

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS  
ESCUELA DE ZOOTECNIA

Efecto de la castración sobre el crecimiento del animal, la calidad de la canal *in vivo* y el rendimiento *post mortem* de las razas Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu – Charbray, en un sistema estabulado en Guápiles, Pococí, Limón.

Melissa Alvarado Solano

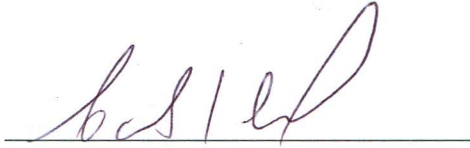
Tesis presentada para optar por el título en el grado académico de Licenciatura en  
Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

2016

## TRIBUNAL

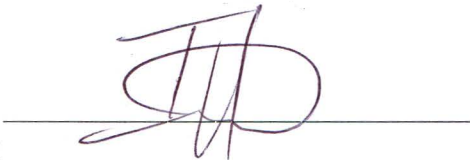
Esta tesis fue aceptada por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.



Director de tesis

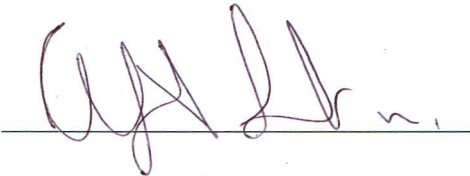
Ing. Carlos Arroyo Oquendo, M.Sc.

Director de Escuela de Zootecnia



Miembro del tribunal

Ing. Juan Ignacio Herrera Muñoz, M.A.E



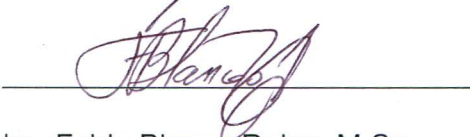
Miembro del tribunal

Ing. Alejandro Saborío Montero, M.Sc.



Miembro del tribunal

Ing. Carlos Campos Granados, Lic.



Miembro del tribunal

Ing. Fabio Blanco Rojas, M.Sc.



Sustentante

Bach. Melissa Alvarado Solano

## DEDICATORIA

A Dios por brindarme la capacidad, la salud y la fortaleza para concluir mis estudios.

A mi esposo Alberto, que ha sido mi compañero en este camino, me ha brindado todo su amor y comprensión.

A mis padres, que siempre me aconsejaron y me brindaron todo el apoyo y comprensión, a mi abuela Nena que nos cuida desde el cielo, a mi hermana Erika que ha sido la fortaleza en mi vida y a mis sobrinos Tomás y Samuel por ser la luz en nuestras vidas.

A mis amigos de carrera (Eka, Pao, Sol, Tavo, Rolo, John, Marcel, Mari, Ale, Ronald, Natty, Adrián, Andre, Luis) por todas las experiencias vividas y a todas las personas que conocí a lo largo de la carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por brindarme y ser mi fortaleza en los estudios.

A Alberto por apoyarme a lo largo de la carrera.

A Don Carlos Arroyo por ser un gran amigo y guía a lo largo de la carrera y ayudarme en todo el proceso de la tesis.

A los trabajadores de la Finca Experimental de Producción Animal de la Estación Experimental Diamantes, por su colaboración en la recopilación de datos.

A Don Fabio Blanco por la ayuda brindada en el proceso estadístico.

A los profesores Juan Ignacio Herrera y Roger Molina por la guía en este proceso.

A los profesores de la Escuela de Zootecnia, por la formación brindada a lo largo de la carrera.

A mis compañeros y amigos que me colaboraron en la toma de mediciones, Gustavo Ruíz, Ronald Barrientos, Luis Zamora, Alejandro Rodríguez y Daniel Burgos.

# ÍNDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
TRIBUNAL	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 General	4
2.2 Específicos	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1 Razas de ganado tipo carne	5
3.2 Animales enteros y castrados	11
3.3 Uso de la ultrasonografía en tiempo real (UTR)	14
3.4 Mediciones zoométricas	24
3.5 Merma durante el proceso de traslado hasta el sacrificio	30
3.6 Rendimiento de la canal	32
4. MATERIALES Y MÉTODOS	35
4.1 Procedimiento general	35
4.2 Tratamientos	36
4.3 Variables medidas	37
4.4 Unidad Experimental	38
4.5 Descripción del análisis de varianza	39
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41

5.1 Pesos y ganancias de peso	41
5.2 Medidas ultrasonográficas	45
5.3 Medidas zoométricas	51
5.4 Correlación y regresión lineal de peso y medidas corporales	66
5.5 Características y rendimiento de la canal	68
6. CONCLUSIONES	73
7. RECOMENDACIONES	74
8. LITERATURA CITADA	75

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Datos comparativos del sector ganadero en diferentes años en Costa Rica.	2
2	Promedios de distintas variables en la etapa de engorde según raza y sistema de terminación de los animales evaluados.	7
3	Porcentaje esperado de cortes de las canales bovinas según los diferentes grados de rendimiento.	18
4	Promedios para las variables evaluadas de características de crecimiento y de rendimiento de la canal en diferentes cruces con Brahman comercial.	21
5	Medias $\pm$ errores estándar de las características evaluadas in vivo y en la canal de animales Brangus y Nelore	22
6	Características <i>in vivo</i> y de la canal de bovinos según categoría animal.	23
7	Promedios $\pm$ errores estándar de diferentes variables de crecimiento evaluadas en Brahman gris y Brahman rojo.	28
8	Promedios de las variables evaluadas Criollo Limonero puro y su correlación fenotípica con el peso vivo.	29
9	Porcentaje de merma según la longitud del viaje en camión, en animales alimentados con heno y grano.	31
10	Merma (kg) y porcentaje de merma de acuerdo a las horas de ayuno de los animales.	32
11	Dietas suministradas durante la fase de desarrollo (240 kg a 350 kg) y la fase de engorde (350 kg a 500 - 550 kg), (sal mineral y agua a libre consumo).	36
12	Tratamientos según raza y condición sexual.	36
13	Medias $\pm$ errores estándar de peso inicial (PI), ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP) y peso final (PF) según raza y condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).	41
14	Medias $\pm$ errores estándar de peso inicial (PI), ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP) y peso final (PF) de los animales según la raza.	42
15	Medias $\pm$ errores estándar de peso inicial (PI), ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP) y peso final (PF) según la condición de los animales.	42
16	Medias de área de ojo de lomo (cm <sup>2</sup> ) $\pm$ errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).	46

17	Medias de espesor de grasa dorsal (mm) $\pm$ errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).	48
18	Medias de altura a la cruz (cm) $\pm$ errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).	52
19	Medias de altura a la grupa (cm) $\pm$ errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).	54
20	Medias de circunferencia torácica (cm) $\pm$ errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).	56
21	Medias de longitud a la cruz (cm) $\pm$ errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).	58
22	Medias de longitud corporal (cm) $\pm$ errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).	60
23	Medias de ancho de la grupa (cm) $\pm$ errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).	62
24	Coeficientes de correlación lineal entre peso y medidas corporales.	66
25	Ecuaciones de regresión lineal (pendientes e interceptos) para el cálculo de peso a través de las medidas corporales para las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray.	67
26	Medias $\pm$ errores estándar de peso de salida de finca (PSF), peso al sacrificio (PS), merma en el proceso de traslado hasta el sacrificio (MTS), peso de canal (PC) y rendimiento de la canal (RC) según raza*condición de los animales.	69
27	Medias $\pm$ errores estándar de eso de salida de finca (PSF), peso al sacrificio (PS), merma en el proceso de traslado hasta el sacrificio (MTS), peso de canal (PC) y rendimiento de la canal (RC) según raza de los animales.	69
28	Medias $\pm$ errores estándar de peso de salida de finca (PSF), peso al sacrificio (PS), merma en el proceso de traslado hasta el sacrificio, peso de canal (PC) y rendimiento de la canal (RC) según condición de los animales.	70



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Ecografía de área de ojo de lomo (AOL) y espesor de grasa dorsal (EGD)	16
2	Representación de las medidas corporales realizadas durante el ensayo. AC: Altura a la cruz, AG: Altura a la grupa, ANG: Ancho de la grupa, CT: Circunferencia torácica, LC: Longitud a la cruz, LNC: Longitud corporal	38
3	Valores de pesos (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones	43
4	Valores de área de ojo de lomo (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones	47
5	Valores de espesor de grasa dorsal (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones	49
6	Valores de altura a la cruz (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones	53
7	Valores de altura a la grupa (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones	55
8	Valores de circunferencia torácica (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones	57
9	Valores de longitud a la cruz (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones	59
10	Valores de longitud corporal (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-	61

Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones

- 11 Valores de ancho de la grupa (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones 63

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>Abreviatura</b>	<b>Significado</b>
AC	Altura a la cruz
AG	Altura a la grupa
ANG	Ancho de la grupa
AOL	Área de ojo de lomo
CT	Circunferencia torácica
EGD	Espesor de grasa dorsal
GDP	Ganancia diaria de peso
GTP	Ganancia total de peso
Ha	Hectárea
LC	Longitud a la cruz
LNC	Longitud corporal
MTS	Merma en el proceso de traslado hasta el sacrificio
PC	Peso de la canal
PI	Peso inicial
PF	Peso final
PSF	Peso salida de finca
PS	Peso al sacrificio
RC	Rendimiento de canal

## RESUMEN

Se evaluaron las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray, en total se trabajó con veinticuatro animales, divididos en cuatro corrales, cada uno compuesto por seis animales (tres enteros y tres castrados), uno entero y uno castrado de cada raza. Se realizaron pesajes periódicos una vez al mes, para realizar curvas de crecimiento y para conocer las diferencias entre peso inicial (PI), peso final (PF), ganancia diaria de peso (GDP) y ganancia total de peso (GTP). Trimestralmente se midieron las variables de espesor de grasa dorsal (EGD), área de ojo de lomo (AOL), altura a la cruz (AC), circunferencia torácica (CT), longitud a la cruz (LC), altura a la grupa (AG), ancho de la grupa (ANG) y longitud corporal (LNC). Al finalizar el ensayo, los animales fueron enviados a la planta de cosecha donde se determinó el peso de salida de finca (PSF), el peso al sacrificio (PS), la merma en el proceso de traslado hasta el sacrificio (MTS), el peso de la canal (PC) y el porcentaje de rendimiento de la canal (RC). También se calcularon las correlaciones entre las medidas corporales y el peso de los animales, para la predicción del peso a través de ecuaciones de regresión lineal.

La interacción entre la raza y la condición para las variables PI, PF, GDP, GTP, AOL, EGD, AC (a los 0 y 268 días), CT, LC, ANG, LNC, PSF, PS, MTS, PC y RC, no fue significativa en ninguna de las mediciones ( $p > 0,05$ ), pero sí se observaron diferencias en AC en dos de los tiempos (81 ( $p=0,0001$ ) y 175 días ( $p=0,0408$ )), donde los grupos Brahman castrado y Brahman entero presentaron mayor AC respecto a los demás grupos, también se presentaron diferencias en AG en los cuatro tiempos de medición (0 ( $p=0,0027$ ), 81 ( $p=0,0191$ ), 175 ( $p=0,0478$ ) y 268 días ( $p=0,0199$ )), donde el grupo Brahman entero presentó mayor AG respecto a los demás grupos, menos con el Brahman castrado.

Se encontraron diferencias significativas entre razas para las variables PI ( $p=0,0055$ ), PF ( $p=0,0237$ ), GDP ( $p=0,0132$ ), GTP ( $p=0,0237$ ), PSF ( $p=0,0303$ ), PS ( $p=0,0169$ ) y PC ( $p=0,0032$ ), no así para MTS, ni para RC. La raza Brahman obtuvo el mayor valor para PI, pero para PF, GDP, GTP, PSF, PS y PC presentó los menores valores

respecto a la raza Brangus y el cruce Wagyu-Charbray. No se encontraron diferencias ( $p>0,05$ ) entre condiciones para PI, PF, GDP, GTP, PSF, PS, MTS, PC y RC.

Para AOL, EGD, AC (a los 0 y 268 días), CT, LC, ANG (a los 81, 175 y 268 días) y LNC no se encontraron diferencias ( $p>0,05$ ) entre razas en ninguno de los tiempos de medición. Pero si se observaron entre razas en dos de los tiempos de AC (81 ( $p<0,0001$ ) y 175 ( $p=0,0069$ ) días); en todos los tiempos para AG (0 ( $p=0,0002$ ), 81 ( $p=0,0046$ ), 175 ( $p=0,0073$ ) y 268 ( $p=0,0091$ ) días); y también para ANG a los 0 días ( $p=0,0378$ ), donde la raza Brahman presentó mayores valores respecto a la raza Brangus y el cruce Wagyu-Charbray, en las tres variables.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica, el mercado nacional ha sido autosuficiente en cuanto a la necesidad de carne de res y durante muchos años ha sido exportador (Hidalgo 2009). Según el INEC (2014), en Costa Rica hay 37.171 explotaciones con ganadería y un total de 1.278.817 cabezas de ganado; esto da como resultado 34,4 cabezas de ganado por finca; sin embargo cabe destacar que el tamaño de las fincas varía, así como la eficiencia en el uso de terreno (CORFOGA 2015).

Según el número de cabezas de ganado vacuno que tiene el país, la provincia que cuenta con mayor cantidad es Alajuela (33,5%), seguida por Guanacaste (22%) y luego por San José (8,6%). De las 37.171 fincas con vacunos, 26.489 tienen a la ganadería bovina como su actividad principal; la producción predominante es la de carne, con un 42,1% dedicado a la cría y engorde de ganado, 32% corresponde a doble propósito y 25,6% a la de leche (CORFOGA 2015).

De acuerdo con la distribución de bovinos según sexo, el 69% del hato nacional está representado por hembras, lo que corresponde a 882.887 cabezas de ganado; de estas un 29% son para producción de carne, un 35% para producción de leche y un 36% para doble propósito. Mientras que los machos bovinos son 392.725, lo que representa el 31% del hato nacional, 72% son para producción cárnica, 5% son machos en sistemas de producción láctea y 23% se encuentran en fincas de doble propósito (CORFOGA 2015).

En cuanto a la distribución de carga animal en cabezas de ganado según la extensión de las fincas, se puede determinar que conforme aumenta la extensión de las fincas la media de cabezas de ganado disminuye por hectárea, a pesar de que a pequeña escala se observa niveles de eficiencia, la mayor parte de ganado vacuno se encuentra en fincas de medianas a grandes, donde se ve comprometido la eficiencia en el uso de los terrenos en el país. El Censo Agropecuario 2014, refleja una disminución del hato nacional (Cuadro 1), el cual ha caído en un 18,8%, ya que presentó 296.982 cabezas de ganado menos respecto a la Encuesta Nacional Ganadera 2012 y una disminución de 767.555 cabezas respecto a 1984 (CORFOGA 2015).

Cuadro 1. Datos comparativos del sector ganadero en diferentes años en Costa Rica.

Variable	1984	2000	2012	2014
Número de cabezas	2.046.372	1.358.209	1.575.799	1.278.817
Número de fincas ganaderas	51.746	38.365	45.780	37.171
Área de pastos (Ha)	1.651.560	1.349.628	1.265.107	1.044.909

Adaptado de CORFOGA (2015).

Por otra parte, Holmann *et al.* (2007) indican que la carne de bovino es un alimento básico en la dieta de los costarricenses. Consumir el producto fresco es un hábito importante ya que el 95% de los consumidores la prefieren de esta forma, mientras que el restante 5% tiene preferencia por la carne madurada. También, debido a la actual tendencia de salud y nutrición, la demanda por carnes magras ha crecido en los últimos años. El 54% de los hogares tienen preferencia por la carne de res con poca grasa, 41% por aquella sin grasa y una proporción del 5% la prefiere con mucha grasa.

La carne en presentación molida y en bistec, son preferidas por los costarricenses en un 26% y 24,3% de forma respectiva. La principal característica de la carne molida dada por los entrevistados es su frescura y bajo contenido de grasa, sin embargo la preferencia por ésta enmascara un problema de calidad, al corregir su dureza, la cual se considera uno de los principales defectos de calidad (Holmann *et al.* 2007).

La terneza de la carne de vacuno ha sido identificada como una característica de calidad que está estrechamente relacionada con su aceptabilidad general y es a menudo la causa de insatisfacción de los consumidores, éstos son capaces de notar diferencias en la suavidad y están dispuestos a pagar precios más altos por carnes más tiernas y mejores cortes (Rodríguez 2012).

Por otra parte, el sacrificio y procesamiento primario de la carne bovina en Costa Rica, es realizado por veintiún plantas de cosecha registradas en el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA). Del total de producción, aproximadamente un 85% se lo adjudican las cuatro mayores plantas del país (CORFOGA 2012) las cuales son Coopemontecillos R.L.; El Arreo; Del Valle y Gico. Las plantas de cosecha no cuentan con un sistema de pago que considere algún componente de bonificación sobre

calidad de carne, ya que el pago es realizado de acuerdo a los rendimientos de la canal, por lo tanto el precio se encuentra establecido sobre la base de kilogramo canal (Hidalgo 2009).

En cuanto a la castración, se dice que a principios de los años cincuenta, ésta era parte del proceso típico en la producción de carne vacuna, sin embargo esta práctica fue eliminada en los años setenta impulsado por el crecimiento de las exportaciones de carne de res, ya que se ha aceptado que los animales intactos crecen más rápido y de manera más eficiente, como a su vez producen canales con menos grasa que los castrados (Rodríguez 2012).

Hoy en día la producción de animales enteros es la práctica de producción primaria en Costa Rica debido a una falta de incentivo económico para que los productores utilicen machos castrados (Rodríguez 2012). Es por esto que se basa la producción en crecimiento y ganancia de peso del animal y muy pocos productores la basan en calidad de carne.

También, uno de los principales problemas que afronta la ganadería de carne en Costa Rica es la edad avanzada al sacrificio de animales (más de 3 años) que da como resultado bajas tasas de extracción. Es probable que este problema se asocie con limitantes de la genética y poca disponibilidad de forrajes de alto valor nutritivo, además de la falta de un sistema de clasificación de canales por calidad, lo cual no incentiva a la producción de animales más jóvenes a edad de sacrificio (Holmann *et al.* 2007).

Según Castro (2002), se debe tomar en cuenta, que en un mundo cuya población se encuentra en constante crecimiento, existe la necesidad de producir mayor cantidad de alimento y de manera más eficiente; por lo que la producción de carne tiene un impacto positivo, razón por la cual se debe evaluar constantemente como mejorar los sistemas de producción, para cubrir las necesidades alimenticias de la población.

Se han elaborado investigaciones bajo distintas condiciones y sobre animales de distintas razas y cruces, sin embargo la mayoría de dichos esfuerzos se han desarrollado en latitudes con condiciones tanto climáticas como de manejo distintas a las de Costa Rica.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Cuantificar el efecto de la castración sobre el crecimiento, las características de calidad de la canal *in vivo* y el rendimiento *post mortem* en dos razas de bovinos de carne: Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu - Charbray, bajo un sistema estabulado en el trópico.

### **2.2 Específicos**

2.2.1 Evaluar el crecimiento de animales castrados y enteros de las razas Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu – Charbray, para valorar el desempeño a través de curvas de crecimiento y ganancias diarias de peso.

2.2.2 Valorar el cambio a través del tiempo en la grasa dorsal y el área de ojo de lomo en animales castrados y enteros de las razas Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu - Charbray en las fases de desarrollo y engorde, por medio de medición ultrasonográfica.

2.2.3 Cuantificar medidas corporales de altura a la cruz, altura a la grupa, circunferencia torácica, longitud a la cruz, longitud corporal y ancho de la grupa de animales castrados y enteros de las razas Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu - Charbray.

2.2.4 Cuantificar la merma durante el proceso de traslado hasta el sacrificio en animales castrados y enteros de las razas Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu – Charbray.

2.2.5 Medir el rendimiento de la canal *post mortem* en animales castrados y enteros de las razas Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu – Charbray.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 Razas de ganado tipo carne

Una raza de carne se puede definir como un grupo de animales con antepasados comunes, los cuales han sido desarrollados para la producción de carne con características similares de tipo y de producción. La zoología clasifica a los bovinos en el género *Bos* con dos subgéneros el *taurus* y el *indicus*, los cuales presentan diferencias muy marcadas entre los animales, ya que provienen de la adaptación a ambientes opuestos de las latitudes de su origen, con influencia polar y tropical, según respecta (Castro 2002).

El *Bos indicus* constituye el grupo de razas tropicales de carne, tales como: Nelore, Guzerá, Gyr, Brahman, Indobrasil, entre otras; estos animales tienen mayor resistencia al calor, al ataque de insectos y a algunas enfermedades, por lo que se adaptan a zonas cálidas como las de Costa Rica, donde han sido difundidas en su mayoría. Presentan pelo corto, piel pigmentada, cuernos largos, giba y están adaptados al clima caliente (Castro 2002).

Por su parte el *Bos taurus* constituye el grupo de razas tipo norte o europeo, algunas de estas son: Charolais, Angus, Hereford, Simmental, Limousin, entre otras. Se caracterizan por tener pelo largo, piel sin pigmentar, cuernos cortos, sin giba y están adaptados al clima templado y frío (Castro 2002).

En cuanto a calidad de carne, es importante destacar que la carne proveniente de ganado *Bos indicus* es menos tierna que aquella proveniente de animales *Bos taurus* y esto está relacionado con el proceso de proteólisis del músculo (proceso enzimático relacionado con la actividad de la calpastina), con el porcentaje de grasa intramuscular y con el tamaño del músculo y no con el número de fibras (Feoli 2002).

Por lo tanto, las fincas en ambientes tropicales latinoamericanos enfrentan el reto de identificar y resolver los problemas para lograr un máximo desempeño productivo. Es por esto que una práctica muy extendida para aumentar la productividad y la rentabilidad de los sistemas productivos es la inserción de razas especializadas a través de los cruzamientos, que debe ir de la mano con un adecuado uso de potencial genético de los animales (González *et al.* 2008).

Estudios han demostrado diferencias en el consumo de alimento, la ganancia de peso vivo y la conversión alimenticia entre *Bos taurus*, *Bos indicus* y sus cruza. Se ha indicado que los cebuinos presentan mayor eficiencia al alimentarse con forrajes de baja calidad, mientras que los tauros o europeos son más eficientes con dietas que presentan alto porcentaje de granos (Vittori *et al.* 2007). A continuación se mencionan algunas de las características de las razas utilizadas en el presente ensayo:

**Raza Brahman:** Su origen es en Estados Unidos de Norteamérica, procedente del ganado con giba de la India, las razas que participaron en su formación fueron Guzerá, Nelore, Gyr, Sindhi, Krishna Valley y Sahiwal. Presenta cabeza mediana, cara corta, frente regularmente plana y ligeramente convexa, orejas de tamaño mediano, cuernos gruesos y bien separados en su base (Castro 2002).

La giba en los machos debe tener buen desarrollo y estar bien colocada sobre la cruz, en las hembras debe ser moderada y en forma más oval, el pelaje es de color gris o rojo y se muestra nervioso pero dócil. Su propósito es la producción de carne en climas calientes, cruzamientos con ganado de la región o con razas europeas, para obtener tipos intermedios con altos valores de heterosis y con diferentes porcentajes de sangre (Castro 2002).

Olmedo *et al.* (2011) realizaron un estudio con 36 novillos de las razas Brahman, Brangus y Hereford, con edad media de 22 meses y peso inicial promedio de 395 kg, se midieron diferentes variables y se comparó su comportamiento según el grupo racial y dos sistemas de terminación; pastoreo con suplementación y en confinamiento (Cuadro 2), sin embargo no encontraron interacción entre la raza y el sistema de terminación. Cabe destacar que el peso inicial para los animales en confinamiento fue 11% menor que los obtenidos con los animales en pastoreo con suplementación.

También para determinar el momento del sacrificio, se utilizó el factor de espesor de grasa dorsal el cual fue >4mm. Al comparar entre los sistemas de producción, se observaron diferencias significativas para las variables peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso, peso al sacrificio y peso de la canal fría; para las variables peso de salida y el rendimiento de la canal no observaron diferencias significativas, cabe destacar que para el peso al sacrificio los animales al pastoreo con

suplementación, fueron 6% más pesados que los que estaban en confinamiento, esto lo atribuyen a que sus pesos iniciales fueron mayores. (Olmedo *et al.* 2011).

Cuadro 2. Promedios de distintas variables en la etapa de engorde según raza y sistema de terminación de los animales evaluados.

Variable	Sistema	Brahman	Brangus	Hereford	Media
Peso inicial (kg)	Psup	458,3	427,2	370,5	418,7 <sup>a</sup>
	Conf	391,7	381,0	341,5	371,4 <sup>b</sup>
	Media	425,0 <sup>A</sup>	404,9 <sup>A</sup>	4356,0 <sup>B</sup>	
Peso final (kg)	Psup	501,33	486,7	420,5	469,5 <sup>a</sup>
	Conf	469,33	458,5	433,5	453,8 <sup>b</sup>
	Media	485,3 <sup>A</sup>	472,6 <sup>A</sup>	427,5 <sup>B</sup>	
Ganancia diaria promedio (kg)	Psup	0,640	0,735	0,690	0,67 <sup>b</sup>
	Conf	1,170	1,190	1,240	1,20 <sup>a</sup>
	Media	0,88	0,96	0,96	
Periodo de finalización (días)	Psup	70	79	70	73
	Conf	65	65	75	68
	Media	68	72	72	
Peso de salida (kg)*	Psup	518,8	491,2	435,0	479,6
	Conf	479,8	469,5	439,0	462,6
	Media	499,3 <sup>A</sup>	475,8 <sup>A</sup>	437,0 <sup>B</sup>	
Peso al sacrificio (kg)	Psup	472,7	460,0	399,4	436,1 <sup>a</sup>
	Conf	433,3	417,2	399,0	409,3 <sup>b</sup>
	Media	453,0 <sup>A</sup>	438,6 <sup>A</sup>	399,1 <sup>B</sup>	
Peso de la canal caliente (kg)	Psup	276,5	265,7	221,3	254,5
	Conf	255,7	242,5	221,4	239,8
	Media	266,1 <sup>A</sup>	254,1 <sup>A</sup>	221,4 <sup>B</sup>	
Rendimiento de la canal caliente (%)	Psup	58,8	58,8	55,5	57,2
	Conf	59,0	58,5	55,3	57,7
	Media	58,6 <sup>A</sup>	58,3 <sup>A</sup>	55,4 <sup>B</sup>	
Peso de la canal fría (kg)	Psup	270,1	258,0	215,5	247,9 <sup>a</sup>
	Conf	249,2	239,4	214,0	234,2 <sup>b</sup>
	Media	259,7 <sup>A</sup>	248,7 <sup>A</sup>	214,8 <sup>B</sup>	

Psup=Pastoreo con suplementación. Conf=Confinamiento. \*Peso medido 17 horas antes de ser llevados al sacrificio. Medias con letra minúscula distinta en la misma columna y mayúscula en la misma línea presenta diferencia significativa ( $p < 0,05$ ). Adaptado de Olmedo *et al.* (2011).

