

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**CAMPUS TECNOLÓGICO LOCAL SAN CARLOS**  
**ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN Y EL SEXO SOBRE  
PARÁMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD DE LA CANAL Y LA  
CARNE EN BOVINOS DE ENGORDE WAGYU-BRAHMAN.  
HACIENDA SUR, PARRITA, COSTA RICA**

Trabajo Final de graduación presentado a la Escuela de Agronomía  
como requisito parcial para optar al grado de licenciatura en ingeniería  
en agronomía

**REBECA VILLALOBOS BARQUERO**

**SANTA CLARA, 2022**



Carrera de Ingeniería en Agronomía  
Campus Tecnológico Local  
San Carlos  
2019 - 2023

DERECHOS RESERVADOS © 2022 REBECA VILLALOBOS BARQUERO

**EFFECTO DE LA ALIMENTACIÓN Y EL SEXO SOBRE  
PARAMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD DE LA CANAL Y LA  
CARNE EN BOVINOS DE ENGORDE WAGYU-BRAHMAN.  
HACIENDA SUR, PARRITA, COSTA RICA.**

**REBECA VILLALOBOS BARQUERO**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Med. Vet. Jaime Galindo Badilla, M. Sc.

---

Asesor interno

Ing. Agr. Juan Bernardo Gamboa Naranjo, Lic.

---

Asesor externo

Ing. Agr. Julio Rodríguez González, M. Sc.

---

Jurado

Ing. Agr. Juan Carlos Cardona Álvarez, Lic.

---

Jurado

Ing. Agr. Carlos Ramírez Vargas, Ph. D.

---

Coordinador  
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro, Ph. D.

---

Director  
Escuela de Agronomía

**2022**

## DEDICATORIA

En primer a lugar a Dios, por la salud y la sabiduría que me ha regalado para poder llevar a cabo todas mis metas

A mis padres Carlos y Roxana, quienes son mi motor, mi fuerza y mi más grande apoyo. Gracias por forjarme y por acompañarme todos estos años de mi vida, no lo hubiera logrado sin sus bendiciones y su amor incondicional.

A mis hermanos, Luis Carlos, Josué, y Verónica por enseñarme cada uno a su manera a valorar y agradecer por todo lo que tengo y también por lo que no. Gracias por ser mis ejemplos a seguir.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por el don de la vida y la fuerza para llegar a donde estoy ahorita.

A mi familia por ser mi apoyo incondicional y por brindarme fortaleza y entendimiento cuando más lo necesito.

A Julio Rodríguez, por su dedicación y apoyo como profesor y como amigo; por brindarme la motivación para perseguir mis metas y mis sueños aun sabiendo que el camino no es sencillo.

Al profesor Jaime Galindo, por su apoyo y disposición en la recolección de datos de todas las fases del proyecto.

A Juan Bernardo Gamboa por su asesoría y colaboración durante todas las etapas del proyecto.

A todo el equipo de Hacienda Sur, Loray, Sussane, Art, Emilio, Don Roberto y Marcos por acompañarme y ayudarme durante todo el proceso.

A Don Adrián, Don Elmer y Don Mario por todas sus enseñanzas y su paciencia durante mi estadía en la finca.

A Jose, Don William, Alex, Don Miguel y el resto del equipo, por su disposición y su colaboración en toda la etapa de deshuese, por la paciencia y la ayuda que me brindaron en todo momento.

A Freddy por su ayuda y su apoyo incondicional en todas las etapas del proceso.

A mis amigos Alejandro, David, Paula, Daniel, Raúl, Ricardo, Ignacio y a todos los compañeros y conocidos quienes de una u otra forma estuvieron a mi lado durante todos mis años de carrera y me ayudaron a llegar hasta aquí.

A todos y cada uno, muchas gracias, que todos sus buenos deseos Dios se los multiplique en puras bendiciones.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>IV</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>V</b>
<b>INDICE DE CUADROS .....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>INDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
1.1 Antecedentes.....	14
1.2 Justificación .....	15
1.3 Objetivo General.....	16
1.4 Objetivos Específicos.....	16
1.5 Hipótesis .....	17
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1 Situación de la carne de res en Costa Rica.....	18
2.2 Importancia de los cruces raciales .....	19
2.3 Castración de machos.....	21
2.4 Alimentación de bovinos.....	23
2.4.1 Harina de coquito de palma africana.....	24
2.4.2 Semolina .....	25
2.4.3 Melaza.....	25
2.5 Curvas de crecimiento.....	26
2.6 Mediciones Ultrasonográficas .....	27
2.7 Composición de la canal .....	28
2.7.1 Músculo.....	30
2.7.2 Hueso.....	30
2.7.3 Grasa de cobertura .....	31
2.8 Calidad de la canal .....	31

