 kg respectivamente). Reporta además pesos de llegada a planta de cosecha

de 553 y 548 kilos, con pesos de la canal de 306 y 290 kilos respectivamente. El Cuadro 4 resume lo expuesto anteriormente.

Cuadro 4. Promedios  $\pm$  error estándar de: el peso al sacrificio, peso de la canal y rendimiento en canal según raza (n=8) condición (n=12) y la combinación (n=4) (raza\*condición).

Factor	Nivel	Peso (kg)		Rendimiento en Canal (%)
		Al sacrificio	Canal caliente	
Raza*Condición	Brahman castrado	464,3 <sup>a</sup> $\pm$ 14,8	268,5 <sup>a</sup> $\pm$ 8,8	57,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8
	Brahman entero	492,5 <sup>ab</sup> $\pm$ 16,7	288,3 <sup>ab</sup> $\pm$ 9,5	58,5 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,9
	Brangus castrado	513,3 <sup>b</sup> $\pm$ 14,8	298,4 <sup>bc</sup> $\pm$ 8,7	58,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8
	Brangus entero	513,4 <sup>b</sup> $\pm$ 14,7	306,0 <sup>bc</sup> $\pm$ 8,7	59,6 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,8
	WxC castrado	543,1 <sup>b</sup> $\pm$ 17,4	321,1 <sup>c</sup> $\pm$ 10,3	59,2 <sup>ab</sup> $\pm$ 1,0
	WxC entero	530,0 <sup>b</sup> $\pm$ 16,6	323,9 <sup>c</sup> $\pm$ 9,8	61,1 <sup>b</sup> $\pm$ 0,9
	Valor-p	0,1544	0,0475	0,1897
Raza	Brahman	478,4 <sup>a*</sup> $\pm$ 11,3	278,4 <sup>a</sup> $\pm$ 6,7	58,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6
	Brangus	513,4 <sup>b</sup> $\pm$ 10,4	302,2 <sup>b</sup> $\pm$ 6,2	58,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6
	WxC	536,6 <sup>b</sup> $\pm$ 12,7	322,5 <sup>b</sup> $\pm$ 7,5	60,1 <sup>a</sup> $\pm$ 0,7
	Valor-p	0,0169	0,0032	0,2022
Condición	Castrado	506,9 <sup>a</sup> $\pm$ 8,9	296,0 <sup>a</sup> $\pm$ 5,3	58,4 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5
	Entero	512,0 <sup>a</sup> $\pm$ 8,5	306,1 <sup>a</sup> $\pm$ 5,0	59,7 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5
	Valor-p	0,6844	0,1863	0,0743

\*Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) según prueba DMS.

Velásquez (2011) encontró pesos de entrada a planta de cosecha de 495 Kg. Así mismo para la canal caliente obtuvo un peso de 299 kilos, con un rendimiento en

canal del 60,4%. Riaño y Sierra (2008) reportan 440 kilos en peso al sacrificio, con un peso de la canal caliente de 260,5 kilos, y el rendimiento en canal obtenido fue de 59,2%. Para animales Brangus reportan, 513 (Kg), 294 (Kg) y 57,4%, PS, PCC, y RC respectivamente. Orellana *et al.* (2013) reportan PCC de 328,4 y 311 para los enteros y castrados respectivamente. Mach *et al.* (2009) obtuvo pesos en canal caliente en animales Holstein castrados y enteros respectivamente de: 267 y 283 kg.

Los resultados obtenidos para el W x C en PS, PC y RC, se pueden atribuir al efecto de la heterosis presente en dicho cruce, al respecto Martínez *et al.* (2007) encontraron mayores rendimientos de la canal (60,2%) con vacas Guzerat y toros Angus indicando que esto se pudo deber al efecto de la heterosis presente en el cruce. Gonzáles (2013) evaluó 44 toros cruzados, con edades de 17-22 meses, de la raza Senepol \* Brahman, encontrando mayores pesos al sacrificio para el F1 ( $\frac{1}{2}$  Senepol \*  $\frac{1}{2}$  Brahman), indican se puede deber al vigor híbrido que aporta dicho cruce.

En el estudio actual uno de los factores que influye en las GDP puede deberse al temperamento de los animales. Voisinet *et al.* (1997) encontró mejores ganancias diarias de peso en estabulado para animales con temperamentos tranquilos, en comparación con animales con temperamentos fuertes como la raza Brahman. Los animales cruzados con genética europeos muestran una tendencia en mejorar estos parámetros. Abera *et al.* (2012) indica que las ganancias diarias de peso son una combinación de genotipo y el ambiente. Además, al ser un sistema estabulado permite mitigar el estrés calórico, generando adecuados consumos de materia seca diaria, contribuyendo con ganancias diarias de peso.

Otras de las variables medidas en planta de cosecha fueron el espacio intercostal y ancho de costillas. No se determinaron efectos de la raza ( $P=0,6274$ ) condición ( $P=0,3603$ ) y no existió interacción (Raza \* Condición) para la variable espacio intercostal ( $P=0,7806$ ) ni para el ancho de costillas. Se obtuvieron mayores espacios entre costillas en las razas Brangus y W x C; obteniendo un ancho de costilla menor pero no hay diferencias entre medias. Así mismo, se observa como los animales Brahman poseen costillas más anchas (29 cm) lo que dificulta el uso de la

ecografía para estos animales, al momento de tomar lecturas con ultrasonido (Anexo 5).

El Cuadro 5, muestra que no existió interacción (Raza \* Condición) para la variable peso de cabeza ( $p=0,8407$ ) y peso de cuero ( $p=0,3397$ ). No se encontraron diferencias entre los promedios de razas para el peso de la cabeza ( $p=0,080$ ). Los cueros mostraron diferencias entre medias para las razas ( $p=0,0012$ ) exhibiendo mayores pesos de cueros la raza Brahman (53,9 kg) en comparación con el Brangus (45,9 kg) y el cruce W x C (39,5 kg). El Cuadro 5 muestra lo anteriormente mencionado.

Cuadro 5. Promedios  $\pm$  error estándar en pesos de cabeza y cuero para razas ( $n=8$ ), condición ( $n=12$ ) (entero – castrado) e interacción ( $n=4$ ) (raza \* condición).

Factor	Nivel	Peso cabeza (Kg)	Peso Cuero (Kg)
Raza*Condición	Brahman entero	13,3 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	51 <sup>a</sup> $\pm$ 1,2
	Brahman castrado	14,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	56,8 <sup>a</sup> $\pm$ 1,2
	Brangus entero	15 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	46,1 <sup>a</sup> $\pm$ 1,2
	Brangus castrado	14 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	45,8 <sup>a</sup> $\pm$ 1,2
	WxC entero	14,7 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6	41,8 <sup>a</sup> $\pm$ 1,4
	WxC castrado	15,1 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	37,9 <sup>a</sup> $\pm$ 1,2
	Valor-p		0,8407
Raza	Brahman	13,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	53,9 <sup>a</sup> $\pm$ 2,1
	Brangus	14,7 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	45,9 <sup>b</sup> $\pm$ 2,1
	WxC	14,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	39,5 <sup>b</sup> $\pm$ 2,1
	Valor-p	0,08	0,0012
Condición	Entero	14,1 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	46,1 <sup>a</sup> $\pm$ 1,8
	Castrado	14,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5	46,8 <sup>a</sup> $\pm$ 1,7
	Valor-p	0,1103	0,7780

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P\leq 0,05$ ) según prueba DMS.