En cuanto a la razas, los animales Brahman y Brangus fueron más pesados en el peso de salida y en el peso al sacrificio, también obtuvieron los mayores pesos de la canal caliente, mientras que para el rendimiento todos los novillos presentaron porcentajes dentro del rango adecuado (53-59%), esta característica está relacionada por el grado de finalización similar para las tres razas en los dos sistemas evaluados, cabe destacar que la raza Hereford presentó menor rendimiento en comparación a las razas Brahman y Brangus. Para las ganancias diarias de peso, no fueron verificadas las diferencias entre razas (Olmedo *et al.* 2011).

Raza Brangus: Esta raza se origina en Estados Unidos, es el resultado del cruzamiento de las razas Brahman y Aberdeen Angus, en proporción de  $\frac{3}{8}$  y  $\frac{5}{8}$ , según respecta, por lo que combina las características de cada raza, la tolerancia al calor, a los ataques de insectos y asimilación de malos pastos del Brahman con la resistencia a fuertes inviernos, ganancias rápidas de peso y excelente calidad de carne del Aberdeen Angus. No posee cuernos, un poco menos compacto que el Angus, pero con más tamaño debido a la influencia del Brahman (Castro 2002).

Según Castro (2002) posee cabeza de tamaño mediano, frente y morro amplio, ojos grandes, bien separados, orejas largas y anchas, cuello corto, con protuberancia cervical desarrollada en el macho pero no tiene forma de giba, dorso largo, ancho, nivelado, lomos anchos, densos y rectos, costillas largas, bien arqueadas, flancos profundos y llenos, grupa larga, ancha y ligeramente redondeada, miembros medianos, piel suelta, delgada y moderadamente plegada a nivel del cuello. Tiene apariencia voluminosa, es profundo, ancho, simétrico, un poco bajo y largo, se mantiene alerta pero dócil. Tienen propósito cárnico en zonas de clima caliente.

Riera *et al.* (2004) evaluaron los rasgos de crecimiento, pesos y rendimiento de la canal de toros de cinco grupos raciales (10 animales de cada raza); Brahman y F1 Brahman x *Bos taurus* (Angus, Chianina, Romosinuano y Simmental), los cuales fueron criados, desarrollados y engordados juntos de manera semi intensiva. Desde el nacimiento al destete, los animales F1 Angus ( $0,75\pm 0,02$  kg/día), F1 Chianina ( $0,74\pm 0,02$  kg/día) y F1 Romosinuano ( $0,76\pm 0,02$  kg/día), destacaron por el crecimiento más rápido en comparación a los Brahman puros ( $0,66\pm 0,02$  kg/día). Del destete a los 18 meses de edad las mejores ganancias diarias de peso fueron del F1

Romosinuano ( $0,35\pm 0,01$  kg/día) y F1 Simmental ( $0,35\pm 0,01$  kg/día) frente a los Brahman puros ( $0,29\pm 0,01$  kg/día) y el F1 Angus ( $0,31\pm 0,01$  kg/día), ya que estos mostraron el crecimiento más lento, sin embargo de los 18 meses de edad hasta el inicio de la etapa de engorde, mejoraron, ganando  $0,080$  kg/día más que el resto de los F1.

Atribuyen la mejora del Brahman puro en esta etapa, debido a que en este periodo los grupos enfrentaron problemas en la oferta de forraje, por exceso de agua en la época lluviosa, por lo que el *Bos indicus* bajo condiciones adversas puede manifestar ventajas sobre los cruces con *Bos taurus*. No se observaron diferencias significativas en la ganancia de peso diaria en la fase engorde, pero en general la tasa de crecimiento de los cruces F1 Angus ( $1,02\pm 0,04$  kg/día), F1 Chianina ( $1,00\pm 0,06$  kg/día), F1 Romosinuano ( $0,97\pm 0,05$  kg/día) y F1 Simmental ( $1,03\pm 0,05$  kg/día), tendió a ser mejor que los Brahman puros ( $0,94\pm 0,05$  kg/día) (Riera *et al.* 2004).

Riera *et al.* (2004) mencionan que para el peso final de la fase de engorde, el peso de la canal y el rendimiento de la canal, no hubo un efecto significativo ( $p>0,05$ ) del grupo racial sobre estas características, los promedios obtenidos para estas variables fueron respectivamente; Brahman puro  $472,4\pm 3,3$  kg,  $266,8\pm 9,2$  kg y  $56,5\pm 2,0\%$ ; F1 Angus  $478,6\pm 3,3$  kg,  $255,8\pm 9,2$  kg y  $53,5\pm 2,0\%$ ; F1 Chianina  $479,3\pm 3,3$  kg,  $263,5\pm 9,2$  kg y  $55,0\%$ ; F1 Romosinuano  $478,4\pm 5,8$  kg,  $286,6\pm 9,2$  y  $60,0\pm 5,8\%$  y F1 Simmental  $486,6\pm 3,3$  kg,  $265,7\pm 9,2$  kg y  $54,6\pm 2,0\%$ .

Raza Wagyu: Es originaria de Japón, la cual se formó a partir de razas asiáticas autóctonas, con leve y corta influencia de razas europeas, los animales actuales no son los mismos Wagyu que existían en siglos pasados, ya que los de ahora se formaron a partir de los cruces de razas nativas y con animales importados. Su característica principal es la capacidad de infiltrar grasa al interior del tejido muscular (Pino 2008); el grado de marmoleo proporciona a la carne los rasgos de calidad que busca el consumidor, tales como la ternura, sabor y jugosidad, que son características importantes en el comercio de países como Corea y Japón (Campos *et al.* 2015).

En esta raza predomina el color negro y en algunos casos se pueden encontrar animales con manchas blancas, sin embargo se prefiere que el patrón sea color negro completo, un 10% de los animales son rojos (influencia de la raza Simmental). En

general son de tamaño pequeño, la altura a la cruz en hembras no supera los 120 cm y la de los machos cerca de 125 cm, la mitad anterior del cuerpo es más ancha que la mitad posterior, lo que le da mala conformación cárnica. Presentan baja ganancia diaria de peso y también de eficiencia de conversión alimenticia, sin embargo esto se compensa con la excelente calidad de carne que es una característica común dentro de la raza (Pino 2008).

Cabe destacar que los animales de raza Wagyu producen mayor marmoleo al compararlo con otras razas japonesas y esta característica es muy importante, ya que el valor de la canal en Japón, es determinado por el grado de marmoleo (Kahi y Hirooka 2005). En un estudio realizado, se recolectaron 381.491 registros de canales de Wagyu, proporcionados por la Asociación de Registro de Wagyu en Japón, los datos analizados dieron promedios para peso de la canal de  $426,4 \pm 55,3$  kg, para área de ojo de lomo de  $51,20 \pm 7,6$  y para espesor de grasa dorsal de  $27,0 \pm 9,0$  mm (estas dos últimas mediciones fueron tomadas en la canal entre la sexta y séptima costilla) (Arakawa *et al.* 2009).

Por otra parte, Kahi *et al.* (2014) estudiaron las relaciones entre el crecimiento, las características de la canal y la rentabilidad en el ganado Wagyu, los datos recolectados fueron de 8.099 animales en Kumamoto, Japón, aquí el sistema de producción es en corrales de engorde y tanto el manejo como la alimentación son muy similares. Los animales iniciaron el periodo de engorde con 290 días de edad y con un peso de 293 kg, la fase duró 470 días, finalizando hasta el sacrificio con una edad de 761 días y un peso final de 667 kg, todos los datos en promedio. La ganancia diaria obtenida durante este periodo fue de 0,91 kg/día, el peso de la canal fue de 430,0 y el espesor de grasa subcutánea fue de 25,9 mm (dato obtenido de la canal).

En otro estudio realizado, Pino (2008) comparó machos Wagyu cruzados con las razas Angus, Normando y Clavel, todos bajo un sistema de engorde en confinamiento, los promedios obtenidos para peso y ganancia diaria promedio del destete a los 365 días, para los cruces Wagyu-Angus, Wagyu-Normando y Wagyu-Clavel fueron, respectivamente,  $380,7 \pm 73,0$  kg y  $1,1 \pm 0,2$  kg/día;  $317,9 \pm 39,2$  kg y  $0,9 \pm 0,13$  kg/día y  $303,7 \pm 87,5$  kg y  $0,9 \pm 0,4$  kg/día. Observaron diferencias significativas en el peso, donde el cruce con Angus fue mayor respecto a los otros dos cruces,

mientras que para la ganancia diaria de peso solo presentó diferencias estadísticas con el cruce Wagyu-Clavel.

También, obtuvieron valores para peso y ganancia diaria de peso corregidos a los 550 días, para los cruces con Angus, Normando y Clavel, respectivamente de,  $568,7 \pm 81,9$  kg y  $1,0 \pm 0,1$  kg/día;  $508,8 \pm 45,6$  kg y  $1,0 \pm 0,1$  kg/día y  $480,3 \pm 52,6$  kg y  $0,9 \pm 0,1$  kg/día. Para estos valores, también observaron diferencias significativas en el peso, donde el cruce con Angus fue mayor respecto a los otros dos cruces, mientras que para la ganancia diaria de peso solo presentó diferencias estadísticas con el cruce con Clavel (Pino 2008).

### **3.2 Animales enteros y castrados**

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, ternura y sabor. Además de esto, se ha probado que los animales castrados, al cambiar su balance hormonal, presentan mayor deposición de grasa y son más dóciles, lo cual facilita su manejo en la finca (Mach *et al.* 2010).

Animales enteros por lo general presentan mayores ganancias de peso (Warnock *et al.* 2012) y utilizan de manera más eficiente los alimentos (Vittori *et al.* 2007), también presentan un mayor rendimiento de la canal por tener menos grasa y más carne (Feoli 2002), lo que les permite alcanzar el peso final de sacrificio antes que los castrados, inclusive que aquellos castrados tardíamente (Morón *et al.* 2010). Esto se debe, a que al ser removidos los testículos, la producción de esteroides anabólicos naturales, la testosterona y los estrógenos se ven reducidos y la testosterona está asociada con el balance positivo de nitrógeno, incrementando la proteína de la canal y disminuyendo la grasa (Rodríguez 2012).

Sin embargo, los beneficios de producir animales enteros pueden verse opacados 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 la carne de animales enteros tiende a ser más dura (Warnock *et al.* 2012), lo cual es atribuido a la concentración de tejido conectivo de los machos enteros (Feoli 2002).

La suavidad de la carne presente en animales castrados permite tener mayor aceptabilidad por parte del consumidor, por lo que se puede afirmar que la canal de



animales castrados es de mejor calidad y tendrá mayor aceptación en el mercado, que aquella proveniente de animales enteros (Ardaya y Zapata 1999).

En cuanto a la edad de castración, Micol *et al.* (2009) mencionan que la castración quirúrgica realizada después de la pubertad tiene un efecto negativo en cuanto al rendimiento, ya que no permite que los novillos mantengan la ventaja en la ganancia de peso obtenido por las propiedades de mejora de crecimiento de la testosterona antes de la castración, animales castrados después de la pubertad tienden a ganar igual o menos peso que los castrados antes de ésta.

Terneros castrados antes de los 6 meses de edad, sufren menos estrés, en relación con el trauma y la incomodidad causada a medida que aumenta el tamaño testicular, por lo que la castración a edades tempranas podría ser una buena alternativa para acortar los ciclos de producción, al limitar el estrés provocado por la castración (Micol *et al.* 2009).

Se han elaborado 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. La castración de terneros a los 8 a 9 meses de edad, busca sacar el máximo provecho al potencial de crecimiento en la fase pre púber, reducir el comportamiento agresivo y sexual, y también mejorar la calidad de la canal y la carne, sin embargo una de las desventajas de castrar a esta edad es la disminución de las ganancias diarias como consecuencia del dolor y de la reducción de hormonas anabolizantes (Mach *et al.* 2010).

Mach *et al.* (2010) también mencionan que otra alternativa es castrar los animales antes de los 3 meses de edad a través de métodos como la cirugía, con anillos de goma o con Burdizzo, lo cual reduce las pérdidas de peso relacionadas al dolor, ya que entre más joven es el animal el dolor será menos intenso, está es una alternativa muy utilizada en Estados Unidos, donde además se dan combinaciones de hormonas androgénicas o estrogénicas para potenciar el crecimiento de los animales castrados, mientras que en Europa está prohibido completamente el uso de este tipo de hormonas promotoras del crecimiento.

En cuanto a los métodos de la castración, al comparar entre los anillos de goma y el Burdizzo, la concentración de cortisol plasmático (indicador de estrés) al inicio fue mayor con el Burdizzo, sin embargo los terneros castrados con el anillo de goma respondieron al dolor de la palpación escrotal hasta las ocho semanas después de la castración, mientras que los castrados con Burdizzo lo hicieron hasta las dos semanas post castración. En otro estudio, observaron un comportamiento anormal (indicador de dolor) en los animales castrados a la edad de una semana, este comportamiento duró hasta los 9, 15 y 45 días después de la castración a través de cirugía, Burdizzo y anillos de goma, respectivamente (Mach *et al.* 2010).

Por otra parte, Ardaya y Zapata (1999) evaluaron el comportamiento de toros y novillos *Bos indicus*, engordados en un sistema de semi confinamiento en Guácimo, Limón, obtuvieron valores para peso final de: 218,5 kg y 224,7 kg; para ganancia diaria de peso de: 0,62 kg y 0,72 kg; para peso de la canal de: 218,5 kg y 224,7 kg y para rendimiento de la canal de: 55,1% y 55,6%, esto para animales castrados y enteros respectivamente, sin embargo no encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre las condiciones de los animales para cada una de las variables, también mencionan que ninguno de los grupos alcanzaron los pesos esperados, lo que lo atribuyen al tiempo de duración del ensayo (4 meses).

Vittori *et al.* (2007), evaluaron el desempeño productivo de bovinos de diferentes grupos raciales (Gyr, Guzerá, Nelore y Caracú) y animales castrados y enteros en fase de terminación, sin embargo no encontraron interacción entre el grupo racial y la clase sexual, para ninguno de los factores estudiados, por lo que los efectos fueron considerados de manera independiente. Las variables analizadas fueron peso vivo inicial (kg), peso vivo al sacrificio (kg), consumo de materia seca (kg/día), ganancia diaria de peso (kg), conversión alimenticia (kg), días en confinamiento y espesor de grasa dorsal (mm).

No encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en ninguna de las variables, solamente en el peso al sacrificio, donde los animales enteros fueron más pesados que los castrados, sin embargo debido a que las ganancias diarias de peso fueron semejantes, esta ventaja la atribuyen a mayor tiempo de confinamiento, ya que el criterio para llevarlos al sacrificio con características semejantes, fue a través del

espesor de la grasa subcutánea (4 mm). Por lo tanto, se presentaron diferencias estadísticas en el periodo de confinamiento, concluyen que los animales enteros permanecieron más tiempo debido a la acción de la testosterona, la cual disminuye la deposición precoz de grasa subcutánea (Vittori *et al.* 2007).

Los promedios obtenidos para las variables estudiadas, según la condición castrado y entero respectivamente son; 330 kg y 328 kg para peso vivo inicial, 447 kg y 494 kg para peso vivo al sacrificio, 9,60 kg/día y 9,96 kg/día, para consumo de materia seca, 1,30 kg/día y 1,43 kg/día para ganancia diaria de peso, 7,55 kg y 7,40 kg para conversión alimenticia, 93 días y 122 días en confinamiento y 6,92 mm y 6,22 mm para espesor de grasa subcutánea (Vittori *et al.* 2007).

### **3.3 Uso de la ultrasonografía en tiempo real (UTR)**

La composición corporal en el ganado de carne está tomando importancia, ya que se deben seleccionar animales con base a la calidad de canal, tomando en cuenta la importancia en la nutrición humana. Para esto existen metodologías *in vivo* de manera no invasiva, rutinaria y confiable, como el uso de Ultrasonido en Tiempo Real (UTR) (Orozco *et al.* 2010).

Según Orozco *et al.* (2010), el uso de esta tecnología no es nada nuevo, ya que el ultrasonido ha sido utilizado desde 1940 para determinar la composición corporal de los animales. El uso de esta técnica es de utilidad para la predicción *in vivo* de características de canal, en especial en sistemas de producción donde se utilizan novillos precoces, los cuales son sacrificados entre los 12-15 meses de edad, cuando se exige la máxima eficiencia de crecimiento (Sugisawa *et al.* 2006).

La preferencia del consumidor a demandar carne magra presiona a los productores de ganado de carne a seleccionar progenitores que transmitan esta característica a su progenie, lo cual puede lograrse utilizando técnicas como la de ultrasonografía que permite la toma *in vivo* de características de selección y son buenos indicadores de la calidad de la canal (López *et al.* 2007).

El equipo utilizado con este propósito debe tener ciertas características específicas para no afectar la precisión de las mediciones. La profundidad de penetración en los tejidos de las ondas de sonido y la resolución de la imagen son

dependientes y están inversamente relacionados a la frecuencia del transductor (Williams 2002).

El beneficio de la predicción temprana de la calidad de la canal que brinda ésta técnica, genera en el ámbito genético una ventaja importante, ya que reduce de manera considerable el tiempo y esfuerzo requeridos para realizar la prueba de progenie a un reproductor y por lo tanto permite tomar decisiones de selección con mayor rapidez (Hicks 2011).

Se toman como criterios de selección para la mejora genética, las DEP's (diferencias esperadas de la progenie) de caracteres de canal a través de ultrasonido, tales como el área del ojo del lomo, el espesor de grasa subcutánea y grasa intramuscular (Ravagnolo *et al.* 2010).

Además, la técnica puede ser utilizada como una herramienta de manejo, utilizando las mediciones de grasa dorsal, grasa de la grupa, área de ojo de lomo y marmoleo junto con otros parámetros, los cuales pueden afectar la rentabilidad o la calidad de canal, permitiendo clasificar a los animales en grupos de rendimiento óptimos (Greiner 2003).

En consecuencia, ayuda en la formación de grupos homogéneos, donde los animales presentan características fenotípicas semejantes y sirve para predecir el tiempo necesario para alcanzar el peso y los porcentajes de grasa y músculo que satisfagan las necesidades del mercado, tomando en cuenta el tiempo de alimentación que reciben (Díaz y Grajales 2006). A continuación se describen algunas de las medidas obtenidas con ultrasonografía (Figura 1):

**Área de ojo de lomo:** Es la medición del área de un corte transversal del músculo *longissimus dorsi* a la altura del punto entre las costillas décimo segunda y décimo tercera y es un buen estimador del rendimiento en canal de la carne comercial (Ríos *et al.* 2011). El área del ojo de lomo tiene su mayor correlación con el peso de cortes de primera calidad, por lo que animales con valores altos de AOL presentan mayor peso de cortes de primera calidad, por lo tanto, este es un factor que se puede tener en cuenta en aquellos programas de mejoramiento genético tendientes a incrementar el valor cárnico de los animales (Velásquez *et al.* 2013).

Espesor de grasa dorsal: Es la profundidad del tejido graso sobre el *longissimus dorsi*, entre la décimo segunda y décimo tercera costilla, es el predictor más exacto de la composición de la grasa de la canal tiene una baja correlación genética con el porcentaje de grasa intramuscular y una alta correlación genética negativa, con el porcentaje de cortes minoristas (Ríos *et al.* 2011). Según Piccirillo (2008), se debe tomar en cuenta que el espesor de la grasa dorsal no sea muy alto, ya que el exceso de la grasa dorsal es removido en el matadero, supermercado o carnicería.

También, esta medida tiene importancia en la industria de la carne, ya que desempeña la función de aislante térmico en el proceso de enfriamiento de la canal, el cual debe ser un proceso lento y gradual, esto para no causar acortamiento de las fibras musculares y por ende endurecimiento de la carne, la falta de grasa puede causar pérdida excesiva de agua ocasionando también pérdida de peso y oscurecimiento de la carne, para que la cobertura sea eficaz debe presentar un grosor mínimo de 3 mm y mantener distribución homogénea sobre la canal (Jiménez *et al.* 2010).

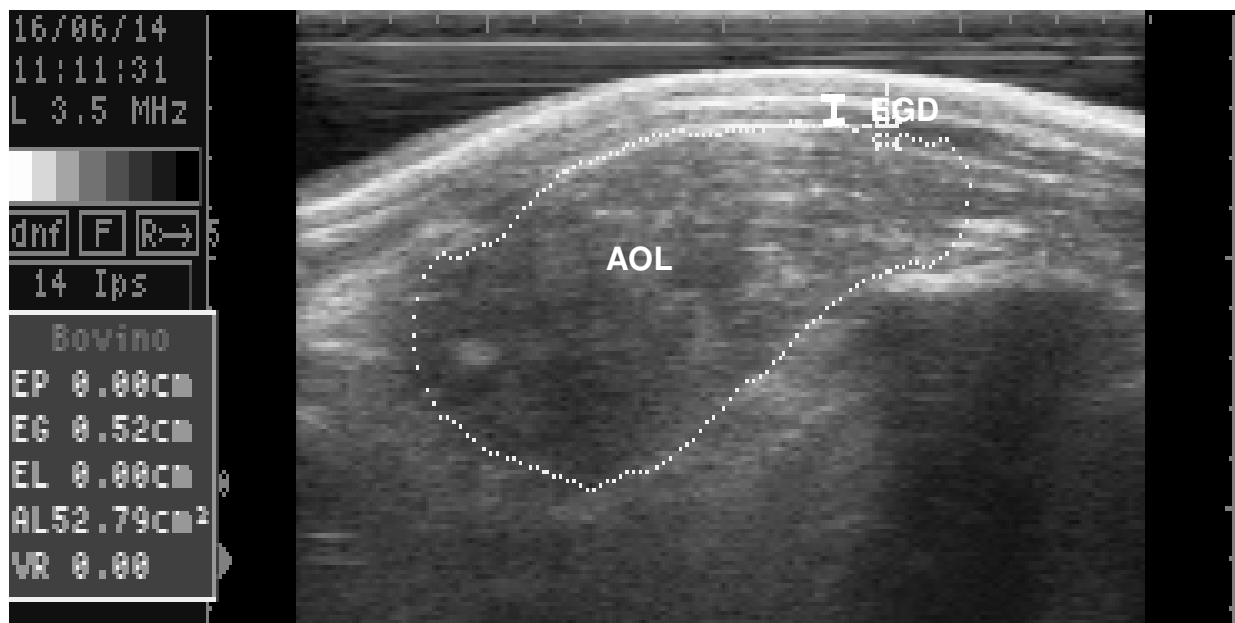


Figura 1. Ecografía de área de ojo de lomo (AOL) y espesor de grasa dorsal (EGD).

Otras medidas utilizadas en la industria cárnica, obtenidas a través del ultrasonido, son la grasa del anca, conocido también como P8 australiano (Piccirillo 2008), mide el grosor de grasa subcutánea a nivel de la grupa, entre la intersección de

la línea del tejido, en el fondo del músculo glúteo medio y el borde inferior de la capa de grasa subcutánea. Esta medida sirve para estimar la magrura de los animales (Ríos *et al.* 2011) y tiene alta correlación genética con el espesor de grasa dorsal (Piccirillo 2008).

Por otra parte, está la grasa intramuscular o marmoleo, como su nombre lo indica, esta medición es el porcentaje de grasa dentro del músculo *longissimus dorsi*. Esta imagen se toma colocando el transductor en plano longitudinal sobre el músculo *longissimus dorsi* en forma lateral a la columna vertebral (Ríos *et al.* 2011). Esta grasa se encuentra en los espacios interfasciculares del músculo, la estructura del músculo interviene en el patrón de deposición de grasa, por lo que el ordenamiento fascicular corre paralela a los depósitos de grasa (Cortés 2005).

También, tiene una fuerte relación con la suavidad, jugosidad y sabor de la carne, por lo que es un excelente estimador de la calidad de la canal (Ríos *et al.* 2011). Según Cortés (2005), la grasa intramuscular impacta en la ternura de la carne, ya que tiene un efecto sobre la dureza en el tejido conectivo y es debido a la deposición de grasa en las células peri vasculares del perimisio, por lo tanto, cuando el marmoleo es alto, se reduce la dureza del tejido.

En Estados Unidos, el uso del ultrasonido es utilizado para predecir en qué categoría de las clasificaciones oficiales de rendimiento y calidad (USDA Quality grade) se ubica el animal (Ríos *et al.* 2011). Por ejemplo, para definir el grado de calidad de la carne, se utiliza el grado de madurez y el grado de marmoleo, esta última medida es obtenida a través de la técnica de ultrasonido, evaluando la distribución del marmoleo en la superficie expuesta del área de ojo de lomo, cuando la media canal ha sido separada, entre las costillas décima segunda y décima tercera (Hale *et al.* 2013).

Por otra parte, los grados de rendimiento de las canales bovinas, estiman la cantidad de cortes al detalle, deshuesados y recortados, los cuales provienen de las partes más valiosas de la canal, no obstante también muestra las diferencias en el rendimiento total de cortes. Una canal con clasificación YG1 rinde el mayor porcentaje de cortes o sea tiene mayor rendimiento, mientras que una canal con YG5 rinde menor porcentaje de cortes o sea tiene menor rendimiento (Hale *et al.* 2013).

Los grados de rendimiento (USDA Quality Grade) son expresados numéricamente del 1 al 5, donde 1 indica la canal con el máximo rendimiento y el grado 5 el rendimiento más bajo. Existe una ecuación de predicción para conocer el porcentaje de cortes deshuesados y recortados (con un porcentaje base y con factores de corrección según las características medidas) y cada grado de rendimiento tiene un porcentaje esperado, tal como se observa en el Cuadro 3. Dichos grados se asignan evaluando: el espesor de la grasa dorsal; el peso de la canal caliente; la cantidad de grasa renal, pélvica y cardíaca; y el área de ojo de lomo (Hale *et al.* 2013). Debido a que en el presente estudio se evaluaron las medidas de espesor de grasa dorsal y área de ojo de lomo, se expondrá la clasificación de los grados de rendimiento sólo para estas medidas.

Cuadro 3. Porcentaje esperado de cortes de las canales bovinas según los diferentes grados de rendimiento.

Grado de rendimiento	Porcentaje de cortes (%)
1	>52,3
2	52,3-50,0
3	50,0-47,7
4	47,7-45,4
5	<45,4

Adaptado de Hale *et al.* (2013).

Para el espesor de la grasa dorsal, se establece un grado de rendimiento preliminar, donde la base es 2,00; mientras más grasa haya el valor de PYG será mayor, es decir una canal sin grasa tiene un PYG de 2,00 y por cada 2,54 mm de grasa se suma 0,25 al PYG. Para área de ojo del lomo, la canal tiene un promedio de 70,97 cm<sup>2</sup>, por lo que si una canal tiene un área mayor a este dato, probablemente es más muscular que el promedio y el PYG debe ajustarse hacia abajo para disminuir el valor numérico del grado del rendimiento; si el área es menor a 70,97 cm<sup>2</sup>, probablemente la canal tiene menor desarrollo muscular que el promedio, por lo que el PYG se debe ajustar hacia arriba. Por cada 6,45 cm<sup>2</sup> sobre 70,97 cm<sup>2</sup> se debe restar 0,33 del PYG;

y por cada 6,45 cm<sup>2</sup> debajo de 70,97 cm<sup>2</sup> se debe sumar 0,33 del PYG (Hale *et al.* 2013).