2.9 Conversión de músculo a carne .....	32
2.10 Maduración de la carne .....	34
2.11 Calidad de carne .....	36
2.11.1 Color .....	36
2.11.2 Terneza .....	38
2.11.3 Marmoleo .....	40
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
3.1 Ubicación.....	43
3.2 Periodo de estudio.....	43
3.3 Material experimental y Universo de estudio.....	44
3.4 Área y unidades experimentales .....	44
3.5 Descripción de tratamientos (interacciones).....	45
3.6 Variables de respuesta.....	47
3.7 Diseño experimental y modelo matemático .....	62
3.8 Análisis estadístico .....	63
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>64</b>
4.1 I Etapa: Evaluaciones en finca .....	64
4.2 II Etapa: Planta de cosecha.....	71
4.3 III Etapa: Planta de deshuese .....	76
4.4 IV Etapa: Laboratorio de carnes.....	88
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>99</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>101</b>
<b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>102</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>126</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Variabilidad de la composición tisular (%) de la carne de bovinos. ..	30
<b>Cuadro 2.</b> Comparación entre la maduración en seco y en húmedo de la carne de res.....	36
<b>Cuadro 3.</b> Clasificación de las carnes de acuerdo con la resistencia al corte. ..	39
<b>Cuadro 4.</b> Relación entre el N° de grado de marmoleo y el grado de calidad de carne.....	42
<b>Cuadro 5.</b> Composición de las dietas a utilizar durante la alimentación de animales cruzados Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	46
<b>Cuadro 6.</b> Composición química de las materias primas a utilizar durante la alimentación de animales cruzados Wagyu x Brahman pertenecientes a Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	46
<b>Cuadro 7.</b> Escala numérica para la determinación del grado de marmoleo mediante el software especializado de Kansas State University. ....	49
<b>Cuadro 8.</b> Guía para la determinación de la edad promedio en bovinos de acuerdo con la cantidad de dientes incisivos presentes en la mandíbula, 2021.51	
<b>Cuadro 9.</b> Guía para la determinación de la conformación muscular en canales bovinas, 2021. ....	52
<b>Cuadro 10.</b> Guía para la determinación del grado de cobertura de la grasa en canales bovinas, 2021. ....	53
<b>Cuadro 11.</b> Guía para la determinación del color de la grasa de cobertura en canales bovinas, 2021. ....	54
<b>Cuadro 12.</b> Ganancias de peso (GDP) obtenidas durante el periodo de evaluación en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	64
<b>Cuadro 13.</b> Diferencia en la ganancia para cada variable ultrasonográfica evaluada según cada interacción Dieta×Sexo en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	69

<b>Cuadro 14.</b> Valores de rendimiento de canal obtenidos en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	72
<b>Cuadro 15.</b> Variables de calidad de canal y la carne evaluadas en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	77
<b>Cuadro 16.</b> Evaluación de la composición de la canal en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	85
<b>Cuadro 17.</b> Evaluación del color en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	88
<b>Cuadro 18.</b> Fuerza de corte (kg) y pérdidas por cocción (%) evaluadas en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021. ....	92
<b>Cuadro 19.</b> Estudios de terneza en el músculo <i>Longissimus dorsi lumborum</i> en bovinos y bufalinos en Costa Rica.....	95



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Valor absoluto de cosecha y valor promedio de cosecha 2016-2019.....	19
<b>Figura 2.</b> Novillo F1 del cruce Wagyu x Brahman, Hacienda Sur, Parrita, Costa Rica. 21	
<b>Figura 3.</b> Elastrador y anillos de goma utilizados para la castración. ....	23
<b>Figura 4.</b> Características fundamentales de la curva de crecimiento y ganancia de peso en ganado vacuno.....	27
<b>Figura 5.</b> Prioridad en el desarrollo de los tejidos de un animal. ....	29
<b>Figura 6.</b> Escala de color en arreglo de vectores L, a y b.....	38
<b>Figura 7.</b> Clasificación oficial del marmoleo de la carne de res, incluido el color de la carne y de la grasa.....	41
<b>Figura 8.</b> Romana Tru-Test™ (XR5000) utilizada para la medición de la Ganancia Diría de Peso de animales cruzados Wagyu x Brahman, Hacienda Sur, Parrita, 2021.....	48
<b>Figura 9.</b> Mediciones ultrasonográficas de animales cruzados Wagyu x Brahman, Hacienda Sur, Parrita, 2021. A) Posicionamiento de la sonda en el dorso del animal. B) Variables observadas en el ultrasonido.....	49
<b>Figura 10.</b> Guía fotográfica para la determinación de la edad en bovinos. A (Cero dientes permanentes), B (Dos dientes permanentes), C (Cuatro dientes permanentes), D (Seis dientes permanentes) y E (Ocho dientes permanentes).....	51
<b>Figura 11.</b> Guía fotográfica para la determinación de la conformación muscular. A (Grado uno), B (Grado dos), C (Grado tres) y D (Grado cuatro). ....	52
<b>Figura 12.</b> Guía fotográfica para la determinación del grado de cobertura de grasa. A (Grasa uno), B (Grasa dos) y C (Grasa tres).....	53
<b>Figura 13.</b> Guía fotográfica para la determinación del color de la grasa de cobertura. A (Color uno), B (Color dos) y C (Color tres). ....	54
<b>Figura 14.</b> Medición del pH y temperatura en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> con el pH-metro marca Hanna Instruments modelo HI 99163.....	55