La condición (entero – castrado) entre las medias observadas no fueron significativas para el peso de la cabeza ( $p=0,1103$ ) ni para el peso de cuero ( $p=0,7780$ ). En la evaluación de los cueros de las tres razas, la raza Brahman es la que presenta diferencia significativa con respecto a las otras dos siendo la de mayor peso en promedio con 53,9. Una razón podría ser por adaptación al calor, los animales cebú desarrollan un cuero más ancho y largo para soportar los embates del clima, estrés calórico y la carga parasitaria presente en el ambiente.

En este caso los cueros de los animales Brahman, Brangus y el cruce W x C representan un 11,3; 8,9 y 7,4% del peso vivo del animal. Carvajal (2000) obtuvo para animales *Bos indicus* y *Bos indicus* \* *Bos Taurus*, menores pesos para el ganado Charolais representando el 8,55% del total del peso del animal para esta raza; un 11,93 para los Guzerat y un 10,02% para la raza Nelore. Feoli (2002) reporta pesos de cuero para animales cebú de 45,28 Kg, correspondiendo a un 10,37% del peso vivo del animal. Reback *et al.* (2003) indica que las razas cebuínas presentan por lo general mayores pesos de cuero que animales europeos. Estos valores son similares a los encontrados en el presente estudio, poniendo en evidencia que los animales con genética *Bos Indicus* presentan mayor peso de cueros, disminuyendo los rendimientos de la canal en este tipo de animales.

Por otra parte, en cuanto a las cabezas, para las razas Brahman, Brangus y el cruce W x C estas, representaron un: 2,88; 2,86 y 2,78% del peso al sacrificio del animal. En este caso, el cruce W x C posee un menor porcentaje en comparación con las otras razas. Los animales Brahman muestran mayor proporción con respecto al peso vivo en comparación con el cruce W x C, aunque no difiere estadísticamente.

## **5.2 Rendimientos en cortes**

El cuadro 6, muestra los resultados obtenidos en planta de cosecha, al agrupar los diferentes cortes; no se pesaron: Tendón de colgadero, Pita, Cartílago de paleta, tendones de los ratones, por lo que el total no es 100%.

Cuadro 6. Porcentaje de rendimiento  $\pm$  error estándar en: lomos, huesos, cortes de primera, segunda, con huesos y recortes industriales para los bovinos estudiados según su raza (n=8) de bovinos, condición (n=12) y la interacción (n=4) entre ambos factores

Factor	Nivel	Lomos	Primeras	Segundas	Cortes con Hueso	Huesos	BCH	Total
Raza*Condición	Brahman Entero	9,30 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	20,62 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	13,80 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	19,76 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	4,64 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	17,86 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	85,98
	Brahman Castrado	9,92 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	20,71 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	13,11 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	19,58 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	4,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	18,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	87,12
	Brangus entero	9,56 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,34 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	13,87 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	21,1 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	4,56 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,42 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	87,95
	Brangus castrado	9,18 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,46 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	13,30 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	19,54 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	4,78 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,28 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	85,54
	WxC Entero	9,64 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	14,11 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	20,92 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	4,24 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	87,71
	WxC Castrado	9,8 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	20,26 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	13,05 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	19,6 <sup>a</sup> $\pm$ 0,3	4,6 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	17,94 <sup>a</sup> $\pm$ 0,4	85,25
	Valor-p	0,0625	0,8356	0,7533	0,2713	0,9320	0,3879	
Raza	Brahman	9,60 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	20,66 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	13,45 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,66 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	4,78 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	18,38 <sup>a</sup> $\pm$ 0,3	86,53
	Brangus	9,36 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,4 <sup>b</sup> $\pm$ 0,1	13,56 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	20,32 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	4,68 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,34 <sup>a</sup> $\pm$ 0,3	86,66
	WxC	9,72 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	20,04 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,1	13,58 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	20,24 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	4,42 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	18,46 <sup>a</sup> $\pm$ 0,3	86,46
	Valor-p	0,2273	0,0039	0,3389	0,2843	0,1434	0,3534	
Condición	Entero	9,50 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,92 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	13,93 <sup>b</sup> $\pm$ 0,1	20,6 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	4,48 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	18,76 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	87,19
	Castrado	9,63 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	20,14 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	13,15 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	19,58 <sup>b</sup> $\pm$ 0,1	4,76 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	18,7 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	85,96
	Valor-p	0,4221	0,4086	0,0113	0,0157	0,0752	0,9220	

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) según prueba DM

El cuadro 6 indica que, no existió interacción (Raza \* Condición) para las variables lomos ( $p=0,0511$ ); primeras ( $p=0,8356$ ) segundas ( $p=0,3002$ ); Cortes con Hueso ( $p=0,1504$ ); Huesos ( $p=0,1435$ ) y Recortes BCH ( $P=0,5813$ ). (Cuadro 6). La condición (castrado – entero) se mostraron diferencias significativas obteniendo 0,78% más en cortes de segunda para los animales enteros con respecto a los castrados ( $p=0,0113$ ). Los animales enteros obtuvieron 1,02% más de cortes con hueso con respecto castrados ( $p=0,0157$ ). No se mostraron diferencias significativas para la condición (entero – castrado) en la variables: Lomos ( $p=0,4221$ ); Primeras ( $p=0,4086$ ); Huesos ( $p=0,0752$ ) y Recortes BCH ( $p=0,9220$ ) (Cuadro 6). Para el efecto de razas, fueron estadísticamente significativas en la variable cortes de primera ( $p=0,0039$ ) indicando mayor porcentaje en cortes de primera la raza Brahman (20,66%) con respecto al Brangus (19,4%) cuando se hace la comparación entre medias. El factor raza, no difiere estadísticamente para las siguientes variables: Lomos ( $p=0,2273$ ); Segundas ( $p=0,3389$ ); Cortes con hueso ( $p=0,2843$ ); Huesos ( $p=0,1434$ ) y Recortes BCH ( $p=0,3534$ ).

Feoli (2002) reporta para los cortes finos (lomito, lomo, cola de lomo y lomo de aguja) un porcentaje de rendimiento del 7,1% para machos, mientras que Carvajal (2000) obtuvo para cortes finos (cola de lomo, lomito, lomo ancho) un 5,7% para animales Brahman y un 6% para un F1 (Charolais x Brahman). En el presente estudio (Cuadro 6) los promedios de cortes finos (Lomito, Delmónico y Lomo ancho) para las razas Brahman, Brangus y el cruce W x C se obtuvieron los siguientes resultados: 7,7; 7,6 y 8,1% respectivamente, los cuales son superiores a los reportados por Carvajal (2000) en animales Brahman.

En el caso de los cortes de primera, la raza Brangus posee menor porcentaje en comparación el Brahman y el cruce (W x C), como se observa en el Cuadro 6, los resultados fueron 19,4; 20,7 y 20% respectivamente. Los animales castrados obtuvieron un 0,2% mayor porcentaje en lomos en comparación con los enteros pero no se encontraron diferencias significativas.

Feoli (2002) obtuvo un 18,7% en cortes de primera para machos. Los animales castrados muestran ser más pesados, pero no difieren estadísticamente entre medias. Carvajal (2000) reporta valores para la raza Brahman en cortes de primera de 20,1% y para el cruce de Brahman x Charolais de 19,2%; estos resultados coinciden con el estudio actual, los animales Brahman con mayor porcentaje en cortes de primera.

Los cortes de segunda, no se obtuvieron diferencias estadísticas, las razas mostraron pesos similares, por debajo de los encontrados en literatura. Feoli (2002) encontró valores porcentuales para cortes de segunda en machos de 21,4%, mientras que los datos del presente estudio se encuentran en 13,5; 13,6 y 13,6% para Brahman, Brangus (negro) y el cruce W x C respectivamente.