En un estudio, fueron utilizadas veinte vacas cebú de descarte, con el fin de obtener la predicción de la canal a través del ultrasonido en tiempo real, se procedió a obtener el peso vivo (PV) y posteriormente fueron enviadas al matadero para su sacrificio, 12 horas antes se tomaron las medidas de área de ojo de lomo (AOL), espesor de grasa dorsal (EGD) a nivel de la décimo segunda y décimo tercera costilla, posterior al sacrificio se obtuvo el peso de la canal caliente (PCC) y peso de la canal fría (PCF). Los promedios obtenidos para PV, AOL, EGD, PCC y PCF fueron; 408,7 kg, 48,9 cm<sup>2</sup>, 4,16 mm, 208,2 kg y 198,5 kg. Se encontraron correlaciones moderadas ( $p < 0,05$ ) entre PCC con las medidas PV, AOL y EGD (Velásquez y Ríos 2010).

En Argentina, con el fin de mejorar las características de interés económico no solamente relacionadas con la eficiencia reproductiva y el potencial de crecimiento, sino también con la calidad de carne, la Asociación Argentina de Angus tiene programas de evaluación de reproductores, por lo que suministran DEP para área de ojo de lomo (AOL), porcentaje de grasa intramuscular (%GI), espesor de grasa dorsal (EGD), espesor de grasa de cadera (EGC) y porcentaje de cortes minoristas (%CM), obtuvieron promedios de estas medidas ajustadas a los 550 días de vida de animales con pedigree, para machos y hembras respectivamente, de: 6,1 mm y 6,0 mm para EGD, de 7,9 mm y 7,6 mm para EGC, 84,4 cm<sup>2</sup> y 72,5 cm<sup>2</sup> para AOL y 2,6% y 3,1% para %GI; y para animales puros controlados, para machos y hembras respectivamente de 3,8 mm y 3,2 mm para EGD, de 4,8 mm y 4,1 mm para EGC, 72,1 cm<sup>2</sup> y 54,9 cm<sup>2</sup> para AOL y 2,2 y 2,8% para %GI. Estos promedios son de animales criados en sistemas de producción pastoriles característicos de Argentina (Guitou *et al.* 2007).

Por su parte, Orozco *et al.* (2010) realizaron mediciones en planta de cosecha por ultrasonido a 65 novillos de origen cebuino (mayores de un año, sin límite de edad), de los cuales seleccionaron las imágenes de 40 animales y obtuvieron valores promedio para área de ojo de lomo de 54,3 cm<sup>2</sup> (mínimo 48,0 cm<sup>2</sup> y máximo 62,7 cm<sup>2</sup>), esto para animales con peso vivo promedio de 410 kg (mínimo 369 kg y máximo 476 kg), sin embargo destacan que el grupo de animales utilizados para el estudio fue poco



homogéneo, ya que dichos animales fueron desarrollados en diferentes sistemas de producción en Colombia.

Capellari *et al.* (2013) evaluaron los resultados obtenidos para novillos Brangus y Bradford, engordados bajo un sistema de pastoreo continuo (pastura natural y pasto cultivado *Panicum máximum*), el periodo del ensayo fue largo, hasta que los animales tuvieron más de tres años de edad con más de 450 kg de peso vivo, antes del sacrificio obtuvieron para peso vivo y área de ojo de lomo, los siguientes promedios respectivamente, 511,8 kg y 60,4 cm<sup>2</sup> para Brangus y 503,7 kg y 64,4 cm<sup>2</sup> para Bradford, obteniendo diferencias significativas para área de ojo de lomo.

Jiménez *et al.* (2013) evaluaron la raza Brahman y sus cruces para características de crecimiento y rendimiento de la canal, para esto utilizaron hembras Brahman de tipo comercial y fueron inseminadas a tiempo fijo con semen de toros puros de las razas Blanco Orejinegro, Braunvieh, Limousine, Normando, Simmental, Romosinuano, Brahman gris, Brahman rojo y Guzerá, algunas de las variables evaluadas se pueden observar en el Cuadro 4, cabe destacar que los animales fueron desarrollados en pastoreo, con la presencia de *Brachiaria plantaginea*, *Panicum máximum*, *Dichantium aristatum* y *Brachiaria decumbens* y con suplemento mineral.

Para el área de ojo de lomo al sacrificio el cruce con Limousine fue mayor, mencionan que a lo largo de todo el ensayo siempre presentó los mayores valores, mientras que los cruces con Orejinegro y Brahman gris presentaron los promedios más bajos para esta variable. Para el espesor de grasa dorsal los cruces con Romosinuano, Guzerá, Brahman rojo y Brahman gris presentaron los promedios más altos después de los 9 meses hasta el sacrificio. Destacan que los cruces Romosinuano y Guzerá presentaron los valores más bajos a edades tempranas y los valores más altos en las edades posteriores, también mencionan que la tasa de deposición de grasa fue similar entre los cruces con Brahman gris y Brahman rojo, mientras que los demás grupos presentaron valores similares y los promedios más bajos que los cruces ya mencionados (Jiménez *et al.* 2013).

Cuadro 4. Promedios para las variables evaluadas de características de crecimiento y de rendimiento de la canal en diferentes cruces con Brahman comercial.

Variable	Blanco Orejinegro x Brahman	Brahman gris x Brahman	Brahman rojo x Brahman	Braunvieh x Brahman	Guzerá x Brahman	Limousine x Brahman	Normando x Brahman	Romosinuano x Brahman	Simmental x Brahman
AOLSC (cm <sup>2</sup> )	69,23 <sup>b</sup>	69,33 <sup>b</sup>	70,93 <sup>ab</sup>	70,82 <sup>ab</sup>	70,28 <sup>ab</sup>	80,93 <sup>a</sup>	74,72 <sup>ab</sup>	74,68 <sup>ab</sup>	73,49 <sup>ab</sup>
EGDSC (mm)	2,82 <sup>b</sup>	3,76 <sup>ab</sup>	3,91 <sup>ab</sup>	2,92 <sup>b</sup>	4,56 <sup>ab</sup>	3,38 <sup>ab</sup>	2,81 <sup>b</sup>	4,97 <sup>a</sup>	2,94 <sup>b</sup>
CTSC (cm)	184,2 <sup>ab</sup>	182,4 <sup>b</sup>	180,8 <sup>b</sup>	181,1 <sup>ab</sup>	186,2 <sup>ab</sup>	182,1 <sup>ab</sup>	185,2 <sup>ab</sup>	181,3 <sup>b</sup>	190,2 <sup>a</sup>
AGSC (cm)	140,7 <sup>ab</sup>	142,5 <sup>ab</sup>	144,2 <sup>ab</sup>	142,0 <sup>ab</sup>	144,2 <sup>ab</sup>	139,7 <sup>b</sup>	145,5 <sup>a</sup>	139,3 <sup>b</sup>	142,5 <sup>ab</sup>
MT (kg)	30,2 <sup>ab</sup>	26,2 <sup>b</sup>	25,8 <sup>b</sup>	30,4 <sup>ab</sup>	25,2 <sup>b</sup>	35,1 <sup>a</sup>	31,7 <sup>ab</sup>	27,4 <sup>ab</sup>	30,9 <sup>ab</sup>
MT (%)	6,0 <sup>ab</sup>	5,4 <sup>b</sup>	5,3 <sup>b</sup>	6,2 <sup>ab</sup>	5,2 <sup>b</sup>	7,4 <sup>a</sup>	6,3 <sup>ab</sup>	5,7 <sup>ab</sup>	6,0 <sup>ab</sup>
PSC (kg)	508,2 <sup>ab</sup>	475,4 <sup>b</sup>	484,7 <sup>ab</sup>	494,5 <sup>ab</sup>	478,6 <sup>ab</sup>	473,2 <sup>ab</sup>	502,0 <sup>ab</sup>	477,0 <sup>b</sup>	514,6 <sup>a</sup>
PCC (kg)	261,6 <sup>abc</sup>	265,6 <sup>abc</sup>	270,5 <sup>ab</sup>	247,4 <sup>c</sup>	264,6 <sup>abc</sup>	257,5 <sup>abc</sup>	275,2 <sup>a</sup>	249,5 <sup>bc</sup>	267,6 <sup>abc</sup>
RCC (%)	55,4 <sup>cde</sup>	57,0 <sup>ab</sup>	57,4 <sup>ab</sup>	54,2 <sup>e</sup>	56,8 <sup>abc</sup>	58,0 <sup>a</sup>	56,4 <sup>bc</sup>	54,9 <sup>de</sup>	55,3 <sup>cde</sup>
PCF (kg)	255,1 <sup>abc</sup>	258,8 <sup>abc</sup>	264,1 <sup>ab</sup>	241,2 <sup>c</sup>	259,1 <sup>abc</sup>	252,5 <sup>abc</sup>	268,5 <sup>a</sup>	244,7 <sup>bc</sup>	262,4 <sup>ab</sup>

AOLSC= Área de ojo de lomo al sacrificio, EGDSC= Espesor de grasa dorsal al sacrificio, CTSC=Circunferencia torácica al sacrificio, AGSC= Altura a la grupa al sacrificio, MT= Merma en transporte, PSC= Peso al sacrificio, PCC= Peso de la canal caliente, RCC=Rendimiento de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría. Medias en la misma fila con letra distinta presentan diferencia significativa (P<0,05). Adaptado de Jiménez *et al.* (2013).

Silva *et al.* (2003), estimaron el peso y el rendimiento de la canal a partir de medidas ultrasonográficas en toros de raza Brangus y Nelore desarrollados en confinamiento por un periodo de 142 días; en el Cuadro 5 se puede observar los promedios obtenidos para variables como peso vivo (PV), peso de la canal caliente (PCC), rendimiento de la canal (RC), área de ojo de lomo por ultrasonido (AOLU), área de ojo de lomo de la canal (AOLC), espesor de grasa subcutánea por ultrasonido (EGSU) y espesor de grasa subcutánea de la canal (EGSC).

Cuadro 5. Medias  $\pm$  errores estándar de las características evaluadas *in vivo* y en la canal de animales Brangus y Nelore.

Variable	Brangus	Nelore
EMI (días)	322 $\pm$ 3,89	297 $\pm$ 3,70
EMF (días)	455 $\pm$ 4,40	429 $\pm$ 3,79
PVI (kg)	236 $\pm$ 5,97	231 $\pm$ 3,62
PVF (kg)	399 $\pm$ 9,15	366 $\pm$ 6,15
PCC (kg)	222 $\pm$ 5,72	210 $\pm$ 3,71
RC (%)	55,5 $\pm$ 0,29	58,1 $\pm$ 0,23
AOLU inicial (cm <sup>2</sup> )	42,1 $\pm$ 1,07	45,2 $\pm$ 1,26
AOLU final (cm <sup>2</sup> )	66,9 $\pm$ 1,72	65,0 $\pm$ 1,34
AOLC (cm <sup>2</sup> )	61,4 $\pm$ 1,74	62,5 $\pm$ 1,69
EGSU inicial (mm)	0,1 $\pm$ 0,09	0,2 $\pm$ 0,13
EGSU final (mm)	4,0 $\pm$ 0,34	3,4 $\pm$ 0,30
EGSC (mm)	4,4 $\pm$ 0,38	3,8 $\pm$ 0,37

EMI= Edad media inicial, EMF= Edad media final, PVI= Peso vivo inicial, PVF=Peso vivo final, PCC=Peso de la canal caliente, RC=Rendimiento de la canal, AOLU=Área de ojo de lomo por ultrasonido, AOLC= Área de ojo de lomo de la canal, EGSU= Espesor de grasa subcutánea por ultrasonido, EGSC= Espesor de grasa de la canal. Adaptado de Silva *et al.* (2003).

Encontraron correlaciones entre las medidas AOLU y EGSU de 0,83 y 0,86 ( $p < 0,01$ ) con AOLC y EGSC respectivamente; el PV presentó las correlaciones más altas ( $p < 0,01$ ) con el PCC, variando de 0,87 a 0,98 en Brangus y de 0,78 a 0,97 en Nelore, después del PV, el AOLU fue la característica que presentó mayores correlaciones con el PCC ( $p < 0,01$ ), de 0,60 a 0,75 en Brangus y de 0,67 a 0,84 en Nelore; el EGSU presentó correlaciones positivas y significativas ( $p < 0,05$ ) en relación con el PCC variando de 0,42 a 0,55 en animales Brangus y de 0,35 a 0,62 en Nelore. En relación al rendimiento de la canal, las correlaciones fueron bajas y se mantuvieron constantes en todas las características evaluadas y en ambas razas (Silva *et al.* 2003).

En Costa Rica, Murillo *et al.* (2012) evaluaron características de canales de bovinos sacrificados en el país, esto con el propósito de generar una clasificación de canales basadas en la calidad de carne, dentro de las variables de interés evaluadas se encuentran peso en pie en matadero (PS), peso de la canal caliente (PCC), peso de la canal fría (PCF), espesor de grasa dorsal (EGD), área de ojo de lomo (AOL) y el rendimiento de la canal (RC) (todas las medidas tomadas *post mortem* a excepción del primera variable mencionada), dichos autores obtuvieron los siguientes promedios (Cuadro 6) según la categoría del animal (toros jóvenes (0 a 2 dientes), toros adultos (4 a 6 dientes), vacas de descarte (8 dientes) y novillas (0 a 2 dientes)).

Cuadro 6. Características *in vivo* y de la canal de bovinos según categoría animal.

Características	Novillas	Vacas	Toros jóvenes	Toros
PS (kg)	356 <sup>a</sup>	411 <sup>b</sup>	435 <sup>d</sup>	506 <sup>c</sup>
PCC (kg)	194 <sup>d</sup>	214 <sup>c</sup>	241 <sup>b</sup>	290 <sup>a</sup>
PCF (kg)	192 <sup>d</sup>	212 <sup>c</sup>	239 <sup>b</sup>	285 <sup>a</sup>
RC (%)	54	52	55	57
AOL (cm <sup>2</sup> )	64,22 <sup>c</sup>	65,09 <sup>c</sup>	75,86 <sup>b</sup>	86,34 <sup>a</sup>
EGD (mm)	9,44 <sup>a</sup>	11,11 <sup>a</sup>	4,08 <sup>c</sup>	7,19 <sup>b</sup>

PS=Peso en pie en matadero, PCC=Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, EGD=Espesor de grasa dorsal, AOL=Área de ojo de lomo, RC= Rendimiento de la canal. Medias en la misma fila con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P \leq 0,01$ ). Adaptado de Murillo *et al.* (2012).

Para las características de PS, PCC y PCF se encontraron diferencia estadísticas en todas las categorías de animales, esto es de esperarse ya que son animales clasificados según la edad. Mientras que para RC las diferencias fueron no significativas. Para el EGD las vacas adultas presentaron mayor cantidad de grasa seguidas por las novillas, lo que es característico de las hembras, ya que tienden a depositar más grasa que los machos. Para AOL, los machos presentaron los mayores promedios y presentaron diferencias entre ellos, mientras que entre las hembras no (Murillo *et al.* 2012).

### **3.4 Mediciones zoométricas**

La medición zoométrica o la bovinometría estudia parte de la conformación exterior de los bovinos, la cual tiene como objetivo determinar las principales medidas corporales y sus relaciones mediante índices. Ésta es una herramienta importante en la evaluación del crecimiento y desarrollo corporal, entre y dentro de las razas, siempre y cuando los sistemas productivos sean semejantes (Mahecha *et al.* 2002).

Es útil la comparación con medidas tomadas a una raza, dando idea de la variación que puede existir entre estas, esto a través del tiempo, comprobando si han aumentado, disminuido o se mantienen estables. El análisis de las medidas corporales ha sido de gran utilidad en procesos de selección y mejoramiento de razas, para obtener animales de excelente conformación adaptados a condiciones tropicales (Mahecha *et al.* 2002).

Las cualidades y aptitudes de una raza, es decir su inclinación hacia determinada producción zootécnica, se puede conocer de manera directa midiendo las características de interés zootécnico económico o de manera indirecta a través de la zoometría obteniendo información de las medidas corporales, las cuales además de caracterizarse por el aporte genético de cada raza, son influenciadas por factores inherentes al individuo, como el sexo, la edad y el ambiente en el que se encuentran, lo cual permite conocer la morfología que ha adquirido el ganado en el tiempo y sus capacidades productivas hacia determinada producción (Contreras *et al.* 2012).

A pesar de que el método más preciso para conocer el peso del animal es utilizar una báscula calibrada de animales en ayuno, no en todas las fincas se tiene, por lo

que obteniendo alguna medida corporal se puede inferir el peso del animal (Gómez y Gómez 2013). Lo que se pretende es que a partir de una o pocas medidas corporales se puede estimar el peso del animal vivo con un bajo margen de error, por lo que el peso se estima con diferentes fórmulas de regresión. Dentro de las ventajas está valorar el crecimiento, el desarrollo corporal, la eficiencia de la alimentación, calcular la medicación que se debe dar y si se conoce el patrón de crecimiento predecir los pesos futuros según la edad (Parés-Casanova 2009).

También se puede estimar el rendimiento de la canal (Parés-Casanova 2009), ya que se dice que variaciones en el rendimiento de la canal están relacionados con la composición genética y las diferencias en las medidas corporales (Albertí *et al.* 2008), así como con características de producción (Velásquez y Álvarez 2004), por ejemplo en Brasil se analizaron correlaciones entre distintas medidas zoométricas y regresiones múltiples, el fin de obtener ecuaciones que predijeran el peso final y el peso promedio de terneros de raza Hereford (Mahecha *et al.* 2002). Según Contreras *et al.* (2012) la cantidad de medidas corporales que son utilizadas para caracterizar el ganado bovino, pueden variar de seis a catorce. A continuación, se expondrán las medidas zoométricas evaluadas en el presente ensayo.

**Altura a la cruz:** Corresponde a la estatura del animal y es la distancia entre la parte más alta de la cruz y la horizontal del suelo, debe de tomarse las precauciones del caso, ya que los animales se encuentran inquietos ante la presencia de cualquier instrumento extraño (Alvear 2008).

**Altura a la grupa:** Esta medida va desde la región de la grupa hasta el piso, es una de las medidas más fáciles de obtener y con mayor probabilidad de repetición exacta, es un buen indicador de ganancia de peso cuando se compara con el ancho respectivo (Gómez y Gómez 2013).

Tanto la altura a la cruz como altura a la grupa, fueron medidas utilizadas para el estudio del desarrollo esquelético, ya que la altura a la grupa es una característica que va indicar madurez a edad temprana, seguida por la altura a la cruz, también la inclusión de la altura y el peso puede ser una opción para realizar la selección por tamaño (Contreras *et al.* 2012).

Circunferencia torácica: Conocido también como perímetro torácico, se toma bordeando el tórax a la altura de la parte más declive de la cruz, se utiliza una cinta métrica y esta debe volver al punto de partida. Las medidas del perímetro torácico son de utilidad para obtener un aproximado del peso corporal (Alvear 2008). Una circunferencia torácica grande es señal positiva de conversión alimenticia, ganancia de peso, adaptabilidad, constitución y vigor (Gómez y Gómez 2013). Garro y Rosales (1996) hallaron diferencias en ecuaciones de predicción de peso corporal a partir de la circunferencia torácica, en el efecto de la raza, lo que indica que la relación entre el peso corporal y la circunferencia torácica va a depender de la raza del animal.

Ancho de la grupa: También llamada anchura interilíaca, es el ancho máximo entre las tuberosidades laterales del coxal (Parés-Casanova 2009). A mayor valor en esta medida se puede esperar también mayor área de ojo de lomo, espesor de lomo, espesor de grasa dorsal y peso de la canal caliente (Rodríguez 2015).

Longitud corporal: Es la distancia recta que inicia desde el punto más sobresaliente de la articulación escapulo-humeral (Gómez y Gómez 2013) hasta el punto más caudal de la articulación ilio-isquiática (Parés-Casanova 2009).

Longitud a la cruz: Esta medida es la distancia dorso lumbar del animal, es tomada a partir de la cruz hasta la base o el nacimiento de la cola (Girón 2006).

En Costa Rica, Garro y Rosales (1996), evaluaron la relación entre la circunferencia torácica y el peso corporal de ganado cebuino entre los 12 a 36 meses de edad, las razas utilizadas para el muestreo fueron en su mayoría Brahman e Indobrasil, también cruces de Brahman-Indobrasil, Brahman-Gyr y en encastes con Nelore, Gyr y Brahman-Criollo. En total tomaron 2105 muestras y obtuvieron correlaciones altas y significativas ( $p \leq 0,01$ ) entre el peso corporal y la circunferencia torácica, con un valor de  $R^2$  de 0,92 esto en el análisis general y valores de  $R^2$  de 0,83 a 0,98 en las categorías analizadas, obtuvieron una ecuación general de tipo exponencial para la predicción del peso a partir de la circunferencia torácica. Y también ecuaciones similares para cada una de las categorías analizadas, tales como: Efecto de la edad, efecto de manejo, efecto de la región geográfica, efecto de la raza, efecto de la conformación y efecto del sexo

Jiménez *et al.* (2013) al comparar diferentes cruces con Brahman comercial (Cuadro 4), mencionan que en general los cruces con las razas Simmental, Normando, Guzerá y Blanco Orejinegro presentaron los mayores valores para circunferencia torácica, mientras que los cruces con Normando, Guzerá, Brahman rojo y Simmental lo hicieron para altura a la grupa.

Velásquez y Álvarez (2004) compararon animales castrados Brahman gris y Brahman rojo, ambos grupos al pastoreo, durante 14 meses, se tomaron pesajes pos destete a los 12, 18 y 24 meses los cuales fueron ajustados, se midió el peso al sacrificio (PS), peso de la canal caliente (PCC), el rendimiento de la canal caliente (RCC), peso de la canal fría (PCF) y el total de carne aprovechable (TCA) (estas dos últimas sólo en Brahman rojo), se realizaron medidas bovinométricas (circunferencia torácica (CT), longitud corporal (LNC), altura a la grupa (AG) y ancho de la grupa (ANG), a los 12, 18 y 24 meses). También se tomaron dos mediciones con ultrasonido; el área de ojo de lomo (AOL) y el espesor de grasa dorsal (EGD) a los 18 meses. En el Cuadro 7, se muestran los promedios para cada una de las variables estudiadas y el valor-p, para observar si se presentó diferencias estadísticas entre el Brahman rojo y el Brahman gris.

En cuanto a las correlaciones (coeficiente de correlación de Pearson), la GDP presentó correlaciones positivas altamente significativas con el P18 (0,77) y con la CT24 (0,61), también correlaciones significativas positivas con AG24 (0,51) y AOL18 (0,45) y correlaciones negativas significativas con LNC (-0,46). Los P12, P18 y P24 presentaron correlaciones moderadas con las medidas bovinométricas. El PF y la AG12, AG18 y AG24 presentaron correlaciones positivas (0,63; 0,38 y 0,33 respectivamente). Las medidas AG12 (0,59), AG18 (0,41), AG24 (0,36) y LNC24 (0,44) se correlacionaron con el PCC (Velásquez y Álvarez 2004).



Cuadro 7. Promedios  $\pm$  errores estándar de diferentes variables de crecimiento evaluadas en Brahman gris y Brahman rojo.

Variable	Brahman rojo	Brahman gris	Valor-p
P12 (kg)	246 $\pm$ 15 <sup>a</sup>	229 $\pm$ 18 <sup>b</sup>	<0,001
P18 (kg)	386 $\pm$ 27 <sup>a</sup>	418 $\pm$ 26 <sup>b</sup>	<0,05
P24 (kg)	433 $\pm$ 5 <sup>a</sup>	477 $\pm$ 33 <sup>b</sup>	<0,001
PS (kg)	487 $\pm$ 29	466 $\pm$ 35	-
GDP (kg/día)	0,49 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>	0,57 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>	<0,001
AG12 (cm)	124 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	122 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	<0,05
AG18 (cm)	137 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	137 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	$\geq$ 0,05
AG24 (cm)	142 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	144 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	<0,05
ANG12 (cm)	36,8 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	36,2 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	$\geq$ 0,05
ANG18 (cm)	40,9 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	41,5 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	$\geq$ 0,05
ANG24 (cm)	42,7 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	43,6 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup>	<0,05
LNC12 (cm)	128 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	121 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	<0,001
LNC18 (cm)	140 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	138 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	<0,05
LNC 24 (cm)	148 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	145 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	<0,001
CT12 (cm)	145 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	148 $\pm$ 1,0 <sup>b</sup>	<0,05
CT18 (cm)	172 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	181 $\pm$ 1,0 <sup>b</sup>	<0,001
CT24 (cm)	180 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>	188 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	<0,001
EGD18 (mm)	4,2 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	4,3 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	$\geq$ 0,05
AOL18 (cm <sup>2</sup> )	58,6 $\pm$ 10,7 <sup>a</sup>	65,7 $\pm$ 6,9 <sup>b</sup>	<0,05
EdSac (meses)	23,5 $\pm$ 0,7	25,9 $\pm$ 1,2	-
PCC (kg)	264 $\pm$ 15	253 $\pm$ 19	-
RCC (%)	53,3 $\pm$ 1,3	54,3 $\pm$ 0,9	-
PCF	260 $\pm$ 14	-	-
TCA	158 $\pm$ 9	-	-

P12=Peso a los 12 meses, P18=Peso a los 18 meses, P24=Peso a los 24 meses, PS=Peso al sacrificio, GDP=Ganancia diaria promedio, AG12=Altura a la grupa a los 12 meses, AG18=Altura a la grupa a los 18 meses, AG24=Altura a la grupa a los 24 meses, ANG12=Ancho de grupa a los 12 meses, ANG18=Ancho de grupa a los 18 meses, ANG24=Ancho de grupa a los 24 meses, LNC12=Longitud corporal a los 12 meses, LNC18= Longitud corporal a los 18 meses, LNC24= Longitud corporal a los 24 meses, CT12=Circunferencia torácica a los 12 meses, CT18= Circunferencia torácica a los 18 meses, CT24= Circunferencia torácica a los 24 meses, EGD18=Espesor de grasa dorsal a los 18 meses, AOL18=Área de ojo del lomo a los 18 meses, EdSac=Edad al sacrificio, PCC=Peso de la canal caliente, RCC=Rendimiento de la canal caliente. PCF=Peso de la canal fría, TCA=Total de carne aprovechable. Medias en la misma fila con letra distinta presentan diferencia significativa. Adaptado de Velásquez y Álvarez (2004).

También se observaron correlaciones significativas entre AOL18 y PCF de 0,57. En este estudio, determinaron que la GDP y las medidas bovinométricas a los 18 meses tuvieron mayor poder predictivo del PCC y el TCA, ellos consideraron también el perímetro de pierna de la canal y el área de ojo de lomo como un indicador de la musculatura total de la canal, sin embargo el AOL18 fue más predictivo. En el estudio concluyeron que un valor bajo de CT influye en que los lomos no sean tan anchos, lo que afecta el valor de producción de carne total y también está influenciado por la LNC en la determinación del TCA (correlación de 0,64) (Las correlaciones evaluadas fueron por correlaciones simples de Pearson) (Velásquez y Álvarez 2004).

En otro estudio realizado, Contreras *et al.* (2012) evaluaron 49 toros Criollo Limonero puro, adultos de edad promedio de  $5,5 \pm 1,6$  años, presentaron un peso promedio de 390,3 kg, dentro de las medidas realizadas se encuentran: altura a la cruz, altura a la grupa, circunferencia torácica, longitud corporal y ancho de grupa; de acuerdo a las medidas tomadas los machos mostraron homogeneidad fenotípica. Se encontró alta correlación fenotípica altamente significativa entre el peso vivo y casi todas las características morfológicas estudiadas, siendo la circunferencia torácica como el indicador más adecuado del peso vivo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedios de las variables evaluadas Criollo Limonero puro y su correlación fenotípica con el peso vivo.