<b>Figura 15.</b> Plantilla cuadriculada utilizada para la medición del AOL en el músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	56
<b>Figura 16.</b> Guía fotográfica para la clasificación de canales bovinas de acuerdo con su grado de marmoleo (USDA).....	57
<b>Figura 17.</b> Etiquetado y empaquetado de las muestras de carne para posterior evaluación.....	58
<b>Figura 18.</b> Medición del color de la carne con espectrofotómetro HunterLab (4500L). .....	59
<b>Figura 19.</b> Cocción de las muestras de carne con termocuplas insertadas.....	60
<b>Figura 20.</b> Obtención de cilindros de carne con taladro DeWalt 107.....	61
<b>Figura 21.</b> Medición de la fuerza de corte con el equipo Warner-Bratzler Shear Machine. ....	61
<b>Figura 22.</b> Promedio de peso (kg) a través del tiempo según cada interacción en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021. ....	67
<b>Figura 23.</b> Promedio de la dentición, conformación muscular, grasa y color de la grasa en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	74
<b>Figura 24.</b> Frecuencia relativa valorada por grado de marmoleo (SM0, SM5 y MD0) por cada combinación (Dieta×Sexo) en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.....	83

## INDICE DE ANEXOS

<b>Cuadro A1.</b> Manejo sanitario del hato durante el periodo de evaluación en finca. .....	126
<b>Cuadro A2.</b> Lista de músculos que se deberán pesar durante la evaluación de la composición de la canal.....	127
<b>Cuadro A3.</b> Coeficientes de correlación de Spearman encontrados para algunas de las variables evaluadas.....	128

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la alimentación y el sexo sobre parámetros productivos, de calidad de la canal y de la carne del músculo *Longissimus dorsi* madurado en seco por 45 días en bovinos de engorde Wagyu-Brahman. Se utilizaron 24 animales F1 del cruce Wagyu x Brahman, 12 hembras y 12 machos castrados mediante liga al nacer. Estos animales se distribuyeron en cuatro interacciones según la dieta y el sexo: novillos con dieta control, novillas con dieta control, novillos con dieta modificada y novillas con dieta modificada. La interacción Dieta×Sexo no presentó diferencias significativas para las GDP, sin embargo, las hembras de la dieta nueva tuvieron mayores GDP que las hembras de la dieta control. Para las variables medidas con el ultrasonido (EGD, PM, marmoleo, EGG) no se encontraron diferencias significativas en la interacción, pero si se observó mayor EGD y EGG en las hembras que en los machos. En cuanto al rendimiento y la calidad de la canal, las variables PPF, PPP, PCC, merma por transporte, RPC, dentición, CM, GC y CG no presentaron diferencias significativas para la interacción Dieta×Sexo. Tampoco hubo efecto de la interacción sobre las variables pH, temperatura, AOL, EGD y marmoleo, pero si efecto del sexo sobre el AOL (machos>hembras). La composición de la canal para todas las combinaciones Dieta×Sexo fue similar. Diferencias significativas fueron encontradas en la variable L\* (dieta nueva>dieta control) mas no en las variables a\* y b\*, así mismo, los valores de L\*, a\* y b\* se encontraron dentro de los rangos normales para carne de res. El factor dieta tuvo un efecto sobre las variables fuerza de corte y pérdidas por cocción, obteniendo así mayores valores en los animal pertenecientes a la dieta control en comparación con la dieta nueva. La terneza encontrada en el músculo *Longissimus dorsi* para los machos y las hembras de la dieta nueva (1,8 kg de fuerza de corte) resulta superior comparada con diversos estudios realizados en Costa Rica, confiriéndole así a Hacienda Sur un atributo de calidad de carne para un sector diferenciado.

**Palabras clave:** carne, Wagyu, canal, crecimiento, marmoleo, terneza

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of feeding and sex on productive parameters, carcass quality and *Longissimus dorsi* muscle meat dry-aged for 45 days in Wagyu-Brahman fattening cattle. Twenty-four F1 animals from the Wagyu x Brahman cross were used, 12 females and 12 males castrated by garter at birth. These animals were distributed in four interactions according to diet and sex: steers with control diet, heifers with control diet, steers with modified diet and heifers with modified diet. The Diet<sup>x</sup>Sex interaction did not present significant differences for GDP, however, females on the new diet had higher ADG than females on the control diet. For the variables measured with ultrasound (EGD, PM, marbling, EGG) no significant differences were found in the interaction, but greater EGD and EGG were found in females than in males. Regarding carcass yield and quality, the variables PPF, PPP, PCC, loss due to transport, RPC, dentition, CM, CG and CG did not show significant differences for the Diet<sup>x</sup>Sex interaction. There was also no effect of the interaction on the variables pH, temperature, AOL, EGD and marbling, but there was an effect of sex on the AOL (males>females). Carcass composition for all Diet<sup>x</sup>Sex combinations was similar. Significant differences were found in the variable L\* (new diet>control diet) but not in the variables a\* and b\*, likewise, the values of L\*, a\* and b\* were found within the normal ranges for beef. The diet factor influenced the shear force and cooking loss variables, thus obtaining higher values in the animals belonging to the control diet compared to the new diet. The tenderness found in the *Longissimus dorsi* muscle for males and females of the new diet (1.8 kg) is higher compared to various studies carried out in Costa Rica, thus conferring to Hacienda Sur an attribute of meat quality for a differentiated sector.