Para los cortes con hueso se presentaron diferencias significativas por parte de los animales enteros, siendo 1% mayor con respecto a animales castrados. La variable huesos, es similar entre los animales estudiados, particularmente la raza Brahman, posee un mayor porcentaje, pero no difiere significativamente de los demás animales. Los animales castrados muestran valores más altos que los enteros (4,8 vs 4,5%). Carvajal reporta valores para la raza Brahman en huesos blancos, rabos, costillas de 7,7% y 8,6 % para un F1 (Charolais x Brahman). En cuanto a recortes industriales (BCH), este presentó mayores valores (19,3%) para la raza Brangus, sin diferencias estadísticas con respecto a los demás animales, el cual fue de 18,4 y 18,5% para los Brahman y el cruce W x C respectivamente. La condición (enteros y castrados) fue similar para ambos. En cuanto a la interacción se destacan los animales Brangus presentando mayores valores (19,4%) mientras que el menor valor lo obtuvieron los animales Brahman con un 17,9%. Carvajal (2000) reporta para los recortes BCH valores de 15,8% en la raza Brahman y 16,7% para un cruce Charolais \* Brahman. Feoli (2002) obtuvo valores de 31,7% para machos y 31,3% para hembras. El cuadro 6 muestra el porcentaje de rendimiento para los diferentes cortes obtenidos en planta de cosecha.

### 5.3 Fuerza de corte

No se obtuvieron diferencias estadísticas en la fuerza de corte para las tres razas evaluadas ( $p=0,8014$ ), condición ( $p=0,0620$ ) y no hubo interacción (Raza \* Condición) entre ambos, indicando que las diferencias entre enteros y castrados se mantienen similares en las razas evaluadas ( $p=0,6724$ ) para la variable de fuerza de corte. Sin embargo los datos obtenidos, se encuentran dentro de un rango de aceptación; Feoli (2002) indica que para que exista una aceptación del 98% de los consumidores el resultado en fuerza de corte debe ser menor a  $4,1 \text{ Kg/cm}^2$ . En la presente investigación se obtuvieron valores menores de dureza a este valor de referencia (Cuadro 7).

Al respecto Chacón (2005) encontró que valores entre  $2,3 - 3,6 \text{ Kg/cm}^2$  se obtuvo una buena aceptación por el 94,6% por parte de los consumidores. Actualmente el problema de suavidad de la carne es un tema de sumo interés, dado que esta variable es la principal con la que se juzga la calidad de carne. Se considera que, una de las razones de estos resultados es la edad de los animales evaluados, al ser animales jóvenes, existe una calidad de carne más suave, menor cantidad de tejido conectivo. Además, la sincronización de variables como manejo de los animales, sacrificio, conservación y preparación de la carne, contribuyen con la calidad y suavidad de la carne. Los resultados en fuerza de corte se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Promedios  $\pm$  error estándar de fuerza de corte para la interacción ( $n=4$ ) (Raza \* Condición).

Raza	Condición	Fuerza de corte	Error estándar
Brahman	Castrado	3,05 <sup>a</sup>	0,27
Brahman	Entero	3,29 <sup>a</sup>	0,27
Brangus	Castrado	2,88 <sup>a</sup>	0,27
Brangus	Entero	3,27 <sup>a</sup>	0,27
Wagyú x Charbray	Castrado	2,89 <sup>a</sup>	0,31
Wagyú x Charbray	Entero	3,63 <sup>a</sup>	0,27

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

En el estudio actual, aunque no se establecieron diferencias significativas, los resultados promedio de dureza indican que para las tres razas evaluadas los animales castrados mostraron menor resistencia al corte con respecto a los enteros. Dentro de las razones, se puede mencionar, la castración permite un mayor acúmulo de grasa sobre la pieza de carne, fomentando el marmoleo de los animales que tienen la capacidad de hacerlo, disminuyendo la fuerza de corte, asociado con menores pérdidas por cocción, además de los cambios que ocurren a nivel hormonal, animales enteros, muestran mayor cantidad de colágeno aumentando lecturas de resistencia al corte (Rodríguez 2012, Morgan *et al.* 1993).

Además, Morgan *et al.* (1993) encontraron una mayor actividad de la calpastatina en animales enteros, reflejado en la fuerza de corte con valores de 4,9 kg/cm<sup>2</sup>; así mismo reporta para animales castrados 4,2 Kg/cm<sup>2</sup>, y menor actividad de la calpastatina; los autores indican que se puede deber a altas concentraciones de zinc (45,1 vrs 34,8 ppm enteros y castrados) presentes en el músculo *Longissimus Dorsi*, en este caso en mayor proporción en animales enteros, disminuyendo la actividad de la  $\mu$ -calpaína; resultando un decrecimiento en la terneza de la carne.

González (2013) evaluó el efecto de los cruces en cuanto a fuerza de corte, utilizando razas Brahman y Senepol en las diluciones ( $\frac{1}{2}$  Senepol  $\frac{1}{2}$  Brahman;  $\frac{3}{4}$  Senepol  $\frac{1}{4}$  Brahman y  $\frac{7}{8}$  Senepol  $\frac{1}{8}$  Brahman). Los grupos  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{3}{4}$  presentaron igual fuerza de corte (5,8 kg/cm<sup>2</sup>), mientras que el grupo  $\frac{7}{8}$  presentó un ligero aumento 5,9 kg/cm<sup>2</sup>. Los autores indican que los resultados no fueron los esperados, pues la raza Senepol, debería disminuir este valor. De igual forma, estos valores están por encima de los resultados presentes en este estudio. Por su parte Rodríguez *et al.* (2014) obtuvieron una fuerza de corte sobre el lomo ancho de 9,3 Kg/cm<sup>2</sup> en animales (Brahman \* Charolais) castrados a los 7 meses, y 10,0 Kg/cm<sup>2</sup> en animales enteros.

Morón *et al.* (2010) evaluaron el efecto de la castración en calidad de carne en (*Bos indicus* \* *Bos Taurus*) con un peso de 450 kilos en condiciones de feedlot, Los resultados de fuerza de corte para los castrados y enteros respectivamente fueron de 5,6 y 7,3 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados obtenidos por Morón *et al.* (2010) se encuentran por

encima en comparación con los enteros y castrados de nuestro estudio, aún con animales más livianos, donde generalmente la cantidad de tejido conectivo es menor.

Calles *et al.* (2000) obtuvieron valores de fuerza de corte para animales Wagyú, de aproximadamente 650 kilos de peso vivo; con un rango de 3,3 hasta 4,1 kg/cm<sup>2</sup>. Los autores atribuyen estos resultados al marmoleo presente en los animales, los cuales poseen una correlación positiva, Madero *et al.* (2013) reportan valores de fuerza de corte en animales Brangus de 16 meses de edad, con distintos tiempos de maduración (4,7 y 14 días) de: 3,2; 3 y 2,5 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

En el estudio presente el cruce W x C presentó mayores valores de fuerza de corte (3,3 Kg/cm<sup>2</sup>), para la variable raza, seguido del Brahman (3,2kg/cm<sup>2</sup>) y por último el Brangus (3,1Kg/cm<sup>2</sup>) (Anexo 6). Elzo *et al.* (2012) encontraron que la actividad de la calpastatina incrementó linealmente y la actividad de la  $\mu$ -calpaína disminuyó conforme la proporción de sangre Brahman incrementaba. Este incremento en la actividad de la calpastatina en animales *Bos indicus*, es responsable de una limitada tenderización de la carne; debido al bloqueo del proceso natural por la  $\mu$ -calpaína (Rodríguez 2012).