Variable	Promedio	Correlación fenotípica*
Edad (años)	5,5	-
Peso (kg)	390,3	-
Altura a la cruz (cm)	126,6	0,69
Altura a la grupa (cm)	133,2	0,70
Circunferencia torácica (cm)	173,5	0,93
Longitud corporal (cm)	132,0	0,78
Ancho de grupa (cm)	68,37	0,69

\*Coeficiente de correlación de Pearson. Adaptado de Contreras *et al.* (2012).

Por otra parte, Mahecha *et al.* (2002) midieron el peso corporal, la longitud corporal, la altura a la cruz y la circunferencia torácica de 52 machos de raza Lucerna ( $\geq 8$  años), obteniendo los siguientes promedios, respectivamente: 384,5 kg; 147,3 cm; 118,0 cm y 160,6 cm. Para el modelo de regresión lineal, se obtuvieron los coeficientes de correlación ( $r$ ) para longitud corporal de 0,93, para altura a la cruz de 0,93 y para circunferencia torácica de 0,96.

En Costa Rica, Rodríguez (2015) evaluó el efecto de la suplementación mineral en novillas *Bos taurus x Bos indicus*, esto bajo el mismo sistema de estabulado que los animales del presente ensayo, se reportaron promedios para las siguientes medidas zoométricas: 167,8 cm para circunferencia torácica, 129,4 cm para altura a la grupa, 124, cm para altura a la cruz, 41,4 cm para ancho de grupa, 106,90 cm para longitud a la cruz y 120,0 cm para longitud corporal, en este caso fueron suplementadas con sal blanca.

### **3.5 Merma durante el proceso de traslado hasta el sacrificio**

La merma es la pérdida o diferencia entre el peso en la finca y el peso en el mercado (Bavera 2006). En cualquier proceso de manejo de los animales se genera estrés, debido a distintos factores, tales como la agrupación, los ruidos del entorno, el espacio reducido en los corrales (Rodríguez y WingChing 2012) y el transporte (Bavera 2006), lo cual estará reflejado en la disminución del peso corporal (Rodríguez y WingChing 2012).

Es importante que el personal encargado del traslado, tenga experiencia en la manipulación y movimiento de los animales, y que además conozca su comportamiento, ya que un manejo adecuado del ganado, es importante no sólo por el bienestar de los animales, sino para la ganancia económica (Ávalos *et al.* 2012), ya que se reducirán las pérdidas y por ende la merma en el proceso.

Por otra parte, la merma se verá aumentada en condiciones de ayuno prolongado, donde en las primeras 12 horas se da la mayor pérdida de peso vivo (Rodríguez y WingChing 2012). El tiempo de traslado, el clima (calor, frío o lluvia) y las situaciones de carga y descarga de los animales durante el transporte, son los factores que mayor inciden en la merma, cuanto más largo es el viaje mayor será la pérdida de

peso, pero dicha pérdida no es proporcional, es mayor en los primeros kilómetros (Bavera 2006).

También influye el tipo de alimento que ingiere antes de ser transportado, cuando aquella dieta que ingiere presenta alto contenido de humedad como pasturas suculentas, las pérdidas son mayores que cuando la dieta es de alimentos más secos como el heno y los granos (Bavera 2006).

Según Castro y Robaina (2003) existen diferentes tipos de mermas, por una parte está la merma de la fracción excretoria, la cual consiste en la pérdida de materia fecal, excreción de orina y evaporación de la piel, este tipo de mermas producen un incremento del rendimiento, ya que las pérdidas no provienen del sistema osteomuscular, que da origen a la canal, pero está disminuyendo el peso vivo.

Cuando se da un manejo adecuado de forma y tiempo, la pérdida de peso será únicamente excretoria, la recomendación de ayuno previo, que minimiza esta merma, se basa en reducir el volumen del contenido gastrointestinal y así disminuir el riesgo de contaminar la canal durante la evisceración. Si el transporte y el ayuno se llevan a cabo por periodos muy largos, se produce la merma por pérdida de tejido que se produce vía evaporación de agua a través de los pulmones y ésta deshidratación sí ocasiona pérdidas de peso de los tejidos que forman parte de la canal (Castro y Robaina 2003). Bavera (2006) menciona el porcentaje de merma que puede generarse según la longitud del viaje en camión, en animales alimentados con heno y grano y también la pérdida de peso según las horas de ayuno, tal como se puede observar en el Cuadro 9 y en el Cuadro 10, respectivamente.

Cuadro 9. Porcentaje de merma según la longitud del viaje en camión, en animales alimentados con heno y grano.

Peso al inicio del viaje (kg)	Después de 40 km	Después de 80 km	Después de 60 km	Después de 320 km
Menor de 450	1,5	2,2	3,1	3,9
450 a 495	2,1	3,0	3,8	4,1
496 kg a 540	1,8	2,6	3,4	4,1
Más de 540	1,9	2,4	3,1	3,6

Adaptado de Bavera (2006).

Cuadro 10. Merma (kg) y porcentaje de merma de acuerdo a las horas de ayuno de los animales.

Horas de ayuno	% de merma	Estimación de la merma (kg)		
		200 kg	400 kg	600 kg
6	2,5	5	10	15
12	4	8	16	24
24	6	12	24	36
48	10	20	40	60
72	12	24	48	72

Adaptado de Bavera (2006).

Jiménez *et al.* (2013) al comparar diferentes cruces con Brahman comercial (Cuadro 4), encontraron que el grupo racial que presentó mayor merma fue el Limousine (35 kg) y el de menor merma fue el cruce con Guzerá (25,2 kg). En cuanto al porcentaje de merma, aquellos que mostraron mayor pérdida fueron los cruces con Limousine, Normando, Braunvieh y Simmental, mientras que los que presentaron los menores valores tanto en kilogramo como en porcentaje, fueron los cruces con Guzerá, Brahman rojo y Brahman gris y estadísticamente presentaron diferencias ( $p < 0,05$ ) con Limousine. En este estudio mencionan que hubo menor merma durante el transporte en los cruces entre cebuinos en comparación con los cruces tauro y cebuino, tanto en los valores en kilogramo como en los porcentuales.

### 3.6 Rendimiento de la canal

La canal se define como el cuerpo del animal desangrado, sin piel o cuero, eviscerado (Carvajal 2000), sin cabeza y sin la parte distal de los miembros anteriores y posteriores (Oteiza y Carmona 1989), es considerada como la parte más importante que se obtiene de una res durante el proceso de faenado, que incluye la carne, el hueso y la grasa solamente, ya que el resto son productos secundarios o subproductos. Pasado el sacrificio a los animales se les retira los órganos contenidos en la cavidad abdominal y torácica, también algunas partes de hueso, tejido cartilaginoso, fibroso y elástico, con el fin de dejar sólo la canal (Riaño y Sierra 2007).

El rendimiento de la canal es la relación del peso de la canal caliente dividido entre el peso vivo del animal inmediatamente antes del sacrificio y multiplicado por cien (Castro y Robaina 2003). Según Carvajal (2000) muchos autores opinan que el rendimiento de la canal debe ser medido después de 48 a 72 horas a 5 °C, por lo que si se efectúa con el peso de la canal caliente, debe rebajarse de 1 a 2% del rendimiento obtenido.

La composición de la canal es importante para el cálculo de las ganancias, es decir la proporción de carne y hueso expresada en un porcentaje sobre el peso de la canal, por su parte el porcentaje de grasa disminuye el porcentaje de hueso y músculo afectando el valor comercial (Riaño y Sierra 2007). La mejor conformación es aquella que presenta mayor contenido de carne y alta proporción de cortes de alto valor comercial (Cortés 2005).

El valor del rendimiento de la canal está determinado por factores tales como la genética, la edad, la dieta, el sexo, el tipo de animal (novillo, toro o vaca) y el manejo *ante mortem* (alimentación y transporte) (Carvajal 2000). Por ejemplo, bovinos especializados en carne presentan un rendimiento promedio del 58% y 60%, mientras aquellos de menor especialidad presentan un rendimiento de 46% y 48% (Riaño y Sierra 2007). Orozco *et al.* (2010) reportan para novillos cebuinos porcentajes de rendimiento de la canal caliente de 56% y de la canal fría de 54%.

Jiménez *et al.* (2013) al comparar diferentes cruces con Brahman comercial (Cuadro 4), encontraron mayor peso de la canal caliente y peso de la canal fría en el cruce realizado con la raza Normando y presentó diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ) respecto al cruce con Braunvieh y Romosinuano, sin embargo no observaron diferencias estadísticas con los demás cruces. En cuanto al rendimiento de la canal, el cruce que presentó mayor valor fue el de Limousine, el cual resultó estadísticamente diferente de los cruces con Braunvieh, Romosinuano, Simmental, Blanco Orejinegro y Normando, no se observaron diferencias estadísticas del cruce Limousine con los cruces hechos con cebuinos Brahman rojo, Brahman gris y Guzerá.

Cortés (2005) evaluó 504 bovinos, los cuales fueron seleccionados aleatoriamente a la entrada al matadero y se les realizó evaluaciones *in vivo* y después del sacrificio. Dentro de las variables evaluadas se encuentra el efecto racial, ya sean

razas cebuinas (*Bos indicus*) y sus cruces, razas europeas (*Bos taurus*) y sus cruces y razas con aptitud lechera, dentro de las características de interés evaluadas se encuentra el peso de la canal caliente; se encontró que las canales de machos de razas europeas ( $324,9 \pm 11,2$ ) fueron más pesadas que las cebuinas ( $286,7 \pm 14,2$ ) y lecheras ( $242,8 \pm 14,2$ ) ( $p \leq 0,05$ ), se concluye que como es sabido, las razas *Bos indicus* y sus cruces son más livianas que las europeas y que también conforme se aumenta en los cruces el porcentaje *Bos indicus* disminuye el peso de la canal, pero además este resultado pudo ser afectado porque se observó que las razas europeas eran animales de talla grande y tenían un desarrollo total, mientras que las razas cebuinas y lecheras eran animales aún jóvenes y no habían desarrollado en su totalidad.

Huerta *et al.* (2013) recolectaron datos de animales en matadero de peso corporal *in vivo*, peso de la canal y rendimiento de la canal, en el caso de toros y novillos obtuvieron promedios, respectivamente de,  $471 \pm 9$  kg y  $458 \pm 27$  kg para peso *in vivo*,  $282 \pm 6$  kg y  $270 \pm 18$  para peso de la canal y  $59,7 \pm 0,6\%$  y  $58,8 \pm 1,8\%$  para rendimiento de la canal, no encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) para ninguna de estas variables según la condición sexual, cabe destacar que la muestra recolectada de toros era más grande que la de novillos.

En Costa Rica, CORFOGA (2014) reporta en promedio para rendimiento de la canal un  $54,2\%$  y para peso de la canal  $183,7$  kg, mientras que Rodríguez *et al.* (2002) reporta para peso al sacrificio  $437,4 \pm 88$  kg y para peso de la canal  $220,2 \pm 58,5$  kg, lo que dio como rendimiento de la canal  $51,6\%$ . Según el sexo de los animales, los machos presentaron  $476,2 \pm 90,3$  kg de peso al sacrificio,  $262,1 \pm 59,3$  kg para peso de la canal y  $55\%$  para rendimiento de la canal; en el caso de las hembras presentaron los siguientes promedios en el mismo orden:  $418,17 \pm 80,8$ ;  $199,7 \pm 45,8$  y  $47,7\%$ . Por su parte, Avalos *et al.* (2012) en un estudio realizado en la planta de cosecha de Coopemontecillos R.L., encontraron valores promedio de rendimiento de la canal para hembras y machos respectivamente de  $51,5$  y  $55,5\%$  y peso de la canal de  $194,4$  kg y  $262,9$  kg.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Procedimiento general

El proyecto se desarrolló en la Finca Experimental de Producción Animal, de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, la cual está ubicada en la Estación Experimental Diamantes, en Guápiles, Pococí, Limón. La posición geográfica es 10°13' latitud norte y 83°46' longitud oeste, la altitud es de 249 msnm (Arroyo *et al.* 2004), la precipitación promedio anual es de 4500 mm (Arroyo *et al.* 2007) y la temperatura promedio de 25,9°C (Arroyo *et al.* 2004)

Las razas utilizadas fueron Brahman, Brangus y el cruce Wagyu - Charbray, estos animales se compraron al destete (aproximadamente a los siete u ocho meses de edad), enteros (sin castrar) y con peso aproximado de 240 kg a ganaderos que producen ejemplares de cada raza. Se utilizaron animales con características fenotípicas lo más similares posibles. La castración se realizó a los 15 días de ingresados los animales al ensayo y fue a través del método quirúrgico cruento.

Se utilizó en cada corral un grupo compuesto por seis animales (tres enteros y tres castrados), uno entero y uno castrado de cada raza. En total se trabajó con veinticuatro animales (doce enteros y doce castrados) los cuales estuvieron distribuidos en cuatro corrales. Un animal se perdió durante el ensayo, por lo que se procedió a ignorar sus datos.

El proyecto se dividió en dos fases, la fase uno de desarrollo se extendió desde que los animales ingresaron a la finca con un peso aproximado de 240 kg hasta que alcanzaron un peso cercano a 350 kg y la fase dos de engorde desde los 350 kg hasta el sacrificio de los animales, la cual fue determinada al alcanzar pesos de 500 a 550 kg y también a través de la medición de espesor de grasa dorsal obtenida con el ultrasonido; todo el periodo de ensayo tardó 10 meses. Cabe destacar que antes de iniciar la prueba a los animales se les dio un período de adaptación de la dieta y el manejo; el cual fue de 15 días.

Las dietas que se suministraron a todas las unidades experimentales durante el ensayo, tanto para la fase de desarrollo como para la fase de engorde, se encuentran descritas en el Cuadro 11.



Cuadro 11. Dietas suministradas durante la fase de desarrollo (240 kg a 350 kg) y la fase de engorde (350 kg a 500 - 550 kg), (sal mineral y agua a libre consumo).

Fase	Suplemento (kg)	Urea (kg)	Forraje King grass	Cáscara de banano
Desarrollo	2,0	0,10	a libre consumo	a libre consumo
Engorde	2,5	0,12	a libre consumo	a libre consumo

El suplemento de la fase de desarrollo tuvo un 16% Proteína cruda y 3300 kcal/kg de Energía Digestible y el de engorde tuvo un 13% Proteína cruda y 3400 kcal/kg de Energía Digestible. Los componentes de la dieta se ofrecieron de forma separada, dando el suplemento antes del forraje, para asegurar su consumo. La dieta se suministró dos veces al día (6:00 a.m. y 2:00 p.m.).

#### 4.2 Tratamientos

Los tratamientos estuvieron constituidos por las seis combinaciones factoriales de tres razas (Brahman, Brangus (Negro) y el cruce Wagyu – Charbray) y dos condiciones físicas (castrado y no castrado), dichos tratamientos están descritos en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Tratamientos según raza y condición sexual.

Tratamiento	Raza	Condición
1	Brahman	Castrado
2	Brahman	No castrado
3	Brangus (Negro)	Castrado
4	Brangus (Negro)	No castrado
5	Wagyu - Charbray	Castrado
6	Wagyu - Charbray	No castrado

### 4.3 Variables medidas

Los animales se pesaron por primera vez al ingreso a la finca y a partir de ese momento se realizaron pesajes periódicos una vez al mes; esto para obtener ganancias diarias de peso y realizar curvas de crecimiento. Las medidas fueron realizadas con una báscula portátil Ezi-Weigh 7<sup>®</sup> equipada con barras de carga MP600<sup>®</sup>.

En cuanto a la medición para la predicción de las características de la canal *in vivo*, las primeras medidas se realizaron al momento en que los animales ingresaron a la finca y a partir de ese momento se realizaron mediciones periódicas cada tres meses, las variables medidas fueron:

1. Área de ojo de lomo (cm<sup>2</sup>).
2. Espesor de grasa dorsal (mm).

Estas mediciones fueron realizadas a través de la herramienta de ultrasonido en tiempo real, se utilizó un equipo modelo Aquila Vet Esaote, a una frecuencia de 3,5 MHz para las mediciones ultrasonográficas.

Durante el mismo periodo se realizó la toma de las siguientes medidas corporales con su respectivo instrumento de medición (todos graduados en milímetros):

1. Altura a la cruz (cm) – Bastón zoométrico.
2. Altura a la grupa (cm) – Bastón zoométrico.
3. Circunferencia torácica (cm) – Cinta métrica.
4. Longitud a la cruz (cm) – Regla de madera.
5. Longitud corporal (cm) – Regla de madera.
6. Ancho de la grupa (cm) – Calibres metálicos.

Los puntos medidos en el animal se pueden observar en la Figura 2.

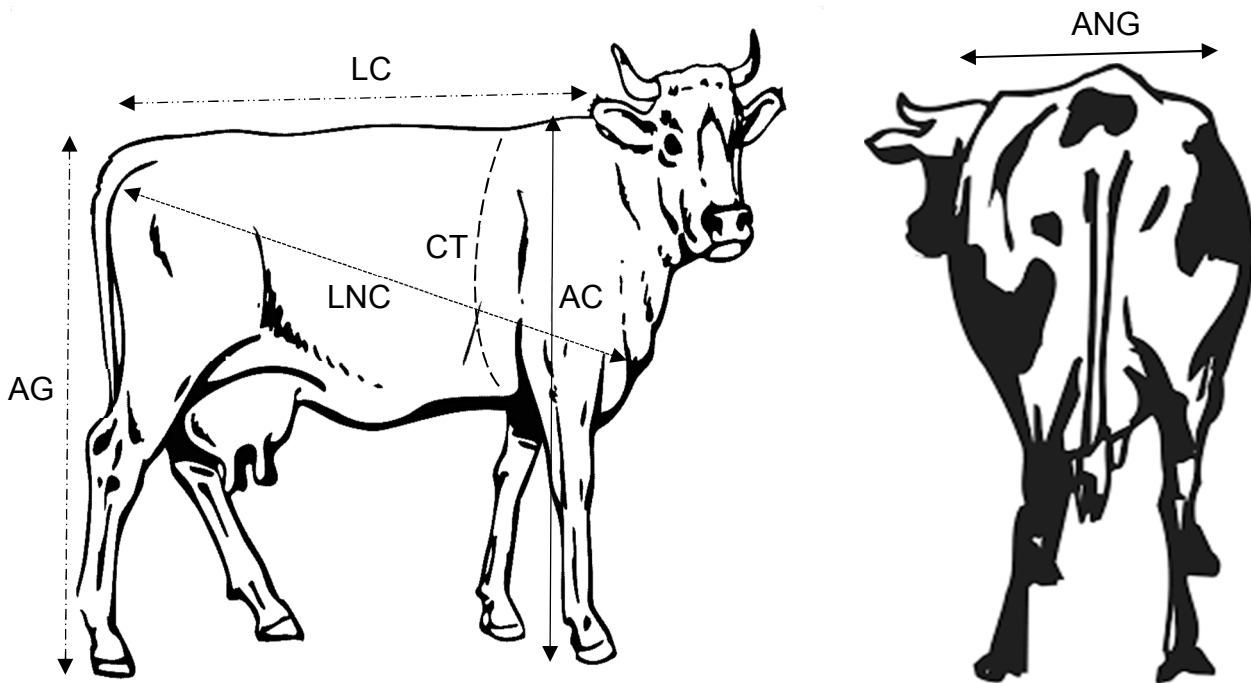


Figura 2. Representación de las medidas corporales realizadas durante el ensayo. AC: Altura a la cruz, AG: Altura a la grupa, ANG: Ancho de la grupa, CT: Circunferencia torácica, LC: Longitud a la cruz, LNC: Longitud corporal.

Una vez que los animales finalizaron el período de desarrollo y engorde, fueron enviados a la planta de cosecha donde se determinó el peso de salida de finca, peso al sacrificio, la merma durante el proceso desde el traslado hasta el sacrificio, el peso de la canal y el porcentaje del rendimiento de la canal.

#### 4.4 Unidad Experimental

La unidad experimental corresponde a cada animal de los veinticuatro utilizados para esta prueba, los cuales se encuentran divididos en cuatro corrales (bloques) con seis unidades experimentales cada uno.

#### 4.5 Descripción del análisis estadístico

Para el análisis de todas las variables iniciales (peso inicial, AOL0, EG0) se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + C_j + RC_{ij} + B_k + E_{ijkl} \quad (1)$$

Para las variables; ganancia diaria de peso, ganancia total de peso, peso final, área de ojo de lomo, espesor de grasa dorsal, peso salida de finca, peso al sacrificio, merma en el proceso de traslado hasta el sacrificio, peso de canal y porcentaje de rendimiento, se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + C_j + RC_{ij} + B_k + \beta (X_{ijk} - \bar{X}) + E_{ijk} \quad (2)$$

Para analizar el efecto de la raza y la condición, en área del ojo de lomo y grasa dorsal, a través del tiempo se empleó el siguiente modelo estadístico

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + C_j + RC_{ij} + B_k + T_l + RT_{ij} + CT_{jl} + RCT_{ijl} + \beta (X_{ijk} - \bar{X}) + E_{ijkl} \quad (3)$$

Para analizar el efecto de la raza y la condición, en altura a la cruz, circunferencia torácica, longitud a la cruz, altura a la grupa, ancho de la grupa y longitud corporal, a través del tiempo se empleó el siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + C_j + RC_{ij} + B_k + E_{ijk} + T_l + RT_{ij} + CT_{jl} + RCT_{ijl} + E_{ijkl} \quad (4)$$

Donde:

$Y_{ijk}$ ,  $Y_{ijkl}$  = Observación que corresponde a la i-ésima raza, j-ésimo tratamiento de castración, k-ésimo corral (y l-ésimo tiempo cuando hubo mediciones en el tiempo).

$\mu$  = Media general.

$R_i$  = Efecto de la i-ésima raza (Brangus, Cruce Charbray x Wagyu, Brahman).

$C_j$  = Efecto del j-ésimo tratamiento de castración (castrado, no castrado).

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

$B_k$  = Efecto del k-ésimo corral o bloque

$\beta$  = es el coeficiente de regresión entre X y Y.

$X_{ijk}$ = es la medición de la covariable realizada en tiempo 0 al animal *l*-ésimo.

$\bar{X}$ =es el promedio de los valores de la covariable (peso Inicial para las variables relacionadas con peso, AOL0 para AOL, EG0 para EG)

$T_l$ = Efecto del *l*-ésimo tiempo de medición

$RT_{il}$ = Efecto de la interacción de la *i*-ésima raza con el *l*-ésimo tiempo.

$CT_{jl}$ = Efecto de la interacción del *j*-ésimo tratamiento con el *l*-ésimo tiempo.

$RCT_{ijl}$ = Efecto de la interacción de la *i*-ésima raza con el *j*-ésimo tratamiento con el *l*-ésimo tiempo.

$E_{ijk}$ ,  $E_{ijkl}$ = Término de error aleatorio asociado a  $Y_{ijk}$  o  $Y_{ijkl}$  respectivamente.

Para comparar entre las 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 si  $p \leq 0,05$ .

Para el análisis estadístico para los modelos 1 y 2 se usó el Proc GLM y para los modelos 3 y 4 se usó el software Proc Mixed de SAS/STAT, versión 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 2011) con estructura de covarianzas de las mediciones repetidas del tipo autoregresivo de orden 1 y para los gráficos se utilizó la hoja electrónica de Microsoft Excel®.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Pesos y ganancias de peso

#### Peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso y ganancia total de peso

La interacción entre la raza y la condición para las variables PI ( $p=0,2826$ ), PF ( $p=0,4647$ ), GDP ( $p=0,5955$ ) y GTP ( $p=0,4647$ ) no fue significativa en ninguna de las mediciones. Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero fueron similares en las tres razas (Cuadro 13).

Cuadro 13. Medias  $\pm$  errores estándar de peso inicial (PI), ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP) y peso final (PF) según raza y condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).

Raza	Condición	PI (kg)	PF (kg)	GDP (kg)	GTP (kg)	Pendiente (kg/día)	Intercepto (kg)
Brahman	Castrado	272,0 <sup>ab</sup> $\pm$ 7,4	503,6 <sup>a</sup> $\pm$ 17,2	0,78 <sup>a</sup> $\pm$ 0,05	238,1 <sup>a</sup> $\pm$ 17,2	0,7798	264,39
	Entero	285,0 <sup>a</sup> $\pm$ 7,4	528,8 <sup>ab</sup> $\pm$ 18,6	0,85 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,06	263,4 <sup>ab</sup> $\pm$ 18,7	0,8529	282,91
Brangus	Castrado	270,5 <sup>ab</sup> $\pm$ 7,4	551,5 <sup>abc</sup> $\pm$ 17,1	0,92 <sup>abc</sup> $\pm$ 0,05	286,0 <sup>abc</sup> $\pm$ 17,1	0,9380	275,67
	Entero	266,7 <sup>ab</sup> $\pm$ 7,4	557,8 <sup>bc</sup> $\pm$ 17,0	0,95 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,05	292,3 <sup>bc</sup> $\pm$ 17,0	0,9301	276,89
Wagyu - Charbray	Castrado	254,2 <sup>bc</sup> $\pm$ 8,8	590,7 <sup>c</sup> $\pm$ 20,2	1,06 <sup>c</sup> $\pm$ 0,06	325,3 <sup>c</sup> $\pm$ 20,2	1,0805	256,11
	Entero	242,0 <sup>c</sup> $\pm$ 7,4	569,6 <sup>bc</sup> $\pm$ 19,3	1,02 <sup>bc</sup> $\pm$ 0,06	304,2 <sup>bc</sup> $\pm$ 19,3	1,0172	243,54

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

Se encontraron diferencias entre razas para las variables PI ( $p=0,0055$ ), PF ( $p=0,0237$ ), GDP ( $p=0,0132$ ) y GTP ( $p=0,0237$ ). Para el PI la raza Brahman obtuvo el mayor peso, sin embargo para el PF, la GDP y la GTP presentó los menores valores respecto a la raza Brangus y el cruce Wagyu-Charbray (Cuadro 14).

Cuadro 14. Medias  $\pm$  errores estándar de peso inicial (PI), ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP) y peso final (PF) de los animales según la raza.

Raza	PI (kg)	PF (kg)	GDP (kg)	GTP (kg)
Brahman	278,5 <sup>a</sup> $\pm$ 5,3	516,2 <sup>a</sup> $\pm$ 13,1	0,81 <sup>a</sup> $\pm$ 0,04	250,7 <sup>a</sup> $\pm$ 13,1
Brangus	268,6 <sup>ab</sup> $\pm$ 5,3	554,6 <sup>b</sup> $\pm$ 12,1	0,94 <sup>b</sup> $\pm$ 0,04	289,2 <sup>b</sup> $\pm$ 12,1
Wagyu-Charbray	248,1 <sup>b</sup> $\pm$ 5,8	580,2 <sup>b</sup> $\pm$ 14,7	1,04 <sup>b</sup> $\pm$ 0,05	314,7 <sup>b</sup> $\pm$ 14,7

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

No se encontraron diferencias entre condiciones para PI ( $p=0,8759$ ), ni para PF ( $p=0,8118$ ), ni para GDP ( $p=0,6773$ ), ni para GTP ( $p=0,8118$ ) (Cuadro 15). Por su parte, la covariable (PI), incluida en el modelo con el propósito de ajustar las medias y controlar la variación aleatoria, tuvo un efecto significativo en el PF ( $p=0,0276$ ), no así en la GDP ( $p=0,8875$ ) y ni en la GTP ( $p=0,8853$ ).