**Key words:** Beef, Wagyu, carcass, growth, marbling, tenderness

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La producción de ganado de carne es una de las principales actividades agropecuarias a nivel de Costa Rica. Sin embargo, en los últimos años el consumo de carne de res ha tendido a disminuir, según datos obtenidos de la Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA) (2020), el consumo per cápita ha disminuido de un 14,21 a un 13,47 del año 2019 al 2020 respectivamente. Esta disminución se ve relacionada con diversos factores como lo son las variaciones en los ingresos económicos familiares, la diversidad de productos sustitutos de carne de res, la desinformación de las personas acerca de los efectos de esta carne en la salud humana, entre otros (CORFOGA 2020).

Con el fin de mejorar la calidad y el rendimiento de los sistemas ganaderos e incursionar en mercados de calidad, surge la propuesta de implementar cruzamientos en los sistemas productivos. En Costa Rica, la utilización de cruces entre bovinos *Bos indicus* y *Bos taurus* se ha vuelto cada vez más común. Dentro del *Bos indicus*, se puede mencionar la raza Brahman, la cual es reconocida principalmente por sus características de adaptabilidad a condiciones ambientales y sus altos rendimientos (Guerra-Martínez *et al.* 2020); el cruzamiento de esta raza con bovinos de una raza como la Wagyu, resulta en la obtención de animales con buenos rendimientos y con una calidad de carne alta, debido al alto grado de marmoleo que influye en la suavidad, sabor y jugosidad de la carne (Guerra, citado por Guerra-Martínez *et al.* 2020).

No obstante, la información acerca de este cruce en condiciones tropicales como las presentes en Costa Rica es limitada. El sector ganadero e industrial están a la expectativa sobre datos productivos y de calidad de la carne en el trópico que involucren a la raza en mención.

## 1.2 Justificación

Hacienda Sur es uno de los principales productores de carne, que se considera de calidad, para un nicho exclusivo en Costa Rica. Actualmente se encuentra produciendo animales provenientes del cruce Wagyu x Brahman. Dicho cruce representa una de las principales alternativas de los productores para mejorar la calidad de la carne en sus hatos. La terneza, la jugosidad, el sabor y el marmoleo son algunas de las principales características que aporta la raza Wagyu, mientras que la raza Brahman aporta características de adaptabilidad a condiciones tropicales; el aporte de ambas razas resulta en un incremento en la calidad del producto final, en este caso, la carne (Guerra-Martínez *et al.* 2020).

Dentro de los principales factores que pueden influir en la calidad de la carne se encuentra la alimentación, aunado a otros factores como el manejo pre y post cosecha, la genética de los animales utilizados, así como el proceso de transformación de músculo a carne que sufre la canal durante la matanza (Rodríguez-González *et al.* 2018).

En Hacienda Sur, la alimentación se basa en un pastoreo continuo, además de una suplementación que se les suministra en canoa a los animales durante el proceso de pastoreo. Esta suplementación se encuentra conformada por harina de coquito, semolina de arroz, melaza y minerales. Cabe destacar que actualmente la realización de la dieta y la composición del alimento se efectúa de manera empírica por lo que es de gran importancia para la empresa la determinación del posible efecto de dos dietas sobre características de la calidad de la carne, principalmente marmoleo.

Además, se desconoce si existe un efecto del sexo del animal (macho o hembra) sobre los rendimientos productivos del hato y la calidad de carne. Según García *et al.* (1979) citado por Zembayashi *et al.* (1995), los depósitos de grasa intramuscular se ven influenciados por los grados de grasa corporal y de la canal en sí, así mismo, existen diferencias notables en la capacidad de deposición de grasa entre razas y sexos (Zembayashi 1993).

Por esta razón, el propósito del proyecto se basa en la evaluación de dos dietas y el efecto del sexo del animal, con el objetivo de proporcionarle información al productor sobre indicadores relacionados al crecimiento, calidad de la canal y a carne de los animales utilizados en el estudio.

### **1.3 Objetivo General**

- Evaluar el efecto de dos dietas y el sexo sobre parámetros productivos, calidad de la canal y de la carne en bovinos de engorde Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Costa Rica.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- Evaluar el efecto de la composición de la dieta y el sexo sobre el crecimiento de bovinos Wagyu x Brahman en la etapa de finalización, en Hacienda Sur, ubicada en Parrita, Puntarenas, Costa Rica.
- Determinar el efecto de la composición de la dieta y el sexo sobre la calidad de la canal del cruzamiento Wagyu x Brahman en Hacienda Sur, ubicada en Parrita, Puntarenas, Costa Rica.
- Evaluar el efecto de la composición de la dieta y el sexo sobre la constitución de la canal del cruce Wagyu x Brahman pertenecientes a Hacienda Sur, ubicada en Parrita, Puntarenas, Costa Rica.
- Evaluar el efecto de la composición de la dieta y el sexo sobre las características físicas del músculo *Longissimus dorsi lumborum* del cruce Wagyu x Brahman pertenecientes a Hacienda Sur, ubicada en Parrita, Puntarenas, Costa Rica.