#### **5.4 Evaluación sensorial**

En las variables suavidad, sabor y jugosidad hubo diferencias entre tratamientos ( $p < 0,0001$ ,  $p = 0,0046$ ,  $p < 0,0001$  respectivamente). En la raza Brahman, los animales castrados y los enteros presentaron una suavidad de lomo semejante (Cuadro 8), mientras que en los otros dos grupos raciales los castrados presentaron mayor suavidad que los enteros. La diferencia en Brangus fue de 19,8 unidades y en Wagyú x Charbray de 15,9. La interacción Raza \* Condición fue estadísticamente significativa ( $p < 0,0306$ ) en esta variable (Cuadro 8).

En cuanto al sabor de los lomos, en los tres grupos raciales los animales castrados tuvieron mayor promedio que los enteros. Las diferencias entre castrados y enteros fueron 8,9; 6,9 y 7,4 en Brahman, Brangus y W x C, respectivamente.

Estas diferencias fueron estadísticamente semejantes (interacción Raza \* Condición no significativa,  $p=0,8972$ ).

Con respecto a la jugosidad, la condición de castrado dio un promedio mayor que entero en las razas Brahman y Brangus; las diferencias fueron de 9,7 en ambas razas. En el cruce Wagýú x Charbray, ambas condiciones fueron similares en jugosidad (Cuadro 8). La interacción Raza x Condición fue no significativa para esta variable ( $p=0,1854$ ). El Cuadro 8 indica los promedios obtenidos según las razas para animales enteros y castrados.

Cuadro 8. Promedios de calificaciones  $\pm$  error estándar en panel sensorial para las razas Brahman (n=8), Brangus (n=8) y el cruce Wagýú x Charbray (n=8) en animales enteros y castrados.

Raza	Condición	Suavidad	Sabor	Jugosidad
Brahman	Castrado	61,4 <sup>b</sup> $\pm$ 2,9	68,3 <sup>ab</sup> $\pm$ 2,3	62,0 <sup>ab</sup> $\pm$ 2,8
Brahman	Entero	56,3 <sup>bc</sup> $\pm$ 2,8	59,4 <sup>c</sup> $\pm$ 2,2	52,3 <sup>c</sup> $\pm$ 2,7
Brangus	Castrado	70,5 <sup>a</sup> $\pm$ 2,8	69,2 <sup>a</sup> $\pm$ 2,3	66,4 <sup>a</sup> $\pm$ 2,7
Brangus	Entero	50,7 <sup>cd</sup> $\pm$ 2,9	62,3 <sup>bc</sup> $\pm$ 2,3	56,7 <sup>bc</sup> $\pm$ 2,8
Wagýú x Charbray	Castrado	60,7 <sup>b</sup> $\pm$ 2,8	67,9 <sup>ab</sup> $\pm$ 2,3	49,9 <sup>c</sup> $\pm$ 2,7
Wagýú x Charbray	Entero	44,8 <sup>d</sup> $\pm$ 2,9	60,5 <sup>c</sup> $\pm$ 2,3	49,0 <sup>c</sup> $\pm$ 2,8
	Valor p	<0,0001	0,0046	<0,0001

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

En promedio, se observaron diferencias significativas entre castrados y enteros en los tres descriptores usados de intensidad sensorial; los castrados fueron, en promedio, más jugosos ( $p=0,0036$ ), sabrosos ( $p=0,001$ ) y suaves ( $p=0,0001$ ) que los enteros para cada descriptor sensorial. La Figura 4 muestra los resultados obtenidos para el efecto de la castración.



### Análisis de panel sensorial efecto de la castración sobre la calidad de carne.

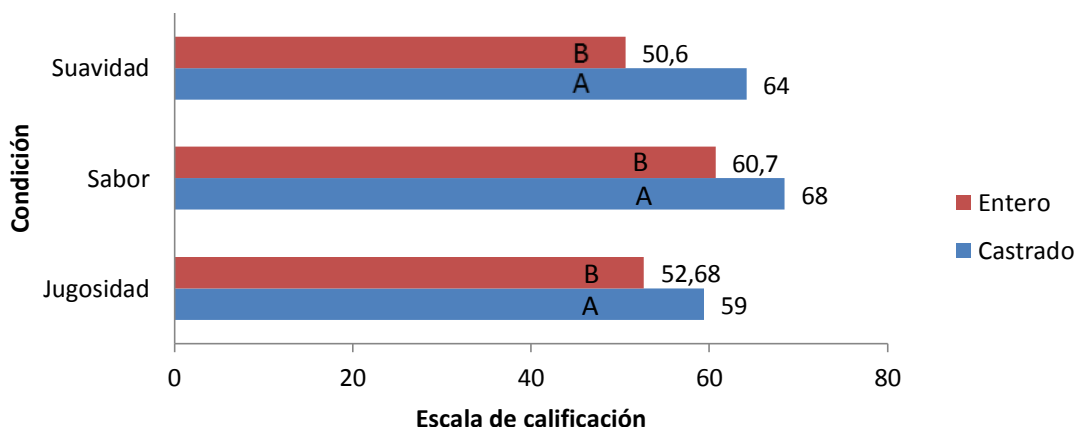


Figura 4. Promedios de calificación en la degustación del lomo ancho, para las variables de sabor, jugosidad y sabor según la condición (entero – castrado).

En las tres variables sensoriales se establecieron diferencias estadísticamente significativas en el efecto de la castración. La carne de los animales castrados resultó ser más suave, jugosa y sabrosa en comparación con la carne de los animales enteros. Moron *et al.* (2010) de igual manera obtuvieron diferencias significativas  $p < 0,05$  para los descriptores de jugosidad, sabor y terniza en los animales castrados. La suavidad la calificaron como moderada a ligeramente blanda, en comparación con los animales enteros, los cuales, los panelistas percibieron una menor cantidad de tejido conectivo. Indican que los resultados pueden deberse a una mayor acumulación de grasa intramuscular, beneficiando los atributos organolépticos, relacionados con la calidad de la carne.

Micol *et al.* (2009) evaluaron el efecto de la castración en ejemplares Charolais castrados a los 2 y 10 meses de edad, observaron diferencias significativas en animales castrados a los 10 meses para las variables de terniza y jugosidad; con calificaciones de los panelistas de 65; 61 y 63 (escala 0-100) para terniza, jugosidad y sabor.

Rodríguez (2012) evaluó el efecto de la castración sobre rendimientos, terniza y calidad de carne, en 48 machos (3/4 Brahman\*1/4 Charolais) en 4 tratamientos

castrando a edades de 3,7 y 12 meses de edad, Los resultados de panel sensorial para calidad de carne no obtuvieron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en cuanto a jugosidad para el lomo ancho evaluado en comparación con los animales enteros; reporta valores para lomo ancho en: ternieza, jugosidad y sabor de: 58,8; 60,0 y 45 respectivamente en animales castrados y enteros: 50,0; 56,3 y 43,8 respectivamente (escala: 0-100).

El mismo autor indica, que, la castración tardía contribuye con las pérdidas en cocción, en comparación con animales castrados en edades tempranas. Los mismos aseguran que la castración afecta la composición química de la carne al disminuir el contenido de agua e incrementar el contenido de grasa.

En este caso, la castración de los animales contribuye con mejoras en la calidad de carne, demostrando como esta condición influye y es apreciada por los consumidores. Es importante destacar en los resultados como la castración tuvo un impacto sobre la jugosidad, ternieza y sabor de la carne, con diferencias estadísticas significativas en comparación con los animales enteros presentes en este estudio.

En promedio, hubo diferencias significativas entre razas en cuanto a suavidad ( $p=0,0160$ ) y jugosidad ( $p=0,0001$ ). En ambos descriptores sensoriales Brahman y Brangus presentaron promedios semejantes entre sí pero superiores a W x C (Figura 5). Las diferencias entre con esta última fueron de 6,1 y 7,9 respectivamente. En cuanto a sabor del lomo, las tres razas fueron semejantes ( $p=0,6818$ ) como lo muestra la figura 5.