Cuadro 15. Medias  $\pm$  errores estándar de peso inicial (PI), ganancia diaria de peso (GDP), ganancia total de peso (GTP) y peso final (PF) según la condición de los animales.

Condición	PI (kg)	PF (kg)	GDP (kg)	GTP (kg)
Castrado	265,6 <sup>a</sup> $\pm$ 4,6	548,6 <sup>a</sup> $\pm$ 10,4	0,92 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03	283,2 <sup>a</sup> $\pm$ 10,4
Entero	264,6 <sup>a</sup> $\pm$ 4,3	552,0 <sup>a</sup> $\pm$ 9,8	0,94 <sup>a</sup> $\pm$ 0,03	286,6 <sup>a</sup> $\pm$ 9,8

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

En la Figura 3, se observan las tendencias lineales de peso a través del tiempo en las seis combinaciones de raza x condición. No hubo diferencias entre las respectivas pendientes ( $p=0,5790$ ), las cuales oscilaron entre 0,7798 y 1,0805 kg por día. El efecto del tiempo fue significativo ( $p < 0,0001$ ), lo que indica que la variable presentó un crecimiento lineal a lo largo del periodo de evaluación.

Se puede observar que la tendencia es lineal, sin embargo los puntos no se distribuyeron aleatoriamente a lo largo de la línea, ya que en el periodo entre los 91 a 121 días las ganancias de peso fueron mayores (más de 1,2 kg por día), los puntos se encuentran sobre las líneas ajustadas. Sin embargo, a partir de los 122 días hasta los 244, se observó una caída en el crecimiento (los puntos se encuentran debajo de las líneas ajustadas); lo mismo se ve reflejado en las mediciones de AOL y EGD (Figuras 4 y 5), dicho fenómeno se puede atribuir a la escasez de lluvia que se presentó durante este periodo, ya que conlleva a menor cantidad de agua disponible para el cuidado de los animales.

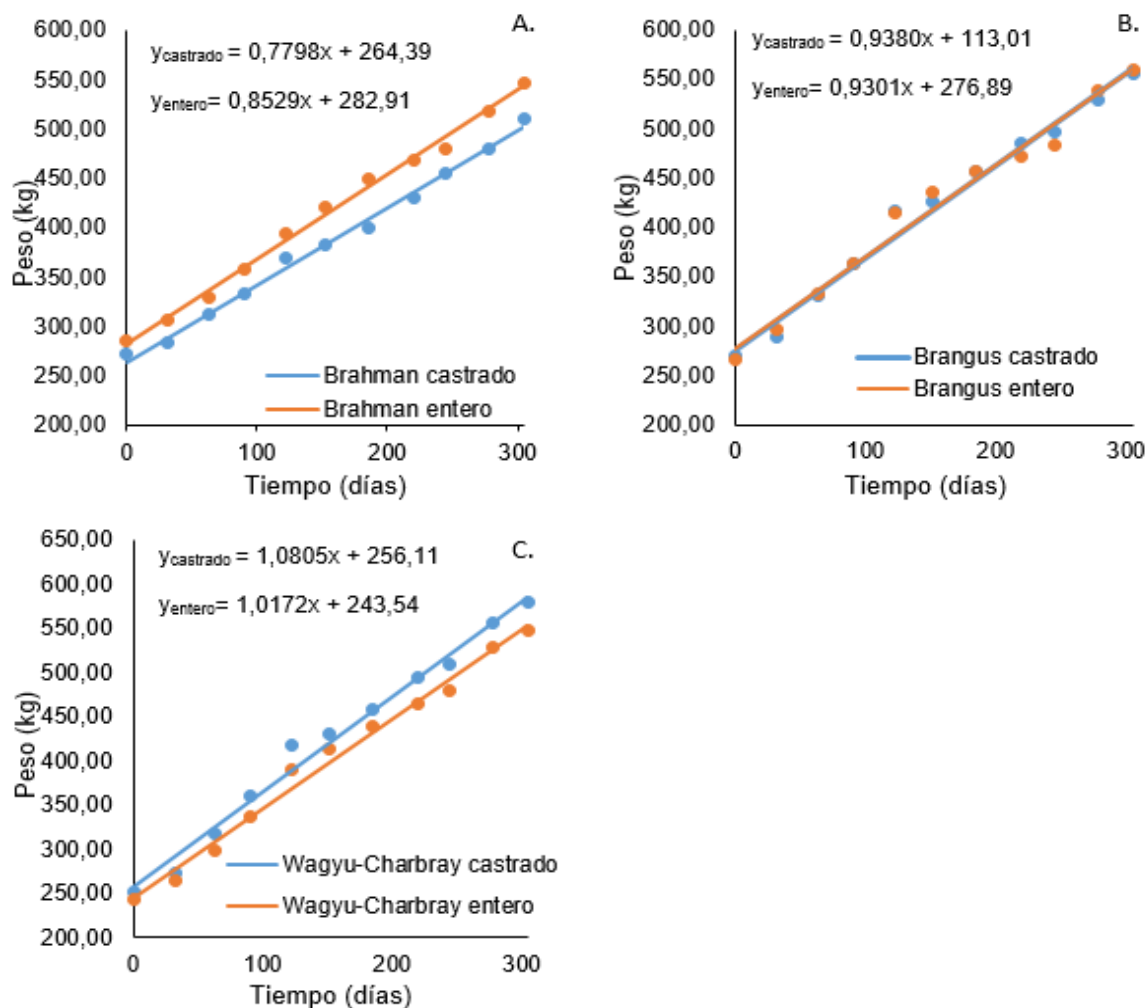


Figura 3. Valores de pesos (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones.



En cuanto a la interacción entre la raza y la condición para las variables peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso y ganancia total de peso; el mismo resultado fue observado por Vittori *et al.* (2007) al no encontrar interacción entre el grupo racial y la clase sexual de toros y novillos de razas *Bos indicus* (Gyr, Guzerá, Nelore y Caracú), al evaluar las variables: peso inicial, peso al sacrificio, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, días en confinamiento y espesor de grasa dorsal.

Las diferencias estadísticas observadas entre razas para las variables peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso y ganancia total de peso, se puede atribuir a un efecto de la heterosis, ya que las ganancias de peso aumentaron conforme lo hacían los cruzamientos, en este caso lo que sucede es un aumento en el vigor de los animales (Sánchez 2010); esto quiere decir que el grado de heterosis aumenta, conforme en el cruzamiento se involucren diferentes genéticas a la de origen (Jiménez *et al.* 2013).

Varlamomoff *et al.* (2011) mencionan que en ambientes tropicales el cruzamiento de *Bos taurus x Bos indicus*, es una herramienta útil para mejorar los índices productivos de una explotación, ya que el clima es un factor que afecta la eficiencia productiva, lo que contribuye a la aparición de enfermedades, en especial en razas europeas, por lo que el uso de animales *Bos indicus* es una buena opción para brindar rusticidad al ganado y en países como Argentina la raza más utilizada para este propósito es la Brahman.

En un ensayo realizado, Riera *et al.* (2004) también encontraron que cruces de animales Brahman con razas *Bos taurus* (Angus, Chianina, Romosinuano y Simmental), tienen mayores ganancias diarias de peso en la fase de engorde que los animales Brahman puros.

Por su parte Olmedo *et al.* (2011) reportaron para razas Brahman y Brangus valores de peso inicial y peso final más altos que los de la raza Hereford, coinciden con el presente ensayo en que la raza Brahman presentó el mayor peso inicial, pero también reportan mayor peso final para esta raza, sin embargo, no realizaron un análisis estadístico para las ganancias diarias de peso entre razas, en este caso se pudo haber observado alguna diferencia, ya que los animales Brahman presentaron

ganancias diarias de peso menores, que los otros grupos raciales (0,88 kg/día para Brahman, 0,96 kg/día para Brangus y 0,96 kg/día para Hereford).

Cabe destacar, que los animales del presente estudio fueron llevados al sacrificio a una edad aproximada de 18 a 19 meses y se obtuvieron promedios mayores de peso final al compararlos con los promedios de animales de 22 meses de edad reportados por Olmedo *et al.* (2011). Por su parte Pino (2008), obtuvo ganancias diarias de peso a los 550 días para cruces con Wagyu similares a las obtenidas por el cruce Wagyu-Charbary, ambos bajo un sistema en estabulado, presentando ganancias diarias de peso de 1,05 kg, 0,97 kg y 0,92 kg para Wagyu-Angus, Wagyu-Normando y Wagyu-Clavel, respectivamente.

Según el análisis realizado para la condición de los animales, Ardaya y Zapata (1999) tampoco encontraron diferencias significativas entre toros y novillos *Bos indicus*, para las variables peso final y ganancia diaria de peso. Tampoco lo hicieron Vittori *et al.* (2007) para variables como peso inicial, consumo de materia seca, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y espesor de grasa dorsal, pero si encontraron diferencias para peso al sacrificio, ya que los animales enteros fueron más pesados, esto se puede atribuir a que permanecieron más tiempo en confinamiento, ya que el factor para llevarlos al sacrificio fue el espesor de grasa dorsal y estos por ser animales enteros van a depositar grasa más tardíamente que los castrados.

## **5.2 Medidas ultrasonográficas**

### **Área de ojo de lomo (AOL)**

La interacción entre la raza y la condición para la variable AOL no fue significativa en ninguno de los tres diferentes tiempos en que está variable se midió: a los 89 ( $p=0,8750$ ), 180 ( $p=0,0992$ ) y 278 días ( $p=0,2723$ ). Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero fueron similares en las tres razas (Cuadro 16).

No se encontraron diferencias entre razas a los 89 días ( $p=0,5023$ ), ni a los 180 ( $p=0,3703$ ) ni a los 278 ( $p=0,1027$ ). Los promedios obtenidos con las razas Brahman,

Brangus y el cruce Wagyu-Charbray fueron, respectivamente,  $48,8 \pm 1,6$ ;  $51,4 \pm 1,6$  y  $49,5 \pm 1,6$  cm<sup>2</sup> a los 89 días;  $55,3 \pm 1,6$ ;  $58,5 \pm 1,6$  y  $57,6 \pm 1,8$  cm<sup>2</sup> a los 180 días; y  $78,2 \pm 1,6$ ;  $79,9 \pm 1,6$  y  $83,5 \pm 1,8$  cm<sup>2</sup> a los 278 días.

Cuadro 16. Medias de área de ojo de lomo (cm<sup>2</sup>)  $\pm$  errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza\*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).

Raza	Condición	Tiempo (días)					
		89	180	278	EE	Pendiente (cm <sup>2</sup> /día)	Intercepto (cm <sup>2</sup> )
Brahman	Castrado	48,9 <sup>a</sup>	55,1 <sup>a</sup>	77,6 <sup>a</sup>	2,3	0,153	24,68
	Entero	48,7 <sup>a</sup>	55,4 <sup>a</sup>	78,7 <sup>ab</sup>	2,2	0,159	24,00
Brangus	Castrado	50,5 <sup>a</sup>	54,0 <sup>a</sup>	77,9 <sup>a</sup>	2,2	0,146	26,25
	Entero	52,3 <sup>a</sup>	63,0 <sup>b</sup>	81,9 <sup>ab</sup>	2,2	0,157	29,27
Wagyu-Charbray	Castrado	49,9 <sup>a</sup>	56,4 <sup>ab</sup>	85,2 <sup>b</sup>	2,7	0,165	23,01
	Entero	49,0 <sup>a</sup>	58,8 <sup>ab</sup>	81,8 <sup>ab</sup>	2,3	0,174	23,57

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) según prueba DMS. EE= Error Estándar común a los tres tiempos de evaluación.

En la Figura 4, se observan las tendencias lineales de AOL a través del tiempo en las seis combinaciones de raza x condición. No hubo diferencias entre las respectivas pendientes ( $p=0,8821$ ), las cuales oscilaron entre 0,146 y 0,174 cm<sup>2</sup> por día. El efecto del tiempo fue significativo ( $p= <0,0001$ ), lo que indica que la variable presentó un crecimiento lineal a lo largo del periodo de evaluación. Cabe destacar, que en el periodo comprendido entre los 89 a 180 días, los puntos no se distribuyeron aleatoriamente a lo largo de la línea (se encontraron por debajo de las líneas ajustadas), lo que indica que el crecimiento disminuyó en este periodo. Por su parte, la covariable (AOL en el día cero), incluida en el modelo con el propósito de ajustar las medias y controlar la variación aleatoria, no tuvo un efecto significativo en el AOL ( $p=0,2430$ ).

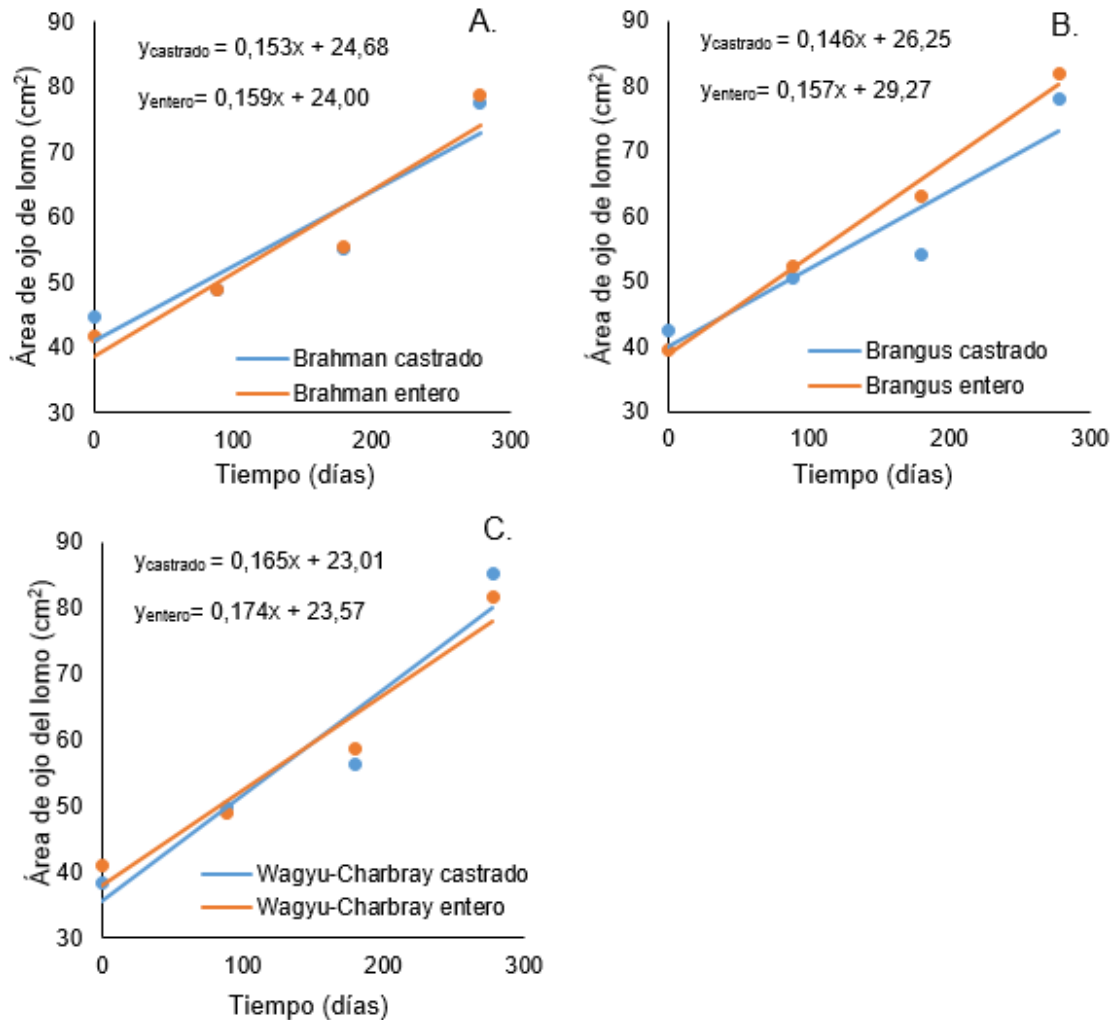


Figura 4. Valores de área de ojo de lomo (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones.

### Espesor de grasa dorsal (EGD)

La interacción entre la raza y la condición para la variable EGD no fue significativa en ninguno de los tres diferentes tiempos en que esta variable se midió: a los 89 ( $p=0,9622$ ), 180 ( $p=0,6057$ ) y 278 días ( $p=0,0533$ ). Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero fueron similares en las tres razas (Cuadro 17).

No se encontraron diferencias entre razas a los 89 días ( $p=0,7084$ ), ni a los 180 ( $p=0,6843$ ) ni a los 278 ( $p=0,3708$ ). Los promedios obtenidos con las razas Brahman,

Brangus y el cruce Wagyu-Charbray fueron, respectivamente,  $3,11 \pm 0,4$ ;  $3,57 \pm 0,4$  y  $3,54 \pm 0,4$  mm a los 89 días;  $4,56 \pm 0,4$ ;  $4,92 \pm 0,4$  y  $5,11 \pm 0,5$  mm a los 180 días; y  $8,39 \pm 0,4$ ;  $7,77 \pm 0,4$  y  $8,66 \pm 0,5$  mm a los 278 días.

Cuadro 17. Medias de espesor de grasa dorsal (mm)  $\pm$  errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza\*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).

Raza	Condición	Tiempo (días)					
		89	180	278	EE	Pendiente (mm/día)	Intercepto (mm)
Brahman	Castrado	3,03 <sup>a</sup>	3,88 <sup>a</sup>	8,13 <sup>a</sup>	0,64	0,0272	-0,8564
	Entero	3,20 <sup>a</sup>	5,25 <sup>a</sup>	8,65 <sup>ab</sup>	0,62	0,0289	-0,5072
Brangus	Castrado	3,38 <sup>a</sup>	4,60 <sup>a</sup>	7,58 <sup>a</sup>	0,62	0,0223	0,2073
	Entero	3,76 <sup>a</sup>	5,24 <sup>a</sup>	7,96 <sup>a</sup>	0,61	0,0223	0,6574
Wagyu-Charbray	Castrado	3,67 <sup>a</sup>	5,41 <sup>a</sup>	10,15 <sup>b</sup>	0,71	0,0345	-0,7012
	Entero	3,42 <sup>a</sup>	4,82 <sup>a</sup>	7,17 <sup>a</sup>	0,62	0,0199	0,5663

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) según prueba DMS. EE= Error Estándar común a los tres tiempos de evaluación.

En la Figura 5, se observan las tendencias lineales de EGD a través del tiempo en las seis combinaciones de raza x condición. No hubo diferencias entre las respectivas pendientes ( $p=0,2376$ ), las cuales oscilaron entre 0,0199 y 0,0345 mm por día. El efecto del tiempo fue significativo ( $p= <0,0001$ ), lo que indica que la variable presentó un crecimiento lineal a lo largo del periodo de evaluación. Cabe destacar, que en el periodo comprendido entre los 89 a 180 días, los puntos no se distribuyeron aleatoriamente a lo largo de la línea (se encontraron por debajo de las líneas ajustadas), lo que indica que el crecimiento disminuyó en este periodo. Por su parte, la covariable (EGD en el día cero), incluida en el modelo con el propósito de ajustar las medias y controlar la variación aleatoria, no tuvo un efecto significativo en el EGD ( $p= 0,1898$ ).

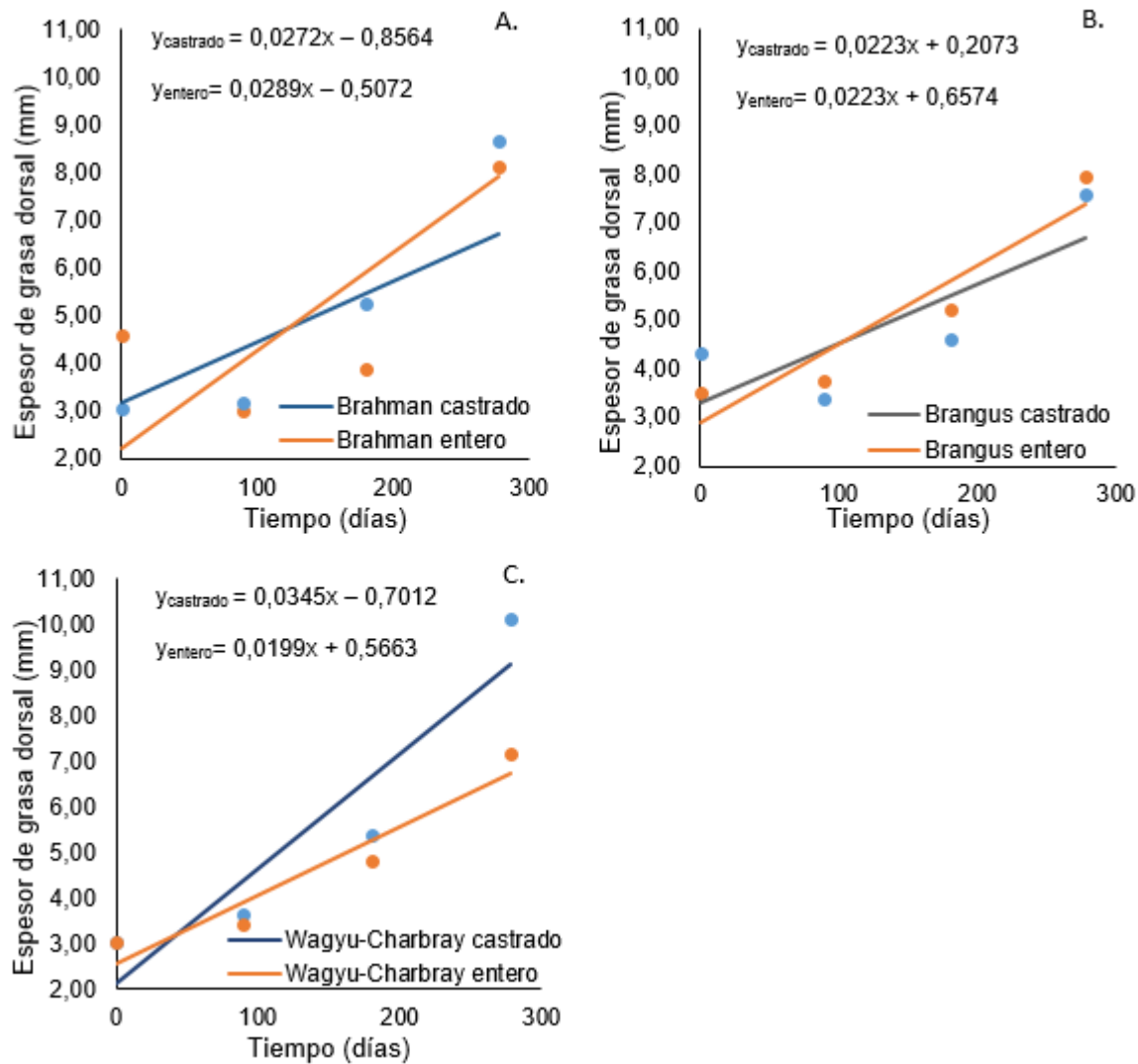


Figura 5. Valores de espesor de grasa dorsal (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones.

A diferencia del presente ensayo, Jiménez *et al.* (2013) si hallaron diferencias significativas entre animales Brahman comerciales con diferentes cruces (Blanco Orejinegro, Braunvieh, Limousine, Normando, Simmental, Romosinuano, Brahman gris, Brahman rojo y Guzerá), donde el cruce con Limousine presentó mayor área de ojo de lomo al sacrificio, mientras que para el espesor de grasa dorsal fueron los cruces con Romosinuano, Guzerá, Brahman rojo y Brahman gris.

Los animales del presente ensayo, mostraron promedios finales para área de ojo de lomo entre  $77,6 \text{ cm}^2$  y  $81,8 \text{ cm}^2$ ; al comparar estos promedios con el valor

utilizado por las clasificaciones oficiales de rendimiento y calidad de canal de Estados Unidos (USDA Quality grade) de 70,97 cm<sup>2</sup> para área de ojo de lomo de la canal y considerando que valores superiores a este, son animales que presentan mayor desarrollo muscular que el promedio (Hale *et al.* 2013), se puede concluir que los animales de esa investigación mostraron buen desarrollo muscular (tomar en cuenta que la correlación entre el área de ojo de lomo por ultrasonido y el área de ojo de lomo de la canal es alta (0,83) (Silva *et al.* 2003)).

Es importante el desarrollo y selección de animales que presenten valores de área de ojo de lomo altos, ya que es buen estimador del rendimiento de la canal de la carne comercial (Ríos *et al.* 2011) y también está correlacionado con el peso de cortes de primera calidad, se han encontrado correlaciones significativas para área de ojo de lomo a los 18 meses de edad y peso de la canal fría (0,57) (Velásquez *et al.* 2013).

Guitou *et al.* (2007) reportan datos similares para área de ojo de lomo (84,4 cm<sup>2</sup>) en machos Angus con pedigrí, sin embargo presentaron valores más bajos para espesor de grasa dorsal (6,1 mm); esto se puede atribuir a las diferentes condiciones en las que fueron desarrollados los ensayos, mientras que en el presente ensayo fue en estabulado, ellos lo hicieron en pastoreo. Orozco *et al.* (2010) encontraron promedios menores de área de ojo de lomo en novillos de origen cebuino (54,3 cm<sup>2</sup>), sin embargo estos datos fueron reportados en animales que fueron llevados al sacrificio con menor peso (410 kg).

También se observaron valores más altos de área de ojo de lomo al compararlo con los datos reportados por Capellari *et al.* (2013) para animales Brangus de 511,8 kg de peso (60,4 cm<sup>2</sup>) y Bradford de 503,7 kg peso (64,4 cm<sup>2</sup>) antes del sacrificio, dichos animales desarrollados al pastoreo. Por otra parte, Silva *et al.* (2003), obtuvieron valores inferiores de área de ojo de lomo y espesor de grasa dorsal al sacrificio para animales de las razas Brangus (66,9 cm<sup>2</sup> y 4,0 mm) y Nelore (65,0 cm<sup>2</sup> y 3,4 mm) desarrollados en confinamiento, sin embargo se debe considerar que estos datos fueron reportados en animales con edades menores al sacrificio a los de este ensayo.

Para animales de raza Wagyu, kahi *et al.* (2014) encontraron para espesor de grasa dorsal de la canal un promedio de 25,9 mm (a los 761 días de edad) y Arakawa

*et al.* (2009) de 27,0 mm, estos datos son superiores a los encontrados en el cruce Wagyu-Charbray; esto debido a que los animales del estudio son animales puros, cuya característica principal es la deposición de grasa (Pino 2008), mientras que al realizar cruces con esta raza podría decirse que esta característica se ve disminuida; por otra parte estos datos podrían verse influenciados por la edad, ya que en los datos reportados por Kahi *et al.* (2014), la edad promedio fue alrededor de los dos años. Cabe destacar que Arakawa *et al.* (2009) reporta para área de ojo de lomo de la canal 51,2 cm<sup>2</sup>, valor inferior al de este estudio, por lo que el cruce Wagyu-Charbray pudo mejorar esta característica.