### **1.5 Hipótesis**

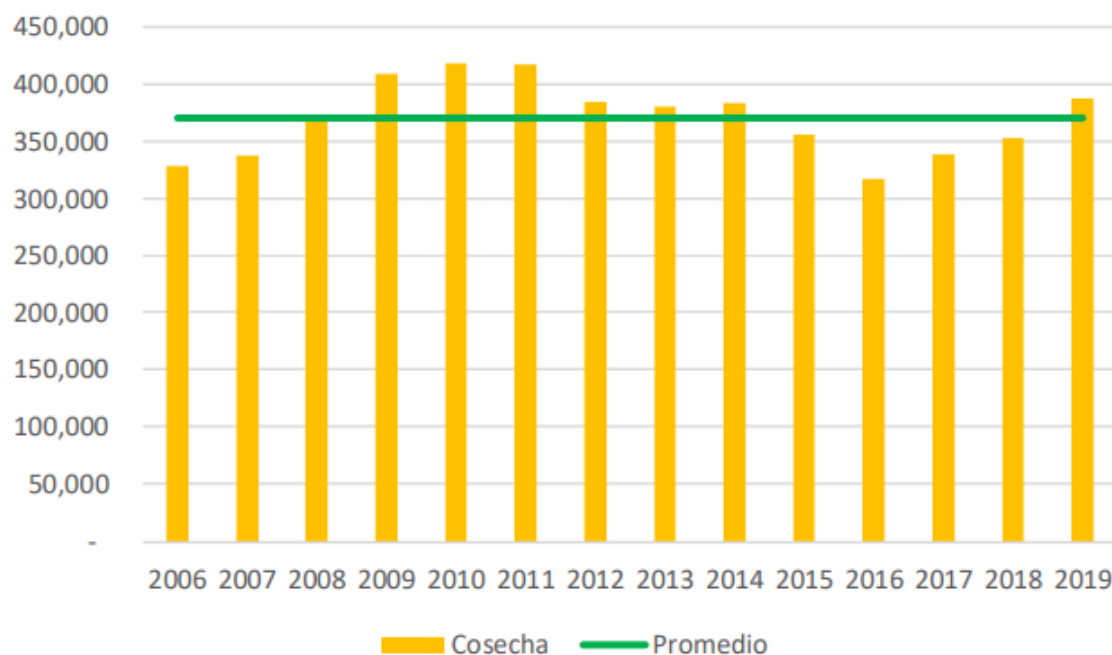
- Suplementación con niveles crecientes de semolina de arroz en novillos y novillas de engorde Wagyu x Brahman, generan mejores parámetros productivos y de calidad de la carne.
- Las hembras producto del cruzamiento Wagyu x Brahman, depositan mayor cantidad de grasa intramuscular, comparado con los machos contemporáneos de la misma raza.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Situación de la carne de res en Costa Rica**

La producción de carne de res es una de las actividades productivas más antiguas de Costa Rica, iniciando hace 446 años con la importación de bovinos procedentes de Nicaragua y Honduras (MAG 2007). Esta producción ha tenido un impacto positivo en la sociedad al ser un proveedor de alimentos para los costarricenses, así como una fuente de trabajo para las personas asociadas a la producción que se encuentre dentro de la cadena productiva.

En el año 2016 la producción nacional cárnica se vio afectada por el aumento de las importaciones de carne de res, este mismo, influenciado por factores como los altos costos de producción, la falta de dinamismo dentro del sector, la generación de diferentes empleos y un aumento modesto del salario (CORFOGA 2015). En el año 2017 se reportó un aumento en la cosecha de animales después de dos años cuyos números fueron bajos, gracias a este aumento de 6,9% se incrementaron las exportaciones y se disminuyeron las importaciones dándole una mayor participación a los productores nacionales en el mercado cárnico (CORFOGA 2017). A partir del 2017 se empezó a observar un aumento en la cosecha de reses en donde la diferencia más marcada se obtuvo del año 2018 al 2019 cuando se pasó de 353,021 a 387,930 cabezas respectivamente, manteniéndose un aumento del 0,6% en el 2020 (CORFOGA 2020) (Figura 1). Estos datos reflejan un aumento en la producción nacional, así como en las exportaciones, el consumo aparente y los precios internacionales (CORFOGA 2019).



**Figura 1.** Valor absoluto de cosecha y valor promedio de cosecha de reses en Costa Rica 2016-2019.

**Fuente:** CORFOGA 2020.

## 2.2 Importancia de los cruces raciales

El mejoramiento genético en las fincas dedicadas a la producción de bovinos de carne resulta en una de las principales opciones a considerar por parte de los productores para mejorar los rendimientos productivos de sus hatos. Una de las maneras más utilizadas para implementar la mejora genética es la utilización de cruces dentro de los sistemas productivos (Martínez-González *et al.* 2008, Alvarado 2016, Madrigal-Valverde *et al.* 2019, Quesada 2019).