Los resultados de evaluación sensorial de la carne, indican que hay diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos para la suavidad del lomo al comparar las razas ( $p=0,0160$ ).

Las razas Brahman y Brangus mostraron diferencias significativas para las variables de suavidad con calificaciones de 58,8 y 60,6 respectivamente con respecto al W x C fue de 52,7. ( $p=0,0160$ ). La jugosidad mostró diferencias

significativas, siendo menos jugosa la carne de los animales W x C (49,5) en comparación con los Brangus (negro) (61,5) y Brahman (57,5) ( $P=0,0001$ ).

La variable sabor (apetecible), no obtuvo diferencias significativas ( $P=0,6818$ ), las tres razas se comportaron con calificaciones similares, como lo muestra la figura 5.

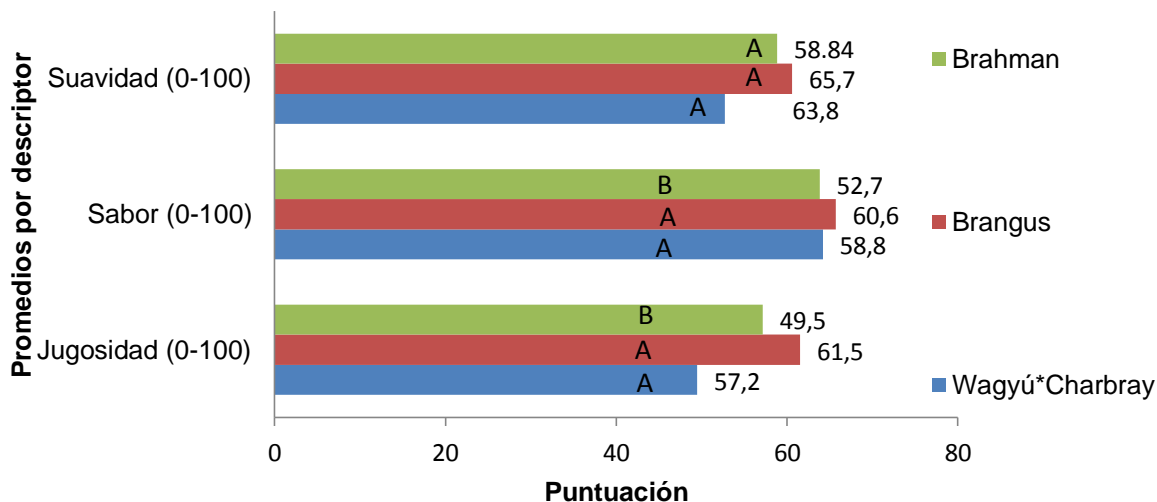


Figura 5. Promedios de calificación por raza para los descriptores de: sabor, suavidad y jugosidad en las razas evaluadas sobre el lomo ancho.

En el estudio actual se obtuvieron puntuaciones de sabor similares entre las razas analizadas. En cuanto al descriptor de suavidad, se observa una menor ternura para el cruce W x C, que difiere estadísticamente con las razas Brangus y Brahman. De igual manera la jugosidad presentó diferencias significativas para el cruce W x C, la cual fue percibida por parte de los panelistas como una carne más seca o menos jugosa.

Los animales presentes en este estudio obtuvieron valores de 64,2; 65,7 y 63,18 para el descriptor de sabor, en el cruce W x C, Brangus y Brahman respectivamente. Bures *et al.* (2006) encontraron puntuaciones para el descriptor sabor de: 82,14; 77,3; 75,4; y 78 para las razas Angus, Charolais, Simmental y Hereford. Los valores obtenidos por estos autores son superiores a los del presente estudio, siendo la raza Angus apreciada como más sabrosa que las demás. Calles *et al.* (2000) reportan para la variable sabor, un rango de 58-69 (escala 0-100).

El descriptor suavidad, presentó valores de 52,7; 60,6 y 58,8 para los animales W x C, Brangus y Brahman respectivamente. Parra *et al.* (2014) evaluaron la suavidad del Brangus rojo, con un panel sensorial, obteniendo puntuaciones de 65 (Escala 0-100), este valor es apoyado por el marmoleo del animal, el cual intensifica el sabor del corte. Calles *et al.* (2000) reportan valores de 53-70 para la variable suavidad en animales Wagyu, siendo estos valores superiores a los encontrados en la presente investigación.

El cruce W x C difiere estadísticamente para el descriptor de terniza (suavidad); por debajo de los animales Brangus y el Brahman. El cruce W x C, presenta un componente cebuino, esta puede ser una razón por la cual se obtuvieran estos resultados; por una mayor actividad de la calpastatina, y no hubiera un adecuado ablandamiento de la carne por efecto de las calpaínas (Motter *et al.* 2009).

La utilización de razas *Bos indicus* tales como Brahman, ofrecen una gran ventaja, en climas tropicales o subtropicales; sin embargo existe una amplia variedad de atributos indeseables en la palatabilidad de la carne, reduciendo el valor de estos animales, desde el punto de vista de calidad de carne (Rodríguez 2012).

En la variable jugosidad, se obtuvieron puntuaciones de: 49,5; 61,5; y 57,5 para los animales W x C, Brangus y Brahman. Calles *et al.* (2000) reporta valores con un rango de 58-72,5 en animales Wagyu. Por su parte Elzo *et al.* (2012) estudiaron las razas Brahman y Angus mediante un panel sensorial; encontraron valores de jugosidad de 63,8 y 61,3 (Brangus y Brahman respectivamente). Bures *et al.* (2006) encontraron valores de jugosidad de 74,3; 68,4; 66,9 y 71,4 para animales Angus, Charolias, Simmental y Hereford.

Algunos de los valores encontrados en este estudio para el descriptor de jugosidad, se encuentran por debajo de los estudios anteriormente mencionados, así mismo se observa como el cruce W x C, presenta menor calificación y difiere estadísticamente de las razas Brahman y Brangus. Okumura *et al.* (2007) indican que el incremento en la grasa intramuscular no siempre es directamente consistente con la palatabilidad de la carne. Además estos resultados coinciden con la fuerza de

corte presente en el apartado anterior, donde el cruce W x C obtuvo lecturas en fuerza de corte mayores.

Particularmente, el cruce W x C llama la atención que presente calificaciones de jugosidad, y suavidad menores que las demás razas presentes en este estudio, así mismo, asociado con valores de fuerza de corte altos. El cruce (W x C) asumiendo que posee componente Wagyu, se caracteriza por tener un alto marmoleo, durante el periodo de engorde. Incluso está correlacionado con bajos valores de fuerza de corte y pocas pérdidas por cocción debido al alto contenido de grasa intramuscular que posee (Yasuko *et al.* 2007). El mismo autor encontró que a mayor contenido de grasa, menor fuerza de corte presenta la pieza de carne. Quiin *et al.* (2015) encontraron que un aumento en la grasa intramuscular de la carne afecta positivamente la terneza, jugosidad, sabor.

En el trabajo presente se encontraron valores promedio menores a las razas presentes este estudio, en jugosidad y suavidad. No obstante, cabe destacar que el cruce (W x C) posee componentes cebuinos, que pueden estar influyendo en los valores obtenidos. Al respecto Almanza *et al.* (2009) encontraron que al cruzar animales cebú \* europeo disminuyó la suavidad, el sabor de la carne (determinado en panel de degustación) y aumentó la lectura de fuerza de corte. En este mismo estudio, al analizar animales *Bos taurus* mostraron mejoría en sabor, suavidad, jugosidad y fuerza de corte.