Murillo *et al.* (2012), mencionan que valores de EGD adecuados para animales al pastoreo, se encuentran entre 6 mm y 8 mm, lo cual sirve para identificar el grado de finalización. Por su parte, Cortés (2005) menciona que EGD entre 7,6 y 10,6 mm aseguran un gusto adecuado de la carne. Mientras que Rodríguez (2012) indica que EGD mayor a 7 mm provee protección a la canal del fenómeno de acortamiento por frío de las fibras musculares. Por lo que se puede afirmar, que los valores para EGD obtenidos en este ensayo, se encuentran en el rango adecuado, recomendado por estos autores, tanto para características de suavidad, de sabor y mantener la calidad.

### **5.3 Medidas zoométricas**

#### **Altura a la cruz (AC)**

La interacción entre la raza y la condición para la variable AC no fue significativa en dos de los cuatro diferentes tiempos en que esta variable se midió: a los 0 ( $p=0,5127$ ) y 268 días ( $p=0,1835$ ). Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero fueron similares en las tres razas para estos tiempos (Cuadro 18).

No obstante, si hubo interacción a los 81 ( $p=0,0001$ ) y 175 días ( $p=0,0408$ ), lo que indica que las medias observadas de las condiciones castrado y entero cambiaron según la raza. Para estos dos tiempos, tanto Brahman castrado como Brahman entero presentaron mayor AC respecto a los demás grupos de animales.



No se encontraron diferencias entre razas a los 0 días ( $p=0,1310$ ), ni a los 268 ( $p=0,7600$ ). No así, a los 81 días ( $p<0,0001$ ) y a los 175 días ( $p=0,0069$ ), donde la raza Brahman presentó mayor AC que las razas Brangus y el cruce Wagyu-Charbray. Los promedios obtenidos con las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray fueron, respectivamente,  $117,0\pm 1,2$ ;  $113,7\pm 1,2$  y  $116,2\pm 1,2$  cm a los 0 días;  $128,5\pm 1,2$ ;  $121,4\pm 1,2$  y  $120,5\pm 1,2$  cm a los 81 días;  $130,0\pm 1,2$ ;  $124,6\pm 1,2$  y  $126,1\pm 1,2$  cm a los 175 días y  $132,7\pm 1,2$ ;  $131,7\pm 1,2$  y  $131,5\pm 1,2$  cm a los 268 días. Cabe destacar que al final del ensayo (AC a los 268 días), los animales presentaron medias semejantes, lo que indica que alcanzaron tamaños similares según esta variable.

Cuadro 18. Medias de altura a la cruz (cm)  $\pm$  errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza\*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).

Raza	Condición	Tiempo (días)				EE	Pendiente (cm/día)	Intercepto (cm)
		0	81	175	268			
Brahman	Castrado	116,7 <sup>a</sup>	127,9 <sup>a</sup>	129,9 <sup>a</sup>	131,2 <sup>ab</sup>	1,7	0,0498	119,93
	Entero	117,3 <sup>a</sup>	129,2 <sup>a</sup>	130,2 <sup>a</sup>	134,2 <sup>a</sup>	1,7	0,0565	120,34
Brangus	Castrado	113,8 <sup>a</sup>	121,0 <sup>b</sup>	124,2 <sup>b</sup>	129,9 <sup>ab</sup>	1,7	0,0570	114,79
	Entero	113,6 <sup>a</sup>	121,9 <sup>b</sup>	125,1 <sup>b</sup>	133,6 <sup>ab</sup>	1,7	0,0703	114,36
Wagyu-Charbray	Castrado	116,2 <sup>a</sup>	122,9 <sup>b</sup>	127,6 <sup>ab</sup>	133,7 <sup>ab</sup>	1,7	0,0646	116,73
	Entero	116,3 <sup>a</sup>	118,2 <sup>b</sup>	124,7 <sup>b</sup>	129,3 <sup>b</sup>	1,7	0,0507	115,51

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P\leq 0,05$ ) según prueba DMS. EE= Error Estándar común a los tres tiempos de evaluación.

En la Figura 6, se observan las tendencias lineales de AC a través del tiempo en las seis combinaciones de raza x condición. No hubo diferencias entre las respectivas pendientes ( $p=0,2672$ ), las cuales oscilaron entre 0,0498 y 0,0703 cm por día. El efecto del tiempo fue significativo ( $p= <0,0001$ ), lo que indica que la variable presentó un crecimiento lineal a lo largo del periodo de evaluación.

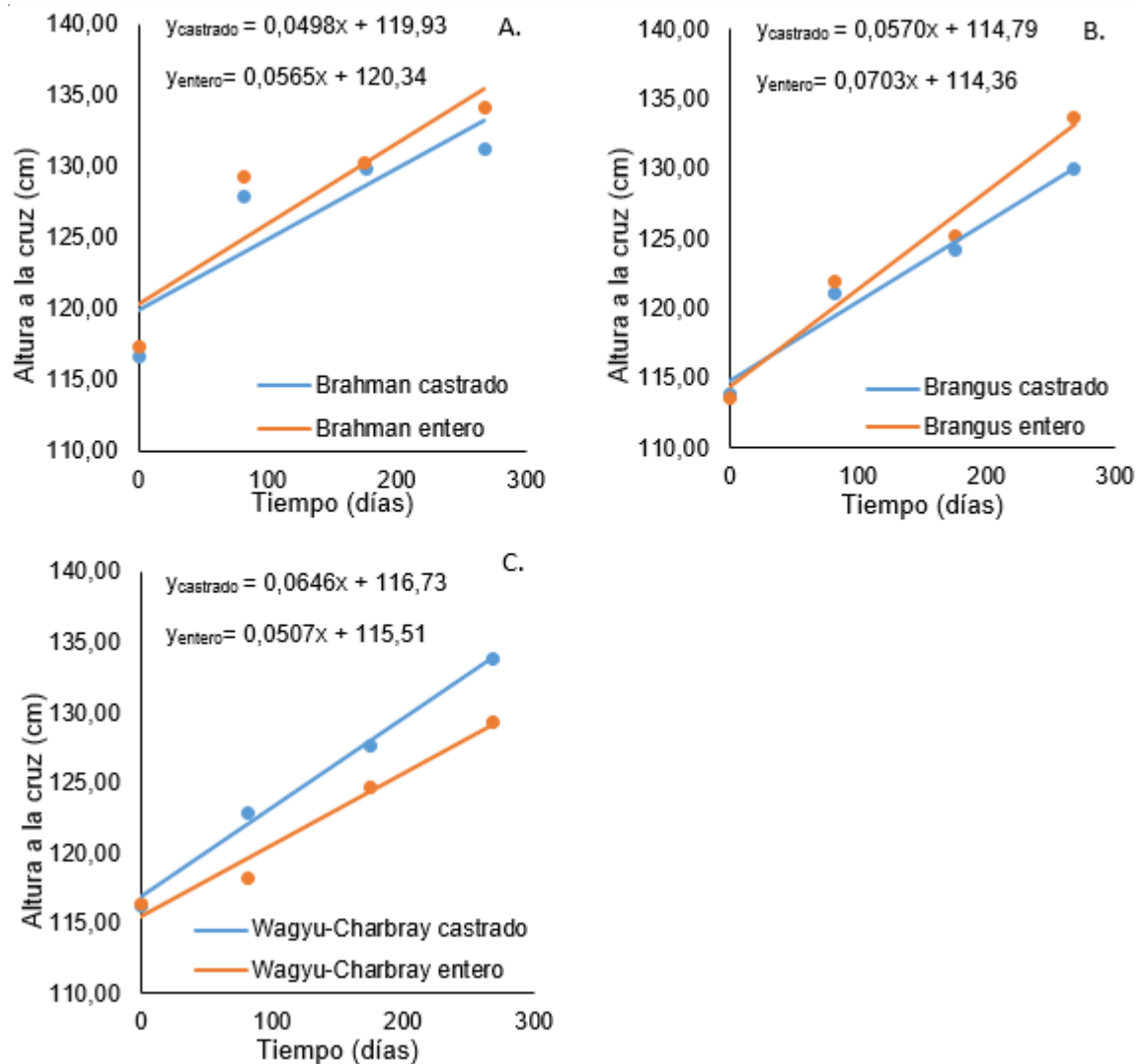


Figura 6. Valores de altura a la cruz (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones.

### Altura a la grupa (AG)

La interacción entre la raza y la condición para la variable AG fue significativa en los cuatro diferentes tiempos en que esta variable se midió: a los 0 ( $p=0,0027$ ), 81 ( $p=0,0191$ ), 175 ( $p=0,0478$ ) y 268 días ( $p=0,0199$ ). Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero cambian según la raza (Cuadro 19). En general, el grupo Brahman entero, obtuvo la mayor AG en todos los tiempos de medición, al finalizar el periodo de ensayo (AG a los 268 días) presentó

diferencias significativas con todos los grupos de animales, no así con el Brahman castrado.

Se encontraron diferencias entre razas a los 0 días ( $p=0,0002$ ), a los 81 días ( $p=0,0046$ ), a los 175 ( $p=0,0073$ ) y a los 268 ( $p=0,0091$ ), donde la raza Brahman presentó mayor AG que las razas Brangus y el cruce Wagyu-Charbray. Los promedios obtenidos con las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray fueron, respectivamente,  $129,0\pm 1,3$ ;  $120,7\pm 1,3$ , y  $123,5\pm 1,3$  cm a los 0 días;  $133,7\pm 1,3$ ;  $127,6\pm 1,3$  y  $128,9\pm 1,3$  cm a los 81 días;  $138,5\pm 1,3$ ;  $132,6\pm 1,3$  y  $134,0\pm 1,3$  cm a los 175 días y  $141,5\pm 1,3$ ;  $136,0\pm 1,3$  y  $136,8\pm 1,3$  cm a los 268 días.

Cuadro 19. Medias de altura a la grupa (cm)  $\pm$  errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza\*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).

Raza	Condición	Tiempo (días)					EE	Pendiente (cm/día)	Intercepto (cm)
		0	81	175	268				
Brahman	Castrado	128,2 <sup>ac</sup>	132,2 <sup>ab</sup>	137,7 <sup>ab</sup>	139,1 <sup>ab</sup>	1,9	0,0426	128,73	
	Entero	129,8 <sup>a</sup>	135,3 <sup>a</sup>	139,3 <sup>a</sup>	144,0 <sup>a</sup>	1,9	0,0515	130,34	
Brangus	Castrado	120,3 <sup>b</sup>	127,4 <sup>b</sup>	133,3 <sup>bc</sup>	137,0 <sup>b</sup>	1,9	0,0619	121,38	
	Entero	121,2 <sup>b</sup>	127,8 <sup>b</sup>	132,0 <sup>c</sup>	135,1 <sup>b</sup>	1,9	0,0507	122,38	
Wagyu-Charbray	Castrado	123,9 <sup>bc</sup>	130,5 <sup>ab</sup>	135,1 <sup>abc</sup>	137,9 <sup>b</sup>	1,9	0,0525	125,07	
	Entero	123,1 <sup>bc</sup>	127,3 <sup>b</sup>	132,9 <sup>bc</sup>	135,8 <sup>b</sup>	1,9	0,0486	123,43	

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P\leq 0,05$ ) según prueba DMS. EE= Error Estándar común a los tres tiempos de evaluación.

En la Figura 7, se observan las tendencias lineales de AG a través del tiempo en las seis combinaciones de raza x condición. No hubo diferencias entre las respectivas pendientes ( $p=0,0838$ ), las cuales oscilaron entre 0,0426 y 0,0619 cm por día. El efecto del tiempo fue significativo ( $p= <0,0001$ ), lo que indica que la variable presentó un crecimiento lineal a lo largo del periodo de evaluación.

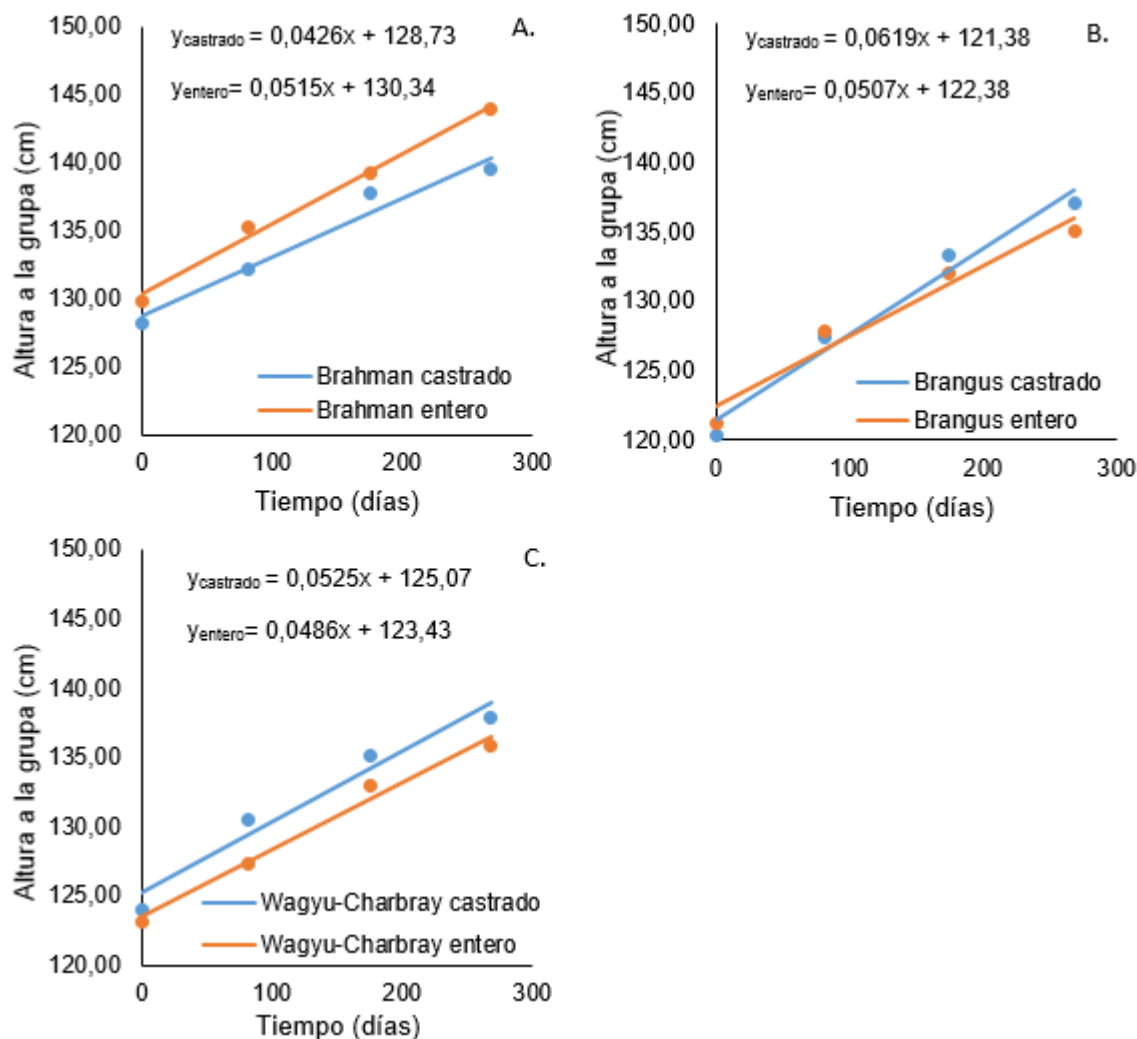


Figura 7. Valores de altura a la grupa (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones.

### Circunferencia torácica (CT)

La interacción entre la raza y la condición para la variable CT no fue significativa en ninguno de los cuatro diferentes tiempos en que esta variable se midió: a los 0 ( $p=0,6456$ ), 81 ( $p=0,2362$ ), 175 ( $p=0,7977$ ) y 268 días ( $p=0,3238$ ). Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero fueron similares en las tres razas (Cuadro 20).

No se encontraron diferencias entre razas a los 0 días ( $p=0,5826$ ), ni a los 81 días ( $p=0,1371$ ), ni a los 175 ( $p=0,8534$ ) ni a los 268 ( $p=0,8225$ ). Los promedios

obtenidos con las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray fueron, respectivamente,  $150,8 \pm 2,5$ ;  $154,1 \pm 2,5$  y  $151,1 \pm 2,5$  cm a los 0 días;  $163,5 \pm 2,5$ ;  $170,7 \pm 2,5$  y  $167,4 \pm 2,5$  cm a los 81 días;  $183,9 \pm 2,5$ ;  $185,7 \pm 2,5$  y  $185,6 \pm 2,5$  cm a los 175 días y  $194,0 \pm 2,5$ ;  $195,5 \pm 2,5$  y  $196,2 \pm 2,6$  cm a los 268 días.

Cuadro 20. Medias de circunferencia torácica (cm)  $\pm$  errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza\*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).

Raza	Condición	Tiempo (días)				EE	Pendiente (cm/día)	Intercepto (cm)
		0	81	175	268			
Brahman	Castrado	147,6 <sup>a</sup>	159,3 <sup>a</sup>	180,6 <sup>a</sup>	188,8 <sup>a</sup>	3,5	0,1613	147,94
	Entero	154,0 <sup>a</sup>	167,7 <sup>ab</sup>	187,2 <sup>a</sup>	199,2 <sup>b</sup>	3,5	0,1728	154,42
Brangus	Castrado	152,4 <sup>a</sup>	171,5 <sup>b</sup>	187,0 <sup>a</sup>	198,0 <sup>ab</sup>	3,5	0,1690	155,10
	Entero	155,9 <sup>a</sup>	169,9 <sup>b</sup>	184,4 <sup>a</sup>	193,1 <sup>ab</sup>	3,5	0,1401	157,49
Wagyu-Charbray	Castrado	150,1 <sup>a</sup>	167,6 <sup>ab</sup>	185,9 <sup>a</sup>	197,7 <sup>ab</sup>	3,5	0,1827	151,67
	Entero	152,1 <sup>a</sup>	167,2 <sup>ab</sup>	185,4 <sup>a</sup>	194,7 <sup>ab</sup>	3,5	0,1624	153,58

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) según prueba DMS. EE= Error Estándar común a los tres tiempos de evaluación.

En la Figura 8, se observan las tendencias lineales de CT a través del tiempo en las seis combinaciones de raza x condición. No hubo diferencias entre las respectivas pendientes ( $p=0,4716$ ), las cuales oscilaron entre 0,1401 y 0,1827 cm por día. El efecto del tiempo fue significativo ( $p= <0,0001$ ), lo que indica que la variable presentó un crecimiento lineal a lo largo del periodo de evaluación.

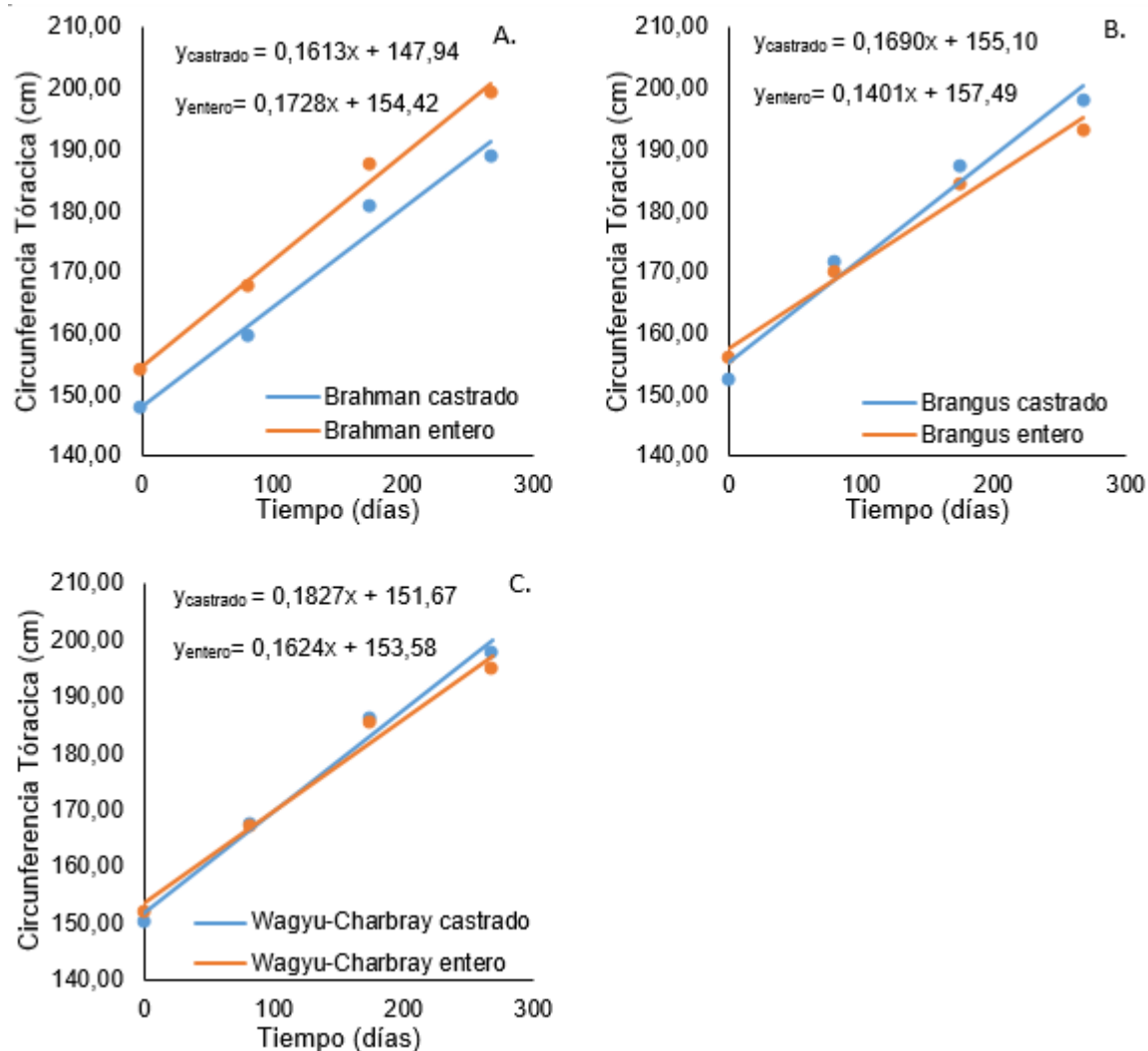


Figura 8. Valores de circunferencia torácica (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones.

### Longitud a la cruz (LC)

La interacción entre la raza y la condición para la variable LC no fue significativa en ninguno de los cuatro diferentes tiempos en que esta variable se midió: a los 0 ( $p=0,4593$ ), 81 ( $p=0,3195$ ), 175 ( $p=0,1759$ ) y 268 días ( $p=0,2215$ ). Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero fueron similares en las tres razas (Cuadro 21).

No se encontraron diferencias entre razas a los 0 días ( $p=0,3565$ ), ni a los 81 días ( $p=0,7030$ ), ni a los 175 ( $p=0,8534$ ) ni a los 268 ( $p=0,8225$ ). Los promedios

obtenidos con las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray fueron, respectivamente,  $114,35 \pm 1,9$ ;  $111,5 \pm 1,9$ , y  $110,6 \pm 1,9$  cm a los 0 días;  $120,0 \pm 1,9$ ;  $118,5 \pm 1,9$  y  $117,8 \pm 1,9$  cm a los 81 días;  $124,7 \pm 1,9$ ;  $128,2 \pm 1,9$  y  $129,6 \pm 1,9$  cm a los 175 días y  $132,0 \pm 1,9$ ;  $136,3 \pm 1,9$  y  $135,7 \pm 2,0$  cm a los 268 días.

Cuadro 21. Medias de longitud a la cruz (cm)  $\pm$  errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza\*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).

Raza	Condición	Tiempo				EE	Pendiente (cm/día)	Intercepto (cm)
		0	81	175	268			
Brahman	Castrado	115,2 <sup>a</sup>	118,8 <sup>ab</sup>	122,3 <sup>a</sup>	129,3 <sup>a</sup>	2,7	0,0510	114,70
	Entero	113,5 <sup>a</sup>	121,3 <sup>ab</sup>	127,1 <sup>ab</sup>	134,7 <sup>ab</sup>	2,7	0,0771	114,07
Brangus	Castrado	110,3 <sup>a</sup>	119,5 <sup>ab</sup>	127,6 <sup>ab</sup>	137,2 <sup>b</sup>	2,7	0,0987	110,72
	Entero	112,7 <sup>a</sup>	117,6 <sup>ab</sup>	128,8 <sup>ab</sup>	135,5 <sup>ab</sup>	2,7	0,0886	112,05
Wagyu-Charbray	Castrado	113,3 <sup>a</sup>	121,9 <sup>a</sup>	131,4 <sup>b</sup>	137,5 <sup>b</sup>	2,7	0,0947	113,90
	Entero	108,0 <sup>a</sup>	113,8 <sup>b</sup>	127,8 <sup>ab</sup>	134,0 <sup>ab</sup>	2,7	0,1025	107,46

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) según prueba DMS. EE= Error Estándar común a los tres tiempos de evaluación.

En la Figura 9, se observan las tendencias lineales de LC a través del tiempo en las seis combinaciones de raza x condición. Se observaron diferencias entre las respectivas pendientes ( $p=0,0023$ ), las cuales oscilaron entre 0,0510 y 0,1025 cm por día. El efecto del tiempo fue significativo ( $p= <0,0001$ ), lo que indica que la variable presentó un crecimiento lineal a lo largo del periodo de evaluación.