Diversos estudios comprueban los beneficios que conlleva la utilización de cruces *Bos indicus* x *Bos taurus*, ejemplo de esto son los resultados obtenidos por Ramírez (2014) en donde muestra que animales Brahman cruzados con Charolais presentaron mejores valores en variables como el marmoleo y profundidad de músculo, además, Riera *et al.* (2004) en su estudio demuestra mejores crecimientos en animales F1 *Bos taurus* x *Bos indicus*, en comparación con animales Brahman puros.

Dentro de las principales razas *Bos indicus* se pueden mencionar las razas Brahman, Gyr, Nelore, Guzerá, entre otras (Asocebú 2021); estos animales se destacan por su adaptación a ambientes rústicos, por su resistencia al calor, a parásitos y a forrajes de baja calidad (Castro 2002, Bavera 2011), sin embargo, Ramírez (2014) menciona que estas razas también poseen características no deseables debido a su alto nerviosismo, su baja calidad en la carne y su baja fertilidad. La raza Brahman, es una de las más utilizadas por los productores para realizar programas de cruzamiento ya que según Asocebú (2021) esta raza se adapta muy bien a los climas tropicales y se puede utilizar tanto para la producción de carne como en sistemas doble propósito.

Por otro lado, las razas europeas como la Angus, Lomousin, Charolais, Hereford y Chianina, entre otros, se caracterizan por aportar cualidades de calidad de la carne como, por ejemplo, el sabor, la ternura, el aumento de marmoleo y el espesor de la grasa (Turner *et al.* 2011). Una de las razas que se ha venido implementando en los sistemas para mejorar la calidad de la carne es la raza Wagyu; esta es originaria de Japón y en sus inicios era utilizada para el trabajo agrícola, a partir de 1991 el gobierno de Japón comenzó un programa de selección en donde solo se incluía la raza “Japanese Black” o “Wagyu Negro”; más adelante se crearon 4 razas modernas de Wagyu: Japanese Black, Japanese Brown, Japanese Poll y Japanese Shorthorn (Calvo 2010). Dentro de sus principales características se encuentra su elevada capacidad para depositar grasa intramuscular o marmoleo, haciéndola la raza que presenta mayor cantidad de marmoleo en el mundo (Shibu 2011) además, la grasa del Wagyu es alta en ácidos grasos insaturados resultando en una mayor proporción de ácidos grasos monoinsaturados, considerados como los más “saludables” (Gotoh *et al.* 2018). En la Figura 2 se muestra un ejemplar F1 Wagyu x Brahman.



**Figura 2.** Novillo F1 del cruce Wagyu x Brahman, Hacienda Sur, Parrita, Costa Rica.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **2.3 Castración de machos**

La castración en bovinos se practica con muchos propósitos, dentro de los cuales se encuentra facilitar el manejo de estos durante su desarrollo, disminuir su impulso sexual, procurar que estos se encuentren sujetos a menos estrés, que adquieran mayor cantidad de grasa subcutánea y que alcancen un mayor peso de los cuartos traseros (Cardona 2011). Se menciona que los novillos al ser castrados entran en una etapa de pérdida de peso temporal, por lo que varios autores como Gauttier (2003), Bretschneider (2005) y Micol *et al* (2009), recomiendan la castración a edades tempranas, al nacimiento o lo más cerca posible a este para evitar situaciones estresantes para el animal y disminuir la pérdida de peso producto de esta práctica. Sin embargo, autores como Muller *et al.* (1991) concuerdan en que la castración tardía puede ayudar a mejorar el peso final y conseguir canales menos grasosas. Rodríguez (2012) menciona que para zonas tropicales en donde existen la influencia de humedad y temperaturas altas

aumentado así la predisposición del animal para contraer enfermedades y parásitos, la castración tardía podría acrecentar este tipo de inconvenientes.

Cuando se realiza la castración antes de la pubertad, se disminuyen los caracteres secundarios de los novillos, haciendo así que estos exhiban en menor grado el comportamiento sexual al eliminarse la producción de testosterona, esteroides y estrógenos (Rodríguez 2012).

Existen varios tipos de castración que van desde métodos físicos como la cirugía, la emasculación utilizando la pinza de Burdizzo o el uso de elastrador; hasta métodos químicos en donde comúnmente se realiza la inmunocastración o la inyección de sustancias químicas (Capucille *et al.* 2002). No existe algún tipo de regulación en cuanto al método o la edad a elegir para realizar la práctica de castración, sin embargo, aquellos métodos que le proporcionen un grado mínimo de sufrimiento durante un menor periodo tiempo al animal, son preferidas debido al bajo impacto que poseen sobre las ganancias de peso de estos (Mach *et al.* 2010).