## CONCLUSIONES

1. Los animales Brahman llegaron con menos peso de sacrificio y canales más livianas, ya sean enteros o castrados, estuvieron por debajo de las medias para las razas Brangus y el cruce W x C.
2. El promedio de los cueros en animales Brahman resultó ser más pesado que los animales con componente europeo.
3. Para los cortes de primera, la raza Brahman presentó mayor porcentaje con respecto a las demás raza con diferencias estadísticas significativas.
4. En el panel sensorial, los animales Brangus castrados fueron más suaves con respecto a las demás razas. Para el descriptor sabor los Brangus castrados mostraron diferencias significativas con respecto a los animales enteros (Brahman, Brangus y el cruce W x C). El descriptor de suavidad, para la raza Brangus castrado únicamente no presentó diferencias significativas con respecto a los animales Brahman castrados, siendo estadísticamente significativo para las demás combinaciones.
5. Se encontraron diferencias significativas en las variables de sabor, jugosidad y suavidad entre los animales castrados y enteros.
6. De acuerdo a la suavidad de la carne de los animales analizados presentaron una fuerza de corte inferior a  $4,1 \text{ Kg/cm}^2$  siendo una carne apta para la mayoría de los consumidores.
7. De acuerdo con los resultados se puede concluir que la carne de animales castrados fue percibida sensorialmente en las tres variables analizadas como una carne de mejor calidad.

## RECOMENDACIONES

Este estudio constituye un parámetro más para futuras investigaciones, el número de animales analizados constituye una pequeña muestra de la población, Sin embargo surgen las siguientes recomendaciones:

1. Continuar con estudios de este tipo que permitan caracterizar la calidad de carne que se produce a nivel nacional.
2. Propiciar políticas que fomenten el consumo de carne de animales jóvenes.
3. La raza Brahman, es importante utilizarla en cruces con animales europeos, estos permiten una mayor adaptación al trópico, se puede obtener una mayor eficiencia en los sistemas de producción y calidad de carne.
4. Promover a nivel nacional, la castración de animales para asegurar una mejor calidad de carne en el país.

## LITERATURA CONSULTADA

- ABERA H., ABEGAZ S., MEKASHA Y. 2012. Influence of non-genetic factor on growth traits of Horro (Zebu) and their crosses with Holstein Friesian and Jersey Cattle. *International Journal of livestock production*. 3(7): 72-77.
- ACEVEDO M 2004, Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importado, según se ofrece al consumidor, Tesis de maestría, Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico, 81p,
- ALMANZA F., HERNÁNDEZ B., PARDÍO V., CERVANTES P., DOMINGUEZ B. 2009. Análisis sensorial de carne de diferentes grupos fenotípicos de bovino mediante un panel de consumidores. Segundo congreso internacional en ciencias Veterinarias y Zootecnia. Universidad Autónoma de Puebla. México. 7p.
- AMSA. (American Meat Science Association). 1995. Guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Chicago, Illinois, USA. American Meat Science Association. National Livestock and Meat Board. 47p.
- ARDAYA J., ZAPATA P. 1999. Efecto de la castración en la ganancia diaria de peso, rendimiento y calidad de carne de bovinos machos semiestabulados. Tesis Escuela de Agricultura de la región Tropical Húmeda. (EARTH). Limón. Costa Rica. 60p.
- BERTHIAUME R., MANDELL I., FAUCITANO L., LAFRENIERE C. 2006. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 1- Feedlot performance, carcass quality, and production costs. *Journal of Animal Science* 84(8):2168-2177.
- BLANDINO L. 2005. La industria de la carne bovina en Centroamérica. Editorial Orton. CATIE. Costa Rica. 74p.
- BURES D., BARTON L., ZAHRAKOVÁ R., TESLIK V., KREJCOVA. 2006. Chemical composition, sensory characteristics, and fatty acid profile of muscle from Aberdeen Angus, Charolais, Simmental, and Hereford Bulls, *Czech J, Anim, Sci.*, 51 (7): 279–284,
- CALLES E., GRASKINS T., BUSBOOM J., DUCKETT S., CRONRATH J., REEVES J., WRIGTH W. 2000. Differences among Wagyu sires for USDA carcass traits and palatability attributes of cooked ribeye steaks. *Journal of animal science*. 78: 1710-1715.



- CARVAJAL G. 2000. Efecto del grupo racial sobre el rendimiento de la canal, parámetros de valor nutricional y suavidad de carne de animales *Bos indicus* y *Bos indicus* x *Bos Taurus* en un sistema de pastoreo. Tesis presentada para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 135p.
- CHACÓN A. 2004. La suavidad de la carne: Implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*. 15 (2): 225-243.
- 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.
- CHO S., PARK B., KIM J., HWANG J., KIM J., LEE M. 2005. Fatty acid profiles and sensory properties of *Longissimus dorsi triceps brachii* and *semimembranosus* muscles from Korean Hanwoo and Australian Angus beef. *Journal of animal science*. 18(12): 1786-1793.
- CORFOGA, 2015, Estadísticas del sector cárnico bovino, Costa Rica, Consultado el: 17 agosto del 2015, Disponible en: <http://corfoga.org/informacion-de-mercados/estadisticas/>
- CORFOGA; MAG 2010, Censo ganadero, Costa Rica, 10 p, (en línea), Consultado 14 ago, 2015, Disponible en <http://corfoga.org/2012/wp-content/uploads/2012/09/censo.pdf>
- CORTES J. 2005. Caracterización del ganado bovino sacrificado en el rastro municipal de la ciudad de Chihuahua. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. México. 58p.
- CUBERO R. 2011. Efecto de la maduración sobre la terneza del Solomo *Biceps Femoris* en vacas de descarte *Bos Indicus* y *Bos Taurus*, evaluado mediante métodos instrumentales y sensoriales, Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 84.
- DEPETRIS G., SANTINI F. 2005, Calidad de carne asociada al sistema de producción, Grupo de nutrición, metabolismo y calidad de producto, INTA, Estación Experimental Balcarce, Consultado el 12 de abril del 2014, Disponible en: [http://www,produccionanimal,com,ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/63-calidad\\_carne,pdf](http://www,produccionanimal,com,ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/63-calidad_carne,pdf)
- GONZÁLES M. 2013, Valor comercial de la canal y de la carne de toretes Senepol x Brahman en Venezuela. Tesis de grado como requisito para optar al grado académico de Maestro en Producción Animal. Universidad central de Venezuela. Venezuela. 28p.