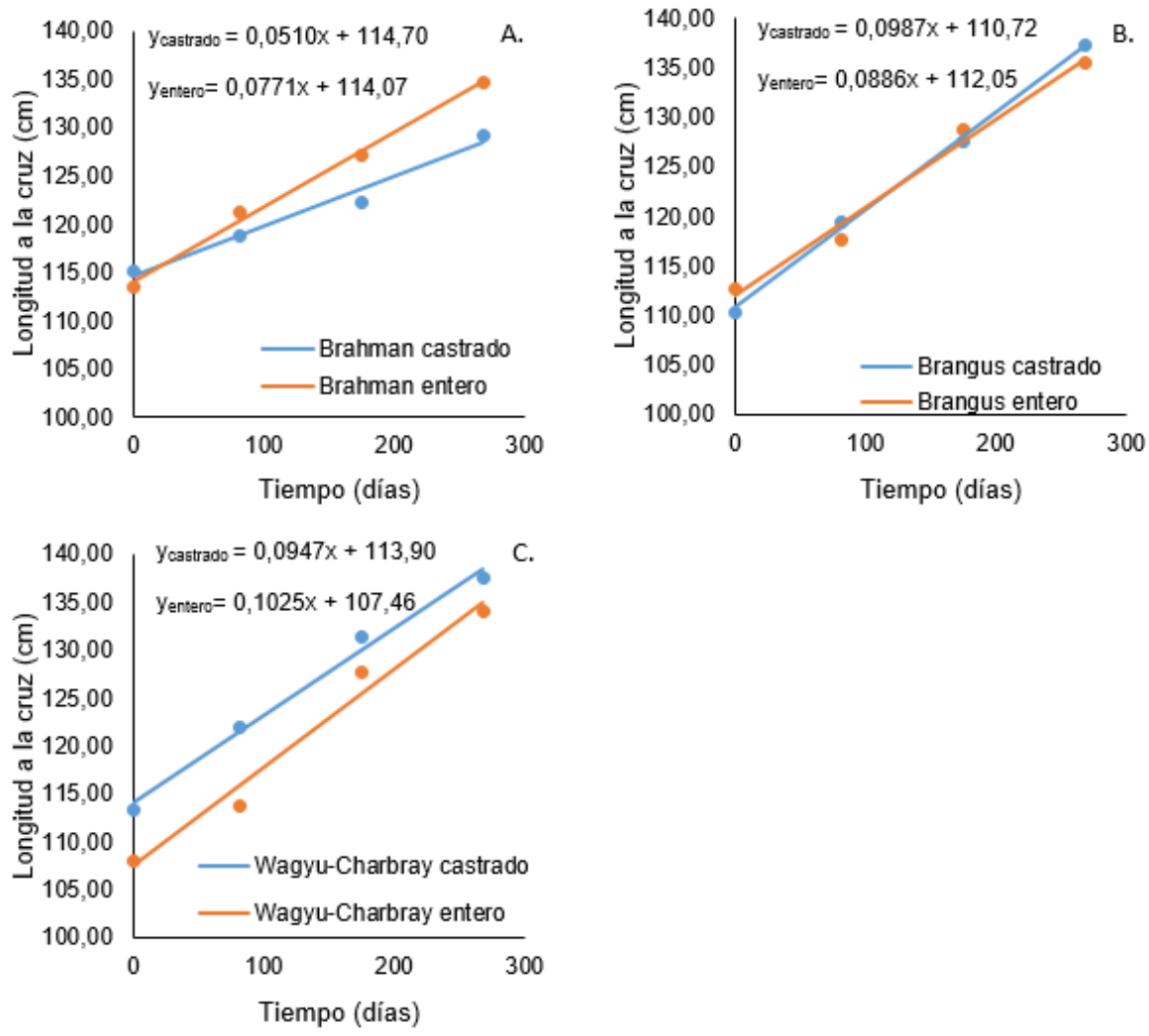


Figura 9. Valores de longitud a la cruz (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones.

### Longitud corporal (LNC)

La interacción entre la raza y la condición para la variable LNC no fue significativa en ninguno de los cuatro diferentes tiempos en que esta variable se midió: a los 0 ( $p=0,7512$ ), 81 ( $p=0,2802$ ), 175 ( $p=0,6772$ ) y 268 días ( $p=0,8449$ ). Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero fueron similares en las tres razas (Cuadro 22).

No se encontraron diferencias entre razas a los 0 días ( $p=0,7765$ ), ni a los 81 días ( $p=0,9711$ ), ni a los 175 ( $p=0,9472$ ) ni a los 268 ( $p=0,6827$ ). Los promedios



obtenidos con las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray fueron, respectivamente,  $115,3 \pm 2,0$ ;  $117,2 \pm 2,0$  y  $115,6 \pm 2,0$  cm a los 0 días;  $124,3 \pm 2,0$ ;  $124,8 \pm 2,0$  y  $124,9 \pm 2,0$  cm a los 81 días;  $135,5 \pm 2,0$ ;  $135,5 \pm 2,0$  y  $136,3 \pm 2,0$  cm a los 175 días y  $142,7 \pm 2,0$ ;  $145,1 \pm 2,0$  y  $143,8 \pm 2,1$  cm a los 268 días.

Cuadro 22. Medias de longitud corporal (cm)  $\pm$  errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza\*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).

Raza	Condición	Tiempo (días)					EE	Pendiente (cm/día)	Intercepto (cm)
		0	81	175	268				
Brahman	Castrado	112,6 <sup>a</sup>	121,8 <sup>a</sup>	133,4 <sup>a</sup>	141,5 <sup>a</sup>	2,8	0,1094	113,01	
	Entero	118,0 <sup>a</sup>	126,8 <sup>a</sup>	137,7 <sup>a</sup>	143,9 <sup>a</sup>	2,8	0,0985	118,70	
Brangus	Castrado	117,8 <sup>a</sup>	128,7 <sup>a</sup>	136,7 <sup>a</sup>	145,2 <sup>a</sup>	2,8	0,1002	118,98	
	Entero	116,6 <sup>a</sup>	121,0 <sup>a</sup>	134,3 <sup>a</sup>	145,1 <sup>a</sup>	2,8	0,1106	114,74	
Wagyu-Charbray	Castrado	116,6 <sup>a</sup>	126,9 <sup>a</sup>	138,7 <sup>a</sup>	145,8 <sup>a</sup>	2,8	0,1149	117,28	
	Entero	114,7 <sup>a</sup>	122,9 <sup>a</sup>	133,9 <sup>a</sup>	141,8 <sup>a</sup>	2,8	0,1030	114,85	

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) según prueba DMS. EE= Error Estándar común a los tres tiempos de evaluación.

En la Figura 10, se observan las tendencias lineales de LNC a través del tiempo en las seis combinaciones de raza x condición. No hubo diferencias entre las respectivas pendientes ( $p=0,9158$ ), las cuales oscilaron entre 0,0985 y 0,1149 cm por día. El efecto del tiempo fue significativo ( $p= <0,0001$ ), lo que indica que la variable presentó un crecimiento lineal a lo largo del periodo de evaluación.

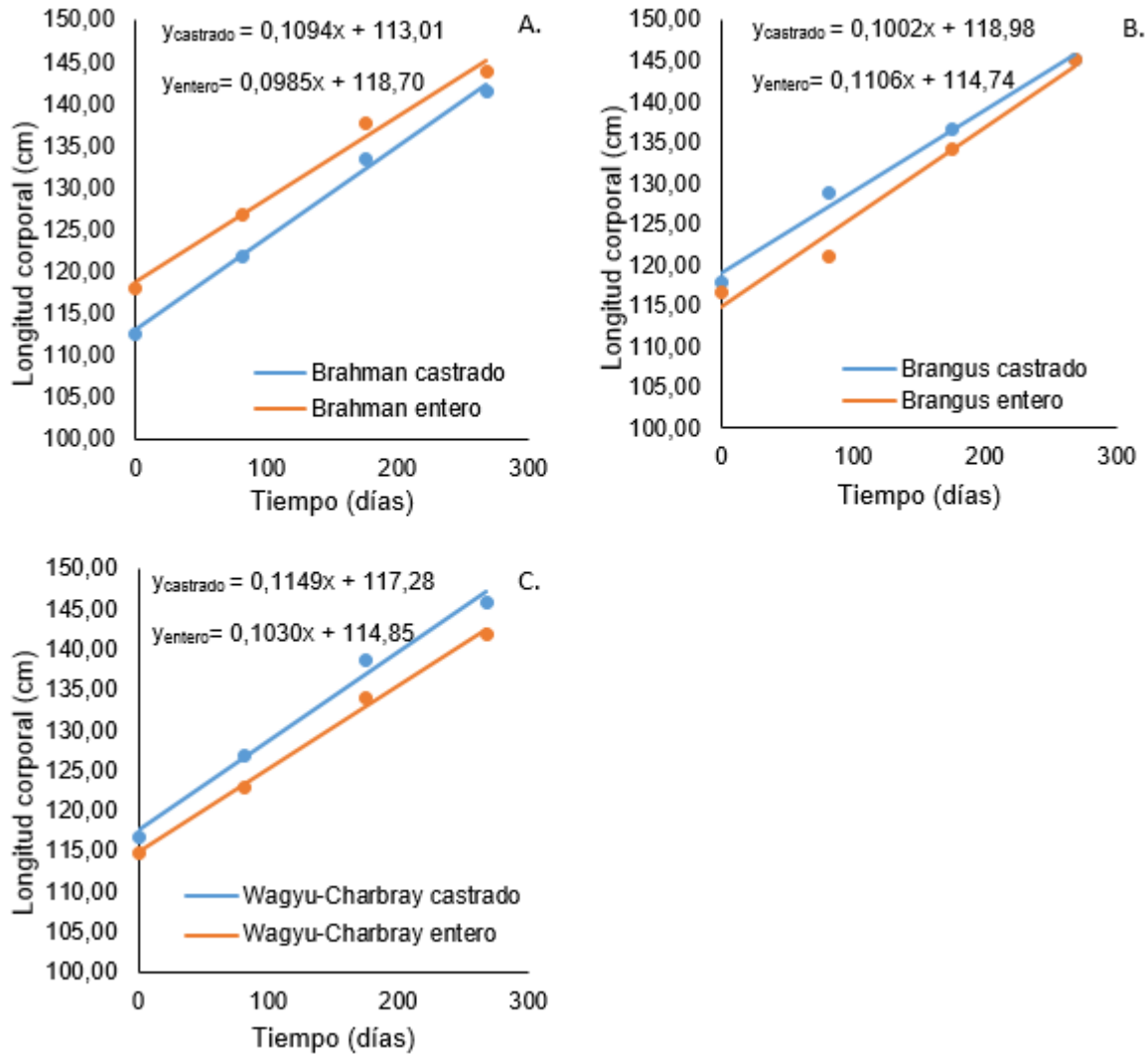


Figura 10. Valores de longitud corporal (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones.

### Ancho de la grupa (ANG)

La interacción entre la raza y la condición para la variable ANG no fue significativa en ninguno de los cuatro diferentes tiempos en que esta variable se midió: a los 0 ( $p=0,1616$ ), 81 ( $p=0,7579$ ), 175 ( $p=0,4643$ ) y 268 días ( $p=0,0997$ ). Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero fueron similares en las tres razas (Cuadro 23).

No se encontraron diferencias entre razas a los 81 días ( $p=0,7235$ ), ni a los 175 ( $p=0,8197$ ) ni a los 268 ( $p=0,2138$ ), no así a los 0 días ( $p=0,0378$ ), donde los Brahman

presentaron mayor ANG que las razas Brangus y el cruce Wagyu-Charbray. Los promedios obtenidos con las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray fueron, respectivamente, 40,6±0,7; 38,4±0,7, y 38,0±0,7 cm a los 0 días; 45,1±0,7; 44,4±0,7 y 44,4±0,7 cm a los 81 días; 50,2±0,7; 50,9±0,7 y 50,4±0,7 cm a los 175 días y 53,6±0,7; 54,5±0,7 y 55,5±0,8 cm a los 268 días.

Cuadro 23. Medias de ancho de la grupa (cm) ± errores estándar, durante el periodo de desarrollo y engorde según raza\*condición de los animales. Se muestra las correspondientes ecuaciones (pendiente e intercepto).

Raza	Condición	Tiempo				EE	Pendiente (cm/día)	Intercepto (cm)
		0	81	175	268			
Brahman	Castrado	40,2 <sup>ab</sup>	45,1 <sup>a</sup>	49,1 <sup>a</sup>	54,6 <sup>abc</sup>	1,0	0,0526	40,39
	Entero	41,0 <sup>a</sup>	45,2 <sup>a</sup>	51,4 <sup>a</sup>	52,6 <sup>a</sup>	1,0	0,0454	41,59
Brangus	Castrado	37,8 <sup>b</sup>	44,4 <sup>a</sup>	49,9 <sup>a</sup>	53,0 <sup>ac</sup>	1,0	0,0568	38,85
	Entero	39,0 <sup>ab</sup>	44,4 <sup>a</sup>	51,9 <sup>a</sup>	56,1 <sup>b</sup>	1,0	0,0654	39,28
Wagyu-Charbray	Castrado	38,5 <sup>ab</sup>	45,4 <sup>a</sup>	50,8 <sup>a</sup>	56,1 <sup>bc</sup>	1,0	0,0657	39,22
	Entero	37,6 <sup>b</sup>	43,4 <sup>a</sup>	50,1 <sup>a</sup>	55,0 <sup>abc</sup>	1,0	0,0653	37,97

Medias en la misma columna con letra distinta presentan diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) según prueba DMS. EE= Error Estándar común a los tres tiempos de evaluación.

En la Figura 11, se observan las tendencias lineales de ANG a través del tiempo en las seis combinaciones de raza x condición. Se observaron diferencias entre las respectivas pendientes ( $p=0,0146$ ), las cuales oscilaron entre 0,0454 y 0,0657 cm por día. El efecto del tiempo fue significativo ( $p= <0,0001$ ), lo que indica que la variable presentó un crecimiento lineal a lo largo del periodo de evaluación.

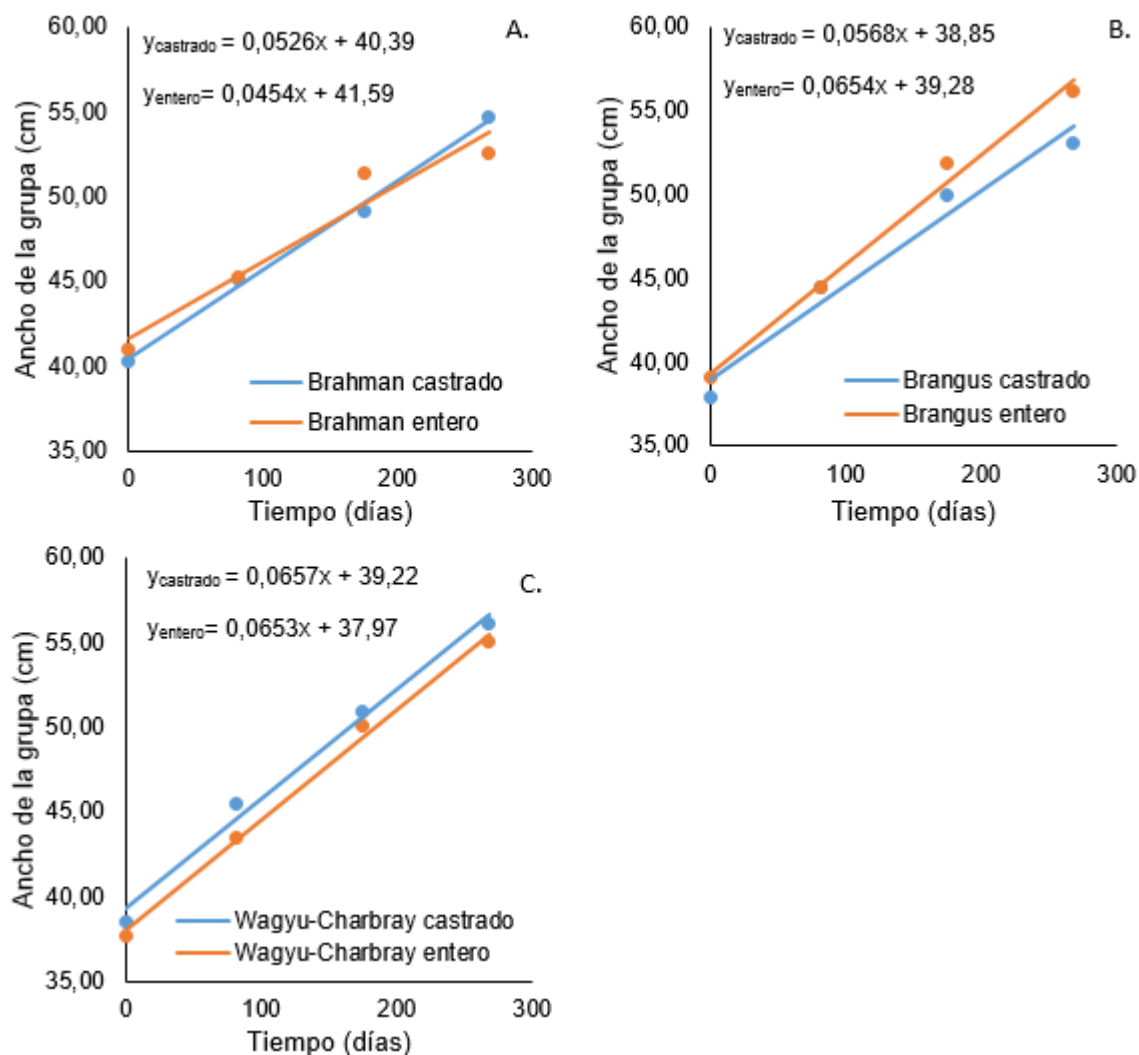


Figura 11. Valores de ancho de la grupa (puntos) y líneas rectas de mejor ajuste, según raza de los animales; A. Brahman, B. Brangus, C. Wagyu-Charbray y condición (castrado o entero). Se muestra las correspondientes ecuaciones.

En general, los animales del grupo Brahman presentaron mayor altura a la cruz y mayor altura a la grupa, cabe destacar que para altura a la cruz no mantuvieron esta superioridad hasta el final, mientras que para altura a la grupa si lo hicieron en todos los tiempos de medición; es importante mencionar que a pesar de ser los animales más altos al compararlos con el grupo racial Brangus y el cruce Wagyu-Charbray, no fueron los más pesados, ya que presentaron mayor peso inicial, pero no mantuvieron esta ventaja y presentaron para el peso final, peso de salida de finca, peso al sacrificio y peso de la canal los promedios más bajos. También se pudo observar para la raza

Brahman, que la altura a la cruz presentó la correlación con el peso más baja (0,31), seguida por la altura a la grupa (0,56).

Jiménez *et al.* (2013) mencionan que la altura a la grupa indica el tamaño de los animales y que está relacionado con la deposición de grasa, ya sea tardía o temprana esto dependiendo de la edad. También que animales de mayor tamaño alcanzan el peso adulto a mayor edad, tienen pesos adultos más altos y depositan la grasa a edades más tardías. Se podría decir, que ésta fue una de las razones por la que los animales de la raza Brahman no lograron alcanzar pesos similares al final del ensayo al compararlos con los animales de la raza Brangus y el cruce Wagyu-Charbray, los cuales mostraron mayor precocidad.

Para las variables circunferencia torácica, longitud a la cruz, longitud corporal y ancho de grupa no se observó diferencias entre los grupos raciales, cabe destacar que la raza Brahman presentó mayor ancho de grupa a los 0 días, sin embargo no mantuvo esta característica en los siguientes tiempos de medición. Se puede decir que para estas cuatro medidas corporales, no se pudo comprobar diferencias existentes entre las razas, pero al no presentar diferencias entre ellas se podría concluir que los tres grupos animales de estudiados, tienen inclinación hacia determinada producción zootécnica, en este caso su propósito económico es cárnico. También se pudo comprobar que dichas mediciones aumentaron, lo que indican cambios a través del tiempo, es decir crecimiento de los animales.

Por su parte, Jiménez *et al.* (2013) si encontraron diferencias entre grupos raciales al comparar la circunferencia torácica y la altura a la grupa, de diferentes cruces de razas con Brahman comercial (Blanco Orejinegro, Braunvieh, Limousine, Normando, Simmental, Romosinuano, Brahman gris, Brahman rojo y Guzerá), los cruces con Simmental, Normando, Guzerá y Blanco Orejinegro presentaron mayor circunferencia torácica, mientras que los cruces con Normando, Guzerá, Brahman rojo y Simmental, lo hicieron para altura a la grupa. En este estudio, todos los cruces presentaron valores similares para circunferencia torácica y altura a la grupa (ambas medidas tomadas al sacrificio) al compararlas con la última medición de este ensayo. Cabe destacar que en este estudio los animales fueron llevados al sacrificio a una

edad promedio de 26,4 meses, mientras que los de este ensayo lo hicieron entre los 18 a 19 meses de edad, es decir tuvieron un desarrollo más rápido.

Al comparar Brahman gris y Brahman rojo a los 18 meses (misma edad que los de este ensayo), Velásquez y Álvarez (2004) no encontraron diferencias para altura a la grupa y ancho de grupa, pero sí lo hicieron para longitud corporal y circunferencia torácica, el Brahman rojo presentó mayor longitud corporal pero el Brahman gris lo hizo para la circunferencia torácica. Al comparar los promedios presentados por estos autores con los de este estudio, para las variables de altura a la grupa y longitud corporal los promedios fueron similares, mientras que para la circunferencia torácica y el ancho de grupa los promedios obtenidos por los animales de este ensayo fueron mayores.

Las medidas de circunferencia torácica y ancho de grupa pueden ser útiles como indicadores en la selección de animales con propósito cárnico, ya que la circunferencia torácica muestra mayor correlación fenotípica con el peso vivo (0,93) (Contreras *et al.* 2012), además entre más grande sea el valor indica mayor conversión alimenticia, adaptabilidad, vigor, ganancia de peso y constitución (Gómez y Gómez 2013), también tiene relación con mayor capacidad digestiva y respiratoria (Jiménez *et al.* 2013), por su parte Velásquez y Álvarez (2004) concluyen que valores bajos para circunferencia torácica va a influir en el ancho de los lomos lo que hace que no sean tan anchos y va a disminuir el total de carne.

En cuanto el ancho de grupa, Rodríguez (2015) menciona que a mayor ancho de grupa podría esperarse mayor área de ojo de lomo, espesor de lomo, espesor de grasa dorsal y peso de la canal caliente. Para la longitud corporal también deben buscarse valores altos, ya que está altamente correlacionado con el peso de la canal (Pogorzelska-Przybylek *et al.* 2014), además el total de carne aprovechable de una canal va estar influenciado por esta medida (Velásquez y Álvarez 2004). Por su parte, la longitud a la cruz es un indicador de que lomos muy largos pueden tener el músculo *Longissimus dorsi*, con menor fuerza, con poco grosor y podría ser de forma irregular, lo que podría provocar defectos que afectarían los puntajes de la canal (Rodríguez 2015).

#### 5.4 Correlación y regresión lineal de peso y medidas corporales

Para la interpretación de las correlaciones, se utilizó la siguiente escala según la fuerza de relación; valores de 0,71 a 1,00 relación fuerte o alta, de 0,40 a 0,70 moderada y de 0,39 o menos débil (Moya 2009).

Según lo anterior, en general se considera que las medidas corporales están altamente correlacionados y estas correlaciones son positivas, a excepción del grupo racial Brahman que presentó una correlación débil en altura a la cruz y una correlación moderada en altura a la grupa; las correlaciones más altas las obtuvo con la longitud corporal y la longitud a la cruz.

En Brangus y Wagyu-Charbray, todas las correlaciones que se presentaron fueron altas, destacando el ancho de grupa y altura a la cruz para Brangus; y circunferencia torácica y ancho de grupa para Wagyu-Charbray (Cuadro 24).

Cuadro 24. Coeficientes de correlación lineal entre peso y medidas corporales.

Variable	Coeficiente de correlación de Pearson		
	Brahman	Wagyu-Charbray	Brangus
Altura a la cruz	0,31238	0,87995	0,89993
Circunferencia torácica	0,84451	0,97009	0,88235
Longitud a la cruz	0,85732	0,88378	0,73789
Altura a la grupa	0,56032	0,80237	0,85946
Ancho de grupa	0,85592	0,95611	0,92738
Longitud corporal	0,87525	0,86272	0,79652

El Cuadro 25 muestra la pendiente y el intercepto para generar la ecuación de regresión lineal para las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray que permite asociar el peso con cada una de las variables independientes (medidas corporales).

Cuadro 25. Ecuaciones de regresión lineal (pendientes e interceptos) para el cálculo de peso a través de las medidas corporales para las razas Brahman, Brangus y el cruce Wagyu-Charbray.

Medidas corporales	Pendiente	Intercepto	R <sup>2</sup>
<b>Brahman</b>			
Altura a la cruz	5,34	-273,75	0,0976
Circunferencia torácica	3,70	-244,17	0,7132
Longitud a la cruz	8,67	-665,92	0,7350
Altura a la grupa	7,66	-634,16	0,3140
Ancho de grupa	14,31	-287,95	0,7326
Longitud corporal	6,05	-389,10	0,7661
<b>Brangus</b>			
Altura a la cruz	13,81	-1289,30	0,8099
Circunferencia torácica	5,86	-627,69	0,7785
Longitud a la cruz	5,76	-285,46	0,5445
Altura a la grupa	14,45	-1458,37	0,7387
Ancho de grupa	14,57	-276,88	0,8600
Longitud corporal	6,17	-382,54	0,6345
<b>Wagyu-Charbray</b>			
Altura a la cruz	13,58	-1266,81	0,7743
Circunferencia torácica	6,23	-697,89	0,9411
Longitud a la cruz	8,42	-636,09	0,7811
Altura a la grupa	16,44	-1744,48	0,6438
Ancho de grupa	16,74	-397,19	0,9141
Longitud corporal	7,45	-568,36	0,7443

En Costa Rica, Garro y Rosales (1996) también observaron correlaciones altas para el peso vivo y la circunferencia torácica ( $R^2=0,92$ ). En Brahman rojo y Brahman gris encontraron que el peso final y la altura a la grupa a los 12, 18 y 24 meses, tienen correlaciones positivas (0,63; 0,38 y 0,33 respectivamente) (Velásquez y Álvarez 2004), las cuales fueron moderada a los 12 meses y débiles a los 18 y 24 meses, en



este ensayo fueron altas a excepción del coeficiente de correlación de la raza Brahman. También encontraron que medidas como la altura a la grupa y la longitud corporal se correlacionan con el peso de la canal caliente

En toros Criollo Limonero puro, pudieron encontrar homogeneidad fenotípica de la raza, a través de las medidas altura a la cruz, altura a la grupa, circunferencia torácica, longitud corporal y ancho de grupa, además también obtuvieron alta correlación fenotípica entre el peso y las medidas zoométricas, siendo la circunferencia torácica la que presentó mayor correlación (Contreras *et al.* 2012). Maheca *et al.* (2002) también hallaron altas correlaciones entre el peso corporal y las medidas de altura a la cruz (0,93), longitud corporal (0,93) y circunferencia torácica (0,93).

Este trabajo refuerza la idea de que las medidas corporales son de gran importancia zotécnica, no sólo para la caracterización de razas o como indicadores de crecimiento, también lo son para la predicción de peso vivo cuando se carecen de recursos para pesar a los animales y tampoco se puede dejar de lado que pueden ser útiles para la predicción de medidas futuras como por ejemplo el peso de la canal.

### **5.5 Características y rendimiento de la canal**

La interacción entre la raza y la condición para las variables PSF ( $p=0,5628$ ), PS ( $p=0,4223$ ), MTS ( $p=0,7247$ ), PC ( $p=0,6459$ ) y RC ( $p=0,7739$ ) no fue significativa en ninguna de las mediciones. Eso indica que las diferencias entre las medias observadas de las condiciones castrado y entero fueron similares en las tres razas (Cuadro 26).

Cuadro 26. Medias  $\pm$  errores estándar de peso de salida de finca (PSF), peso al sacrificio (PS), merma en el proceso de traslado hasta el sacrificio (MTS), peso de canal (PC) y rendimiento de la canal (RC) según raza\*condición de los animales.