Uno de los métodos más utilizados es la castración mediante la utilización de un elastrador; esta técnica permite castrar animales de cero hasta los seis meses de edad, donde los efectos negativos se ven disminuidos al proporcionarle al animal menos estrés y menos dolor posterior a la castración (Thüer *et al.* 2007, Mach *et al.* 2010). Al utilizar el elastrador y colocar la banda en los testículos del animal, se produce una necrosis isquémica, provocando así la atrofia testicular y por último el desprendimiento del escroto (Capucille *et al.* 2002). En la Figura 3 se puede observar el instrumento utilizado para llevar a cabo esta práctica y sus respectivas bandas elásticas.



**Figura 3.** Elastrador y anillos de goma utilizados para la castración.

**Fuente:** Cardona 2011.

#### **2.4 Alimentación de bovinos**

La alimentación de los bovinos en los trópicos se basa principalmente en pastoreo y el tipo de forraje que se utiliza en los sistemas productivos va a depender, entre otras cosas, del clima y la adaptación del pasto, a la zona en donde se cultiva (Ruíz 2013). Martínez (2019) menciona algunas especies forrajeras que se utilizan en zonas de bajura, dentro de los cuales se encuentran diversas especies del género *Brachiaria*, el *Brachipará*, el pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*), cultivares de *Panicum máximum*, Ratana (*Ischaemum indicum*) y Suazi (*Digitaria swazilandensis*), entre otros. La calidad nutricional de los pastos depende de la especie, la zona en donde se encuentren, las condiciones climáticas y el manejo que se le suministre (Villalobos y Arce 2014, Elizondo 2017), es por eso por lo que es normal encontrar valores de proteína desde 9% hasta 16% (Martínez 2019).

Se ha observado que los forrajes tropicales presentan una calidad nutricional de media a baja, por lo que en sistemas en donde solo se utiliza el pastoreo como método de alimentación, se pueden observar índices productivos

bajos (Villarreal *et al.* 2006, Ramírez 2014). Debido a la alta demanda de productos cárnicos, los productores se han visto obligados a mejorar sus sistemas productivos realizando así mejoras en sus pasturas, introduciendo variedades mejoradas, utilizando pastoreo rotacional e implementando la suplementación dentro de sus dietas (Fernández 2021).

La suplementación se define como la acción de agregar ingredientes adicionales a una dieta base consumida por el animal; existen diferentes tipos de suplementación dentro de las cuales se encuentran la suplementación mineral, la energética, la proteica y la energético-proteica (Kucsevsa y Balbuena 2012). Salamanca (2010) menciona que la concentración de minerales en la mayoría de pastos tropicales es relativamente baja, por motivos como el manejo, la fertilización, la falta de nutrientes en el suelo y las condiciones climáticas; es por esta razón que se ha hecho necesario suplementar los minerales mediante la adición de los mismos a las dietas de los bovinos, ya que los minerales cumplen funciones vitales en el organismo, por ejemplo la conformación de la estructura ósea, reproducción, sistema inmune, procesos energéticos y metabólicos, entre otros (Corea y Naredo 2020). La ausencia de minerales podría repercutir en el bajo desarrollo de los bovinos, retraso en la pubertad en novillas, pérdidas por transporte, disminución en el rendimiento de la canal y el marmoleo de los bovinos de engorde (Genther y Hansen 2012).

#### **2.4.1 Harina de coquito de palma africana**

Este subproducto se obtiene del coquito de la palma una vez que se ha extraído todo el aceite por medio de una prensa o “expeller” (Vargas y Zumbado 2003). Es utilizado en la alimentación animal debido a su 9% de grasa, lo que a su vez nos genera una alta cantidad de energía; por otro lado, la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) (2015) menciona que su composición nutricional puede variar dependiendo del lugar en donde se fabrique, ya que algunos métodos de preparación ocasionan que el contenido de fibra aumente proporcionalmente influyendo así en el valor energético, por eso



hasta donde sea posible, recomiendan la utilización de harinas con bajo contenido de fibra.

#### **2.4.2 Semolina**

Es uno de los subproductos de arroz más comúnmente utilizados por los ganaderos. Se encuentra conformada por las capas aleurónicas del grano, es decir, por el pericarpio; además contiene todos los pulimentos que se obtienen una vez que se ha despojado el grano de su cascara (Vargas 1995, FEDNA s.f).

Dentro de sus propiedades nutricionales destacan su alto contenido de energía aportando así de 12-17% de grasa, la cual a su vez está compuesta por un 4% de ácido linoleico. Por otro lado, aportan de 21-30% de almidón y aproximadamente un 1,35% de fósforo (FEDNA s.f). Se debe tener cuidado en los niveles de inclusión del extracto etéreo en las dietas de bovinos debido que, al sobrepasar el límite, se podría ocasionar un problema en la digestión de los alimentos debido a un cambio en los microorganismos del rumen (Mendoza y Ricalde 2016).