- ELZO M., JOHNSON D., WASDIN G., DRIVER J. 2012, Carcass and meat palatability breed differences and heterosis effects in an Angus-Brahman multibreed population, *Meat science*, 90, 87-92.
- FEOLI C. 2002. Efecto de la edad y sexo del ganado cebuino de dos zonas del norte de Costa Rica sobre el rendimiento y las características de la calidad de carne, Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica, 75p.
- HAYAT A. 2006. Effect of castration on feedlot performance, carcass characteristics and meat quality of western Sudan Baggara bulls. Tesis de Doctorado, Universidad de Gezira, República de Sudán. 84p.
- HILTON G., MONTGOMERY J., KREHBIEL C., YATES D., HUTCHENSON J., NICHOLS W., STREETER M., BLANTON J., MILLER M. 2008. Effects of feeding zilpaterol hydrochloride with and without monensin and tylosin on carcass cutability and meat palatability of beef steers, *Journal of Animal Science*. 87(4): 1394-1406.
- KELLERMEIER J., TITTOR A., BROOKS J., GALLYEAN M., YATES D., HUTCHENSON J., NICHOLS W., STREETER M., JHONSON B., MILLER F. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride with or without an estrogen-trenbolone acetate terminal implant on carcass traits, retail cutout, tenderness, and muscle fiber diameter in finishing steers. *Journal of Animal Science*. 87: 3702-3711.
- LEÓN N. 2010. Caracterización físico-química del lomo (*Longissimus dorsi*) de búfalos de agua Murrah x Mediterraneo. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. 54p.
- MACH N., BACH A., REALINI C., FONT-FURNOLS M., VELARDE A., DEVANR M. 2010. Efecto de la castración en terneros; Rendimientos Productivos y Calidad de la Canal y la Carne, Portal Veterinario Albéitar, Barcelona, España, Consultado el: 15 de mayo del 2015, En línea, Disponible: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia.asp?ref=8383&pos=441>
- MACH N., BACH A., REALINI C., FURNOLS M., VELARDE A., DEVANT M. 2009 Burdizzo pre-pubertal castration effects on performance , behavior, carcass characteristics, and meat quality of Holstein bulls fed high concentrate diets, *Meat science*, 81: 329-334.
- MADERO F., LAMANNA J., SÁNCHEZ M., AYLÁN F., CISINT F., CHAVES J., SARAVIA J., SURITA S. 2013. Terneza de la carne Brangus con distintos tiempos de maduración, *Revista Argentina de producción animal*. 33(1): 113-147, 36<sup>o</sup> Congreso Argentino de producción animal.

- MARTÍNEZ G., BUSTAMANTE J., PALACIOS J., MONTAÑO B. 2007. Efectos raciales y heterosis materna Criollo-Guzerat para crecimiento post-destete y características de la canal. *Revista técnica pecuaria*. 44 (1): 107-118.
- MICOL D., OURY M., PICARD B., HOCQUETTE J., BRIAND M., DUMONT R., EGAL D., JAILLER R., DUBROEUCQ H., AGABRIEL J. 2009. Effect of age at castration on animal performance, muscle characteristics and meat quality traits in 26 month old Charolais steers. *Livestock Science*. 120:116-126.
- MOREIRA V., MARTINS K.; RIBEIRO F., CAMPOS T., L MORAES R., FRANCO L., BARBOSA E. 2015., Effects of surgical castration, immunocastration and homeopathy on the performance, carcass characteristics and behaviour of feedlotfinished crossbred Bulls, *Semina: Ciências Agrarias, Londrina*, 36(3): 1725-1734.
- MORGAN J., WHEELER F., KOOHMARAIE M., SAVELL J., CROUSE J. 1993. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in longissimus muscle of young bulls and steers. *Journal of animal science*. 71: 1471-1476.
- MORON O., ARAUJO F., PIETROSEMOLI S., GALLARDO N., SULBARÁN B., PEÑA J. 2010, Efecto de la castración sobre la composición físico-química y características sensoriales en carne de bovinos mestizos comerciales. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 27: 594-606,
- MOTTER M., CORVA P., KRAUSE M., PEREZ C., SORIA L. 2009. Rol de la calpastatina en la terneza del ganado bovino. *Journal of basic and applied genetics*. 20: 2-7.
- OKUMURA T., SAITO K., NADE T., MISUMI S., MASUDA Y., SAKUMA H., NACAYAMA S., FUJITA K., KAWAMURA T. 2007. Effects of intramuscular fat on the sensory characteristics of M. Longissimus dorsi in Japanese Black steers as judged by a trained analytical panel. *Journal of animal science*. 20(4): 577-581.
- ONEGA M. 2003. Evaluación de la calidad de carnes frescas: Aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Tesis de doctorado. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España. 417p.
- ORELLANA C., ALBORNOZ C., RICCI A., DORAO M. 2013. Producción de terneros Braford macho entero vs castrado a corral. *Revista Argentina de Producción Animal*. 33: 113-147, 36<sup>o</sup> Congreso Argentino de producción animal.
- PARRA G., SIFUENTES A., ARELLANO W., MAGAÑA J., RAMÍREZ J., VELÁZQUEZ A. 2014. Tenderness and taste qualification of red brangus beef in México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 1(1): 41-48,

- PURCHAS R., BURNHAM D., MORRIS S, 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *Journal of Animal Science*. 80 (12): 3211-3221.
- QUINN T., BROOKS J., POLKINGHORNE R., GARMYN A., JOHNSON B., STARKEY J., RATHHMANN R., MILLER F. 2015. Consumer assessment of beef strip loin steaks of varying fat levels. *Journal Animal Science*. 90: 626-634.
- REBAK G., CAPELLARI A., REVIDATTI M. 2003. Peso y rendimiento de subproductos incomedibles y cuero resultantes de la faena de novillos de 22 a 24 meses, 3/8 y 5/8 Cebú \* Hereford, tipo Cebú y Tipo Hereford del Noreste de Corrientes, Universidad Nacional de Nordeste, Argentina, Consultado el: 4/10/15, Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/04-Veterinarias/V-053.pdf>
- RIAÑO A., SIERRA C. 2008. Evaluación del comportamiento de los rendimientos en canal, hueso y grasa de los cruces comerciales bovinos participantes en los concursos de ganado cebado en Colombia. *Revista Ciencia Animal*. 1: 37-50.
- RODRÍGUEZ J. 2012. Effects of castration on carcass composition, meat quality, and sensory properties of beef produced in a tropical climate. Tesis de doctorado, Kansas State University. Manhattan, Kansas. Estados Unidos. 85p.
- RODRÍGUEZ J., UNRUH J., VILLAREAL M., MURILLO O., ROJAS S., CAMACHO J., JARGER J., REINHARDT C. 2014. Carcass and meat quality characteristics of Brahman cross Bulls and steers finished on tropical pastures in Costa Rica. *Meat science*. 96: 1340-1344.
- SORIA L., CORVA P. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 12(2):73-88.
- TORINO L. 2013. Evaluación de terneza con los métodos de medición en carne de novillos Brangus en distintos tiempos de maduración. Tesis presentada en Ingeniería en Producción Agropecuaria. Universidad Católica Argentina. Argentina. 34p.
- TORRES A. 2013. Composición química y calidad de la carne de bovino en diferentes sistemas de alimentación del Estado de Puebla. Tesis presentada para optar por el grado de Maestra en Ciencias. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. México. 73p.
- TURNER S., NAVAJAS E., HYSLOP J., ROSS D., RICHARDSON R., PRIETO N., BELL M., JACK M., ROEHE R. 2011. Associations between response to

handling and growth and meat quality in frequently handled *Bos Taurus* beef cattle. *Journal of Animal Science*. 89 (12):4239-4248,

- 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*. 8 (2): 60-65.
- VÁSQUEZ O. 2011. Características de la canal y de la carne de toretes diferente genotipo finalizados en corral. Tesis de maestría: Ciencias en Innovación Ganadera. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 67p.
- VOISINET B., GRANDIN T., TATUM S., OCONNOR F., STRUTHERS J. 1997. Feedlot cattle with calm temperaments have higher average daily gains than cattle with excitable temperaments. *Journal of animal science* 75:892-896.
- WARITTHHITHAM A., LAMBERTZ C., LANGHOLZ H., WICKE M., GAULY M. 2010. Assesment of beef production from Brahman x Thai Native and Charolais x Thai Native crossbred bulls slaughtered at different weights. I. Growth performance and carcass quality. *Meat science*. 85: 191-195.
- WARNOCK T.M., THRIFT T.A., IRSIK M., HERSOM M.J., YELICH J.V., MADDOCK T.D., LAMB G.C., ATHHINGTON D. 2012. Effect of castration technique on beef calf performance, feed efficiency and inflammatory response. *Journal Animal Science*. 90 (7): 2345-2352.
- WHEELER T., SAVELL J., CROSS H., LUNT D., SMITH S. 1990. Effect of postmortem treatments on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman-cross beef cattle. *Journal of Animal Science*. 68 (11): 3677-3686.
- YASUKO A., WATANABE A., HIGUCHI M., SHINGU H., KUSHIBIKIS., SHINODA M. 2007. Effects of intramuscular fat deposition on the beef traits of Japanese Black Steers (Wagyú). *Journal of Animal Science*. 78: 184-194.