Raza	Condición	PSF (kg)	PS (kg)	MTS (kg)	PC (kg)	RC (%)
Brahman	Castrado	511,8 <sup>a</sup> $\pm$ 16,1	464,3 <sup>a</sup> $\pm$ 14,8	47,8 <sup>a</sup> $\pm$ 4,1	268,5 <sup>a</sup> $\pm$ 8,8	57,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8
	Entero	534,0 <sup>ab</sup> $\pm$ 17,4	492,5 <sup>ab</sup> $\pm$ 16,7	41,6 <sup>a</sup> $\pm$ 4,5	288,3 <sup>ab</sup> $\pm$ 9,5	58,5 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,9
Brangus	Castrado	557,2 <sup>ab</sup> $\pm$ 16,0	513,3 <sup>b</sup> $\pm$ 14,8	44,3 <sup>a</sup> $\pm$ 4,1	298,4 <sup>bc</sup> $\pm$ 8,7	58,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,8
	Entero	557,8 <sup>ab</sup> $\pm$ 15,9	513,4 <sup>b</sup> $\pm$ 14,7	44,8 <sup>a</sup> $\pm$ 4,1	306,0 <sup>bc</sup> $\pm$ 8,7	59,6 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,8
Wagyu-Charbray	Castrado	587,4 <sup>b</sup> $\pm$ 18,9	543,1 <sup>b</sup> $\pm$ 17,4	44,8 <sup>a</sup> $\pm$ 4,8	321,1 <sup>c</sup> $\pm$ 10,3	59,2 <sup>ab</sup> $\pm$ 1,0
	Entero	572,6 <sup>b</sup> $\pm$ 18,0	530,0 <sup>b</sup> $\pm$ 16,6	42,9 <sup>a</sup> $\pm$ 4,6	323,9 <sup>c</sup> $\pm$ 9,8	61,1 <sup>b</sup> $\pm$ 0,9

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

Se encontraron diferencias entre razas para las variables PSF ( $p=0,0303$ ), PS ( $p=0,0169$ ) y PC ( $p=0,0032$ ), no así para MTS (0,9849), ni para RC (0,2022). Según las diferencias obtenidas para PSF, PS y PC, la raza Brahman presentó lo menores pesos respecto a la raza Brangus y el cruce Wagyu-Charbray (Cuadro 27), estos resultados están relacionados con los obtenidos en PF, GDP y GTP, donde la raza Brahman también obtuvo los menores valores.

Cuadro 27. Medias  $\pm$  errores estándar de peso de salida de finca (PSF), peso al sacrificio (PS), merma en el proceso de traslado hasta el sacrificio (MTS), peso de canal (PC) y rendimiento de la canal (RC) según raza de los animales.

Raza	PSF (kg)	PS (kg)	MTS (kg)	PC (kg)	RC (%)
Brahman	522,9 <sup>a</sup> $\pm$ 12,2	478,4 <sup>a</sup> $\pm$ 11,3	44,7 <sup>a</sup> $\pm$ 3,1	278,4 <sup>a</sup> $\pm$ 6,7	58,2 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6
Brangus	557,5 <sup>b</sup> $\pm$ 11,3	513,4 <sup>b</sup> $\pm$ 10,4	44,5 <sup>a</sup> $\pm$ 2,9	302,2 <sup>b</sup> $\pm$ 6,2	58,9 <sup>a</sup> $\pm$ 0,6
Wagyu-Charbray	580,0 <sup>b</sup> $\pm$ 13,7	536,6 <sup>b</sup> $\pm$ 12,7	43,8 <sup>a</sup> $\pm$ 3,5	322,5 <sup>b</sup> $\pm$ 7,5	60,1 <sup>a</sup> $\pm$ 0,7

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

No se encontraron diferencias entre condiciones para PSF ( $p=0,8446$ ), ni para PS ( $p=0,6844$ ), ni para MTS ( $p=0,4800$ ), ni para PC ( $p=0,1863$ ), ni para RC ( $p=0,0743$ ) (Cuadro 28). Por su parte, la covariable (PI), incluida en el modelo con el propósito de ajustar las medias y controlar la variación aleatoria, tuvo un efecto significativo en el PSF ( $p=0,0276$ ), en el PS ( $p=0,0303$ ) y en el PC ( $p=0,0223$ ), no así en la MTS ( $p=0,1367$ ) y en el RC ( $p=0,7816$ ).

Cuadro 28. Medias  $\pm$  errores estándar de peso de salida de finca (PSF), peso al sacrificio (PS), merma en el proceso de traslado hasta el sacrificio, peso de canal (PC) y rendimiento de la canal (RC) según condición de los animales.

Raza	PSF (kg)	PS (kg)	MTS (kg)	PC (kg)	RC (%)
Castrado	552,1 <sup>a</sup> $\pm$ 9,7	506,9 <sup>a</sup> $\pm$ 8,9	45,61 <sup>a</sup> $\pm$ 2,5	296,0 <sup>a</sup> $\pm$ 5,3	58,4 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5
Entero	554,8 <sup>a</sup> $\pm$ 9,2	512,0 <sup>a</sup> $\pm$ 8,5	43,12 <sup>a</sup> $\pm$ 2,4	306,1 <sup>a</sup> $\pm$ 5,0	59,7 <sup>a</sup> $\pm$ 0,5

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

Olmedo *et al.* (2011) encontraron mayores valores para peso al sacrificio y peso de la canal caliente en las razas Brahman y Brangus al compararlas con la raza Hereford, en este caso difiere al presente ensayo, ya que la raza Brahman presentó para estas variables los valores más bajos; como se mencionó con anterioridad en dicho estudio, los animales Brahman presentaron menores GDP (las cuales no fueron analizadas estadísticamente) por lo que en un periodo más largo de tiempo pudo quedar rezagado respecto a las otras dos razas.

Riera *et al.* (2004) coinciden al no encontrar diferencias estadísticas del efecto racial en cuanto al rendimiento de la canal, al comparar animales Brahman puro y F1 Brahman x *Bos taurus* (Angus, Chianina, Romosinuano y Simmental), sin embargo tampoco lo hicieron para las variables de peso final y peso de la canal, a como si se hizo en este ensayo.

Por su parte, Cortés (2005) al comparar razas de origen europeo, razas cebuinas y razas lecheras, encontró que las canales de bovinos machos de raza europea (324,92 kg) son más pesadas que las cebuinas (286,75 kg) y las lecheras

(242,76 kg), observó que las razas europeas eran animales de talla grande, mientras que las razas cebuinas y lecheras eran animales aún jóvenes, sin embargo este autor menciona que conforme aumenta en los cruces el porcentaje de *Bos indicus*, disminuye el peso de la canal; esto también se pudo observar en este estudio ya que los animales de origen *Bos indicus* (Brahman) presentaron el menor peso de la canal.

Olmedo *et al.* (2011) no observaron diferencias para la merma durante el transporte y el ayuno previo entre las razas Brahman, Brangus y Hereford, pero si las encontraron entre animales terminados en pastoreo y aquellos en confinamiento, siendo 9,2%, mayores las pérdidas de peso en estos últimos, lo cual atribuyen al tipo de dieta que consumen y a la velocidad de pasaje que esta tiene, ya que son alimentos de mayor concentración energética, molidos y de menor tamaño de partícula. Para esta variable, tampoco hallaron diferencias entre las razas Brahman, Brangus y Hereford.

Por otra parte, Jiménez *et al.* (2013) hallaron diferencias significativas entre animales Brahman comerciales con diferentes cruces (Blanco Orejinegro, Braunvieh, Limousine, Normando, Simmental, Romosinuano, Brahman gris, Brahman rojo y Guzerá), para las variables de merma durante el transporte, peso de la canal caliente y el rendimiento de la canal. En cuanto a la merma, se observó que aquellos que presentan menores pérdidas de peso durante el transporte son los cruces con *Bos indicus*, al compararlos con los cruces de *Bos taurus x Bos indicus*.

Para el peso de la canal caliente el cruce Normando presentó mayor peso de la canal respecto a los cruces Braunvieh y Romosinuano, mientras que aquel que presentó mayor rendimiento de la canal fue el cruce con Limousine (Jiménez *et al.* 2013), como se puede observar los promedios más altos para peso de la canal y el rendimiento de la canal lo presentaron los cruces con *Bos taurus*, por lo que bajo las mismas condiciones que los animales *Bos indicus* mostraron un mejor desempeño para estas características.

En Costa Rica diferentes autores reportan promedios, para rendimiento de la canal y peso de la canal, respectivamente de, 54,2% y 183 kg (CORFOGA 2014), 55% y 262,1 kg (Rodríguez *et al.* 2002) y 55,55% y 262,9 kg (Ávalos *et al.* 2012); al comparar estos datos con los obtenidos en este ensayo, se puede afirmar que los

animales Brahman, Brangus y Wagyu-Charbray presentaron valores para estas variables superiores al promedio nacional y el rendimiento de la canal se encuentra dentro del rango esperado para bovinos especializados en carne del 58% y 60% (Riaño y Sierra 2007).

También se obtuvieron valores similares para rendimiento de la canal a los promedios reportados por Silva *et al.* (2003) de 55,5% para Brangus y 58,1% para Nelore y a los obtenidos por Olmedo *et al.* (2011) para Brahman (58,6%), Brangus (58,3%) y Hereford (55,4%), en cuanto al peso al sacrificio y el peso de la canal, los datos de este ensayo superan a los presentados por Olmedo *et al.* (2011), a pesar de que eran animales con edad promedio superior (22 meses).

En cuanto a la condición de los animales, varios estudios coinciden con el presente al no encontrar diferencias significativas en la condición sexual de los animales para características de finalización, por ejemplo Vittori *et al.* (2007), tampoco encontraron diferencias en cuanto al peso al sacrificio de animales castrados (447 kg) y enteros (494 kg). Mientras que Ardaya y Zapata (1999) tampoco lo hicieron entre toros (224,7 kg) y novillos (218,5 kg) *Bos indicus*, para el peso de la canal. Por su parte, Huerta *et al.* (2013) tampoco hallaron diferencias estadísticas entre toros y novillos para el rendimiento de la canal (59,7% para toros y 58,8% para novillos), ni para peso de canal (282 kg para toros y 270 kg para novillos).

## 6. CONCLUSIONES

1. No se observó interacción entre la raza y la condición para las variables PI, PF, GDP y GTP.
2. El grupo racial Brahman presentó la menor GDP, GTP y PF respecto al grupo racial Brangus y el cruce Wagyu-Charbray.
3. No se encontraron diferencias entre condiciones (castrados y enteros) para las variables PI, PF, GDP y GTP.
4. No se observó interacción entre la raza y la condición para las variables AOL y EGD, tampoco diferencias entre razas para las mismas variables.
5. En general los Brahman presentaron los mayores promedios para AC y AG.
6. Para la CT, LC, LNC y ANG, no se observó interacción entre la raza y la condición, tampoco se presentó diferencias entre razas. El ANG fue mayor en la primera medición para Brahman, sin embargo esto no se mantuvo en las siguientes mediciones.
7. Se presentaron altas correlaciones entre el peso y las medidas corporales, por lo que pueden ser útiles en la predicción de peso vivo.
8. No se observó interacción entre la raza y la condición para las variables PSF, PS, MTS, PC y RC.
9. Para PSF, PS y PC, la raza Brahman presentó los menores promedios respecto a los otros dos grupos de animales.
10. No se encontraron diferencias entre razas para MTS, ni para RC.
11. No se observó diferencias entre condiciones (castrado y entero), para las variables PSF, PS, MTS, PC y RC.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Se debe valorar la genética utilizada en el país, ya que la mayoría es cebuina y como se pudo observar los animales Brahman mostraron valores bajos al compararlo con otros grupos raciales.
2. El hecho de que los animales de la raza Brangus y el cruce Wagyu-Charbray presentaran los valores más altos en características de crecimiento y de la canal, es un factor importante para generar un estudio en el impacto económico que esto puede generar en un sistema de producción.
3. Se recomienda el uso de las mediciones zoométricas en campo, ya que estas mantienen correlaciones altas con el peso vivo, lo que podría permitir su predicción al carecer de instrumentos de pesaje.
4. Se recomienda el uso de tecnologías no invasivas como el ultrasonido a tiempo real, en la selección de reproductores, ya que características como AOL y EGD presentan moderada heredabilidad, además de que son indicadores de terminación para llevar a los animales al sacrificio y son buenos predictores de las características de la canal.
5. Los cruces de animales (heterosis) son mejores que las razas puras, esto debe tomarse en cuenta a la hora de recomendar a los productores o al momento de seleccionar animales para el engorde comercial.
6. Se recomienda utilizar animales castrados, ya que son más dóciles y se facilita su manejo en finca y como se pudo observar su desempeño productivo no se vio opacado por los animales enteros, esto al no presentar diferencias estadísticas para las variables evaluadas.

## 8. LITERATURA CITADA

ALBERTI P., PANEA B., SAÑUDO C., OLLETA J., RIPOLL G., ERTBJERG P., CHRISTENSEN M., GIGLI S., FAILLA S., CONCETTI S., HOCQUETTE., JAILLER R., RUDEL S., RENAND G., NUTE G., RICHARDSON R., WILLIAMS J. 2008. Live weight, body size and carcass characteristics of young Bulls of fifteen European breeds. *Livestock Science* 114:19-30.

ALVEAR F. 2008. Valoración biotipológica y caracterización zoométrica del grupo genético autóctono bovino Pizan. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Zootecnista. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 75p.

ARAKAWA A., IWASAKI H., ANADA K. 2009. A Bayesian approach to the Japanese Black cattle carcass genetic evaluation. *South African Society for Animal Science* 39 (1): 77-80.

ARDAYA J., ZAPATA P. 1999. Efecto de la castración en la ganancia de peso, el rendimiento y la calidad de bovinos machos semiestabulados en la EARTH. Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo con el grado de Licenciatura. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. Costa Rica. 66p.

ARROYO C., BOGANTES A., MORA J. 2007. La deshoja en el manejo de la "Bacteriosis" del palmito de pejibaye. *Agronomía Mesoamericana* 18 (1): 129-138.

ARROYO C., MEXZÓN R., MORA J. 2004. Insectos fitófagos en pejibaye (*Bactris gasipaes* k.) para palmito. *Agronomía Mesoamericana* 15 (2): 201-208.

ÁVALOS I., HERRERA J., MORERA R. 2012. Cuantificación y caracterización de lesiones en canales bovinas y su costo económico en la planta procesadora Coopemontecillos R.L. Tesis presentada para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 88p.



- BAVERA G. 2006. Desbaste o merma. Universidad Nacional de Río Cuarto Córdoba, Argentina. Consultado 4 setiembre 2015. <http://www.produccion-animal.com.ar>
- CAMPOS J., DE PEDRO E., ITURRIAGA D., ASTUDILLO R., BASSO I., CABAS J. 2015. Modelos predictivos de niveles de marmorización en novillos mestizos Wagyu generados por ultrasonografía y tratamiento de imágenes. Revista Científica FCV-LUZ 25(2): 116-122.
- CAPELLARI A., RÉBAK G., YNSAURRALDE A., YOSTAR E., YOSTAR M. 2013. Caracteres pre-faena de novillos tipo Bradford y Brangus del nordeste argentino. Revista Veterinaria 24(1):39-43.
- 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.
- CASTRO A. 2002. Ganadería de carne. Gestión Empresarial. Producción Bovina. Tomo II. EUNED. Costa Rica. 259p.
- CASTRO L., ROBAINA R. 2003. Manejo del ganado previo a la faena y su relación con la calidad de la carne. Talleres Gráficos de A. Monteverde y Cía. Montevideo, Uruguay. 30p.
- CONTRERAS G., CHIRINOS Z., MOLERO E., PAÉZ A. 2012. Medidas corporales e índices zoométricos de toros Criollo Limonero de Venezuela. Zootecnia Tropical 30 (2): 175-181.
- CORFOGA (CORPORACIÓN DE FOMENTO GANADERO). 2012. Situación actual y perspectivas en la ganadería. Boletín de Mercado. 7 mayo 2014. Disponible en: <http://corfoga.org/informacion-de-mercados/boletines-de-mercado/>
- CORFOGA (CORPORACIÓN DE FOMENTO GANADERO). 2014. Estimación de la producción de carne industrial por hectárea. CORFOGA. 28 abril 2016.

<http://corfoga.org/2012/wp-content/uploads/2013/07/Estimacion-de-la-Producci%C3%B3n-de-Carne-Industrial-por-H%C3%A9ctarea-Primaria.pdf>

CORFOGA (CORPORACIÓN DE FOMENTO GANADERO). 2015. Análisis del Censo Agropecuario 2014 para el sector ganadero. CORFOGA. Costa Rica. 28 abril 2016. <http://corfoga.org/2012/wp-content/uploads/2013/07/An%C3%A1lisis-del-Censo-Agropecuario-2015-para-el-Sector-Ganadero.pdf>

CORTÉS J. 2005. Caracterización del ganado bovino sacrificado en el Rastro Municipal de la Ciudad de Chihuahua. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. 72p.

DÍAZ T., GRAJALES H. 2006. El ganado Romosinuano en la producción de carne en Colombia. Produmedios. Bogotá, Colombia. 103p.

FEOLI C. 2002. Efecto de la edad y el sexo del ganado cebuino de dos zonas del Norte de Costa Rica sobre el rendimiento y las características de calidad de la carne. Tesis presentada para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 81p.

GARRO J., ROSALES L. 1996. Relación entre el peso corporal y el perímetro torácico en ganado cebuino en crecimiento en Costa Rica. 20 (2): 113-123.

GIRÓN C. 2006. Estimación del peso corporal en ganado de engorde a través de la medición del perímetro torácico con una cinta métrica graduada. Tesis presentada para obtener el grado de Médico Veterinario. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 50p.

GÓMEZ J., GÓMEZ J. 2013. Bovinometría en búfalas Murrah en siete haciendas del Departamento de Córdoba. Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Médico Veterinario y Zootecnista. Universidad de Córdoba. España. 74p.

- GONZÁLEZ J., AZUARA A., HERNÁNDEZ J., PARRA G., CASTILLO S. 2008. Características pre-destete de bovinos Simmental (*Bos Taurus*) y sus cruces Brahman (*Bos indicus*) en el trópico mexicano. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 21 (3): 365-371.
- GREINER S. 2003. *Ultrasound Applications for the Beef Industry*. Extensión Virginia Tech & Virginia State University. Virginia, Estados Unidos. 7 mayo 2014. [http://www.sites.ext.vt.edu/newsletter-archive/livestock/aps-03\\_04/aps-218.html](http://www.sites.ext.vt.edu/newsletter-archive/livestock/aps-03_04/aps-218.html)
- QUITOU H., MONTI A., SUTZ G., BALUK I. 2007. Interpretación y uso correcto de las diferencias esperadas entre progenie (DEP's) como herramienta de selección para la calidad de carne. Segunda parte. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20: 363-376.
- HALE D., GOODSON K., SAVELL J. 2013. *USDA Beef Quality and Yield Grades*. Department of Animal Science. Agriculture & Life Sciences. Texas A & M University. Texas, Estados Unidos. 20 mayo 2016. <http://meat.tamu.edu/beefgrading/>
- HICKS C. 2011. Using Live Animal Carcass Ultrasound in Beef Industry. *Boletín de Extensión Cooperativa*, Universidad de Georgia. Estados Unidos. 4p.
- HIDALGO J. 2009. *Márgenes de comercialización de la carne bovina*. Ministerio de Economía, Industria y Comercio. Costa Rica. 50p
- HOLMANN F., RIVAS L., PÉREZ E., CASTRO C., SCHUETZ P., RODRÍGUEZ J. 2007. *La cadena de carne bovina en Costa Rica: Identificación de temas críticos para impulsar su modernización, eficiencia y competitividad*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Internacional LivestockResearchInstitute (ILRI) Corporación Ganadera (CORFOGA). Cali, Colombia. 68 p.
- HUERTA N., HERNÁNDEZ O., RODAS A., ORDÓÑEZ J., PARGAS H., RONCÓN E., VILLAR A., BRACHO B. 2013. *Peso corporal y rendimiento en canal según*

clase sexual, tipo racial, condición muscular, edad y procedencia de bovinos venezolanos. *Nacameh*. 7 (2): 75-96.

INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). 2014. Censo Nacional Agropecuario 2014. INEC. San José, Costa Rica. 11 junio 2015. <http://www.inec.go.cr/Web/Home/GeneradorPagina.aspx>

JIMÉNEZ A., MANRIQUE C., MARTÍNEZ C. 2010. Parámetros y valores genéticos para características de composición corporal, área de ojo del lomo y grasa dorsal medidos mediante ultrasonido en la raza Brahman. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia* 57: 178-190.

JIMÉNEZ A., MANRIQUE C., MARTÍNEZ C. 2013. Evaluación de la raza Brahman y sus cruces para características de crecimiento y rendimiento cárnico. *Asocebú Colombia*. 393: 1-23.

KAHI A., HIROOKA H. 2005. Genetic and economic evaluation of Japanese Black (Wagyu) cattle breeding schemes. *Journal Animal Sciences* 83: 2021-2032.

KAHI A., OGUNI T., SUMIO Y. HIROOKA H. 2014. Genetic relationships between growth and carcass traits and profitability in Japanese Brown cattle. *Journal Animal Science* 85: 348-355

LÓPEZ N., FLORES A., RAMÍREZ A., JIMÉNEZ J., CORRAL G., GARCÍA J. 2007. Caracterización de toretes Brangus y Charolés por medidas *in vivo*. *Archivos de Zootecnia* 56 (213):83-86.

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. 5 mayo 2014. <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia.asp?ref=8383&pos=441>

MAHECHA L., ANGULO J., MANRIQUE L. 2002. Estudio bovinométrico y relaciones entre medidas corporales y el peso vivo en la raza Lucerna. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15: 80-87.

- 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. *LivestockScience* 120:116-126.
- MORÓN O., ARAUJO O., PIETROSEMOLI S., GALLARDO N., SULBARÁN B., PEÑA S. 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.
- MOYA L. 2009. *Introducción a la Estadística de la salud*. 2da Edición. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 613p.
- MURILLO O., UNRUH J., BLANCO A., GALINDO J., ARCE C., GADEA A., MARTÍNEZ B., RODRÍGUEZ R., ROJAS S. 2012. Programa Nacional de Clasificación de Canales Bovinas en Costa Rica. Proyecto. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. 47p.
- OLMEDO D., BARCELLOS J., CANELLAS L., VELHO M., PANIAGUA P. HORITA I., TAROUCO J. 2011. Desempenho e características da carcaça de novilhos terminados em pastejo rotacionado ou em confinamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 63 (2): 348-366.
- OROZCO J., BERRIO S., BARAHONA R. 2010. Uso de la ultrasonografía en tiempo real para la estimación de la deposición de grasa y rendimientos de canales bovinas cebuinos provenientes de diferentes fincas de Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 5 (1): 36-44.
- OTEIZA J., CARMONA J. 1989. *Diccionario de zootecnia*. Segunda edición. Editorial Trillas. México. 226p.
- PARÉS-CASANOVA P.M. 2009. Zoometría, p. 171 -198. In: Sañudo C. (ed). *Valoración morfológica de los animales domésticos*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, España.

- PICCIRILLO D. 2008. Ultrasonido para calidad de carnes. *Revista Brangus*. 30 (57): 82-84.
- PINO F. 2008. Evaluación productiva de la raza Wagyu en cruzamiento con diferentes razas bovinas presentes en Chile. Tesis presentada para optar por el Título Profesional de Médico Veterinario. Universidad de Chile. Chile. 69p.
- POGORZELSKA-PRZYBYŁEK P., NOGALSKI Z., WIELGOSZ-GROTH Z., WINARSKI R., SOBCZUK-SZUL M., ŁAPIŃSKA P., PURWIN C. 2014. Prediction of the carcass value of young holstein-friesian bulls based on live body measurements. *Annals of Animal Science* 14(2):429–439. DOI: 10.2478/aoas-2014-0004.
- RAVAGNOLO O., AGUILAR I., BRITO G. 2010. Parámetros genéticos de caracteres de canal por ultrasonido para Angus en el Uruguay. *Revista Argentina de Producción Animal* 30 (2): 159-166.
- RIAÑO A., SIERRA C. 2007. Evaluación del comportamiento de los rendimientos en canal carne, hueso y grasa de los cruces comerciales bovinos participantes en los concursos de ganado cebado realizados en Colombia. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Zootecnista. Universidad de la Salle. Colombia. 130p.
- RIERA T., RODAS A., RODRÍGUEZ C., AVELLANEDA J., HUERTA N. 2004. Rasgos de crecimiento y pesos en canal de toros Brahman puros y F1 Brahman x *Bos taurus* criados y cebados semi-intensivamente en sabana mejorada. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 12 (1): 66-72.
- RÍOS M., URDAPILLETA J., AFANADOR G., BARAHONA R. 2011. Uso del ultrasonido en tiempo real (UTR) en la producción de carne bovina. CORPOICA. Colombia. 56p.
- RODRÍGUEZ A. 2015. Efecto de la suplementación mineral sobre el crecimiento y el desarrollo corporal de Novillas *Bos taurus* x *Bos indicus*. Tesis presentada para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 94p.

- RODRIGUEZ A., LEÓN M., CASTILLOJ., OBANDO L. 2002. Determinación del impacto económico de las lesiones bovina: Factores pre cosecha. CORFOGA. Costa Rica. 54p.
- RODRÍGUEZ J. 2012. Effects of castration on carcass composition, meat quality, and sensory properties of beef produced in a tropical climate. Tesis presentada para optar por el grado de Master de Ciencias. Universidad del Estado de Kansas. Manhattan, Kansas. 85 p.
- RODRÍGUEZ P., WINGCHING R. 2012. Pérdida de peso en bovinos *Bos indicus* y *Bos taurus* durante el proceso de subasta. *Agronomía Mesoamericana* 23 (2): 353-357.
- SÁNCHEZ J. 2010. Evaluación productiva de cuatro cruces Simmental por Cebú en un sistema doble propósito en la altillanura Colombiana, Puerto López (Meta). Trabajo de grado para obtener el título de Zootecnista. Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia. 57p.
- SAS Institute Inc. 2011. Base SAS® 9.3 Procedures Guide. Cary, NC).
- SILVA S., LEME P., PUTRINO S., MARTELLO L., LIMA C., LANNA D. 2003. Estimativa do peso e do rendimento de carcaça de tourinhos Brangus y Nelore por Medidas de Ultrasonografía. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32 (5): 1227-1235.
- SUGISAWA L., SOARES W., NUNES H., SILVEIRA C., BENI M., ALVES A. 2006. Correlações simples entre as medidas de ultra-som e a composição da carcaça de bovinos jovens. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35 (1): 169-176.
- VARLAMOFF N., CIPOLINI M., JACOBO R., MARTÍNEZ D., RAGAZZI A. 2011. Ganancia de peso en terneros Brahman y Brangus  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{3}{8}$  y  $\frac{5}{8}$  desde el nacimiento al destete en Corrientes (Argentina). *Revista Veterinaria* 22 (1): 60-63.
- VELÁSQUEZ J., ÁLVAREZ L. 2004. Relación de medidas bovinométricas y de composición corporal in vivo con el peso de la canal en novillos Brahman en el valle del Sinú. *Revista Acta Agronómica* 53 (3):61-68.

- VELÁSQUEZ J., RÍOS M. 2010. Relación de medidas de composición corporal evaluadas in vivo con ultrasonido con el peso de la canal en vacas Cebú de descarte. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 23: 99-105.
- VELÁSQUEZ R., NOGUERA R., POSADA S. 2013. Estimación del rendimiento en canal de novillos Holstein usando ultrasonografía. *Livestock Research for Rural Development* 25 (11): 196.
- VITTORI A., JÚNIOR G., QUEIROZ F., RESENDE G., ALLEONI G., RAZOOK A., FIGUEIREDO L. 2007. Desempenho produtivo de bovinos de diferentes grupos raciais, castrados e não castrados, em fase de terminação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59 (5): 1263-1269
- 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.
- WILLIAMS A. 2002. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *Journal of Animal Science* 80: 183-188.