## ANEXOS

Anexo 1. Pesos de cortes con huesos, huesos y recortes industriales, según raza y condición.

Raza	Condición	Huesos			Cortes con hueso			BCH
		Espinazo	Cadera	Peineta	Costilla	Cuello	Osobuco	
Brahman	castrado	2,59	2,70	1,24	12,78	8,73	4,56	25,18
Brahman	Entero	2,84	2,74	1,19	13,12	10,81	4,86	26,20
Brangus	castrado	2,88	2,70	1,46	15,59	9,12	4,18	28,39
Brangus	Entero	2,83	2,70	1,33	14,38	13,22	4,14	29,16
WxC	castrado	2,82	2,75	1,47	16,07	10,05	4,12	27,76
WxC	Entero	2,75	2,52	1,21	15,26	12,53	4,14	29,18

Anexo 2. Peso (kilogramos) de cortes de lomos y primeras según la condición de los animales.

Categoría	Corte	Condición	
		Castrado	Entero
Lomos	Delmónico	4,12	4,85
	Lomito	2,16	2,18
	Lomo ancho	5,26	4,87
	T-Bone	1,73	1,65
	Hueso Lomo	0,69	0,66
	Solomo	5,76	5,74
	Primeras	Punta de solomo	1,64
Posta cuarto		8,81	8,95
Bolita		5,14	5,43
Mano piedra		2,44	2,69
Vuelta lomo		3,87	3,94
Cacho vuelta		1,46	1,44

Anexo 3. Peso de segundas según la condición del animal

Condición	Quititeña	Cecina	Ratones delanteros	Pecho	Cacho Paleta	FLS	Ratón	Arracheras	Lomo entraña	Paleta
castrado	2,21	1,17	5,24	2,78	1,51	0,73	1,94	1,46	0,79	9,26
Entero	3,14	1,22	5,33	3,09	1,58	0,77	2,09	1,66	0,76	9,63

Anexo 4 Peso de cortes con hueso, huesos y recortes industriales según la condición de los animales.

Condición	Cortes con hueso			Huesos			
	Costilla	Cuello	Osobuco	Espinazo	Cadera	Peineta	BCH
castrado	14,71	9,37	4,29	2,77	2,72	1,39	27,03
Entero	14,25	12,18	4,38	2,80	2,65	1,24	28,17

Anexo 5. Promedios  $\pm$  desviación estándar para el ancho de costillas y espacio intercostal para la raza (n=8), la condición (n=12) y la interacción (n=4) entre ambas.

Factor	Nivel	Espacio Intercostal (cm)	Ancho de costillas (cm)
Raza	Brahman	31,2 $\pm$ 1,2 a	29 $\pm$ 0,9 a
	Brangus	32,9 $\pm$ 1,2 a	26 $\pm$ 0,9 a
	WxC	32,1 $\pm$ 1,3 a	26,9 $\pm$ 0,9 a
	Valor-p	0,6274	0,0737
Condición	Entero	31,4 $\pm$ 1,0 a	27,3 $\pm$ 0,7 a
	Castrado	32,7 $\pm$ 1,0 a	27,2 $\pm$ 0,7 a
	Valor-p	0,3603	0,9223
Raza*Condición	Brahman entero	31,3 $\pm$ 1,6 a	29,2 $\pm$ 1,2 a
	Brahman castrado	31,2 $\pm$ 1,6 a	28,7 $\pm$ 1,2 a
	Brangus entero	32,0 $\pm$ 1,6 a	25,8 $\pm$ 1,2 a
	Brangus castrado	33,8 $\pm$ 1,6 a	26,2 $\pm$ 1,2 a
	WxC entero	31,0 $\pm$ 1,9 a	27,0 $\pm$ 1,4 a
	WxC castrado	33,2 $\pm$ 1,6 a	26,9 $\pm$ 1,2 a
	Valor-p	0,7806	0,9341

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



Anexo 6. Resultados de fuerza de corte para los animales estudiados.

<b>Raza</b>	<b>Condición</b>	<b>Fuerza de corte</b>	<b>Error estándar</b>
Brahman	-	3,17 a	0,19
Brangus	-	3,08 a	0,19
Wagyú×Charbray	-	3,27 a	0,21
	Castrado	2,94 a	0,16
	Entero	3,40 a	0,16
Brahman	Castrado	3,05 a	0,26
Brahman	Entero	3,29 a	0,27
Brangus	Castrado	2,88 a	0,27
Brangus	Entero	3,27 a	0,27
Wagyú×Charbray	Castrado	2,89 a	0,31
Wagyú×Charbray	Entero	3,63 a	0,27

Letras diferentes en una misma columna difieren entre si estadísticamente ( $p>0,05$ ).

Anexo 7. Pesos de cortes de segunda según su condición (enteros y castrados).

Raza	Condición	Quititeña	Cecina	Ratones D.	Pecho	Cacho Paleta	FLS	Ratón	Arracheras	Lomo entraña	Paleta CLE
Brahman	castrado	1,94	1,07	4,94	2,31	1,51	0,70	2,04	1,21	0,65	8,42
Brahman	entero	2,93	1,19	5,32	2,82	1,66	0,70	2,25	1,47	0,65	9,22
Brangus	castrado	2,41	1,17	5,25	2,95	1,53	0,77	1,86	1,68	0,79	9,15
Brangus	entero	3,40	1,21	5,20	3,10	1,48	0,76	1,91	1,74	0,80	9,63
Guagyú	castrado	2,29	1,28	5,52	3,11	1,53	0,74	1,94	1,49	0,94	10,37
Guagyú	entero	3,10	1,29	5,47	3,37	1,62	0,86	2,13	1,80	0,82	10,06

Anexo 8. Pesos de cortes de lomos y primeras, según raza y condición de los animales.

Raza	Condición	Lomos (Kg)					Primeras (kg)						
		Delmónico	Lomito	Lomo ancho	T-Bone	Hueso Lomo	Solomo	Punta de solomo	Posta cuarto	Bolita	Mano piedra	Vuelta de lomo	Cacho vuelta
Brahman	Castrado	3,92	1,95	4,86	1,80	0,70	5,55	1,44	8,46	5,02	2,25	3,61	1,27
Brahman	Entero	4,42	2,11	4,80	1,53	0,73	5,89	1,52	9,14	5,52	2,70	3,97	1,34
Brangus	Castrado	3,84	2,18	5,22	1,66	0,70	5,70	1,81	8,58	4,96	2,56	3,76	1,38
Brangus	Entero	5,02	2,08	4,71	1,94	0,63	5,80	1,61	8,78	5,03	2,65	3,81	1,40
Guayu	Castrado	4,79	2,38	5,74	1,72	0,68	6,13	1,71	9,45	5,46	2,55	4,35	1,78
Guayu	Entero	5,13	2,38	5,11	1,48	0,64	5,55	1,67	8,94	5,77	2,75	4,04	1,58

Anexo 9. Ficha de calificación entregada a los panelistas, en cada sesión de panel sensorial.

### 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 cada escala. 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 (terneza de la carne)**

\_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_  
poco suave | muy suave

**Sabor (evaluar 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 (terneza de la carne)**

\_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_  
poco suave | muy suave

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

\_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_  
poco deseable | muy deseable