#### **2.4.3 Melaza**

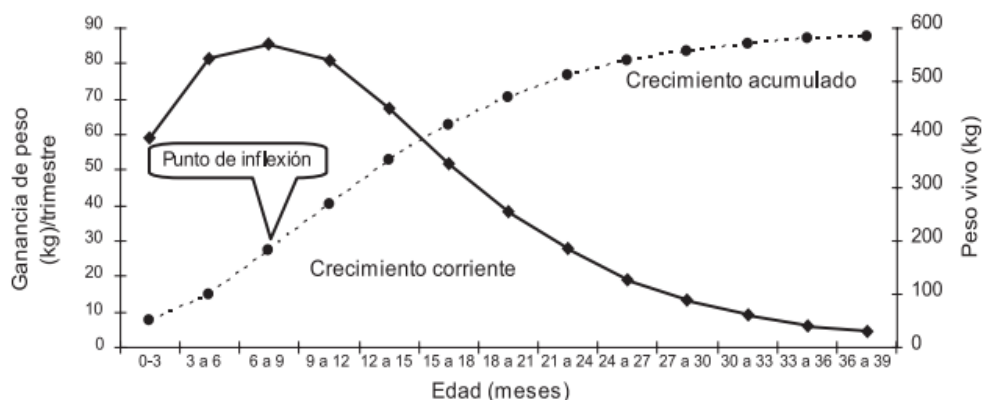
Por sus grandes propiedades como el valor energético, la facilidad de manejo de mezclas en polvo y la palatabilidad que le puede agregar a una ración de alimento, la melaza ha sido utilizada por los productores en la formulación de las dietas desde hace mucho tiempo (Lagos y Castro 2019). Por otro lado, FEDNA (s.f.) menciona que su nivel de sacarosa es elevado, siendo de un 32% y aportando así 2060 Kcal/kg; aunque Berman (2011) sugiere que la composición nutricional de la melaza depende de factores como la edad y el manejo de la planta, el grado de molienda y los métodos utilizados para la extracción del azúcar. Cabe destacar que este subproducto es obtenido una vez que se ha refinado el azúcar que se obtiene de la caña de azúcar, es un líquido de color oscuro y de estado denso y viscoso (Berman 2011).

Dentro de las recomendaciones se encuentra la adición controlada de este ingrediente ya que concentraciones altas podría conducir a problemas de cetosis en rumiantes (FEDNA s.f.)

## **2.5 Curvas de crecimiento**

La curva de crecimiento es una herramienta que se utiliza para poder observar los cambios en el peso del animal a través del tiempo (Colin 2010). Fitzhugh (1976) menciona que las curvas de crecimiento logran reflejar la relación entre la capacidad del animal para crecer y al ambiente en el cual estos animales se desarrollan. La importancia de esta herramienta radica en que con los datos que se obtienen se puede predecir el desempeño productivo en las empresas ganaderas, permite mejorar parámetros como la edad al sacrificio, realizar ajustes en la alimentación, capacidad de carga y medir si se generan cambios genéticos de una generación a otra que puedan afectar los niveles productivos (Agudelo 2008).

En la Figura 4 se puede observar la ganancia de peso con respecto a la edad del animal, por medio de una curva de evolución cóncava ascendente, siendo los primeros meses de vida en donde se obtiene una mayor ganancia de peso en comparación a la edad adulta. Conforme aumenta la edad del animal se puede observar una disminución en el crecimiento hasta llegar a un punto de inflexión, el cual coincide con el punto en donde se presenta el mayor crecimiento del animal. A partir de este punto, el crecimiento disminuye gradualmente hasta alcanzar una estabilización del peso del animal (Agudelo 2008).

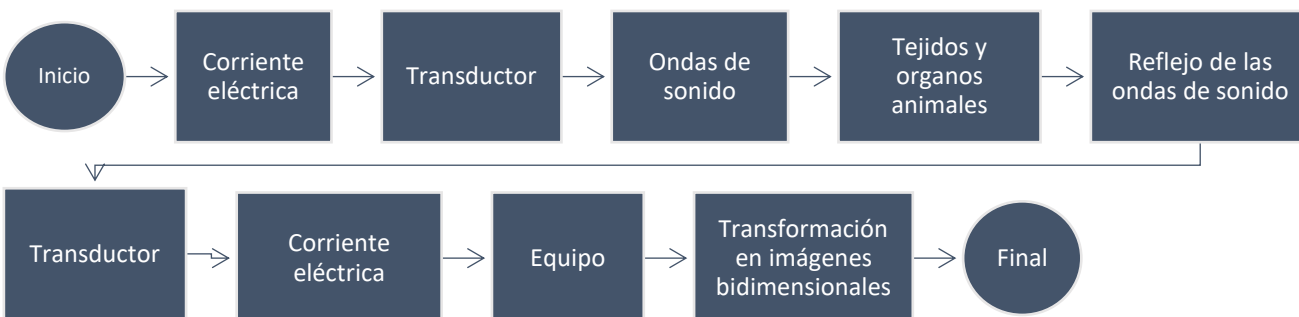


**Figura 4.** Características fundamentales de la curva de crecimiento y ganancia de peso en ganado vacuno.

**Fuente:** Agudelo 2008.

## 2.6 Mediciones Ultrasonográficas

La ultrasonografía para predecir características de la canal es una técnica que data de 1950 (Stouffer *at al.* 1959), consiste en la producción de imágenes de los tejidos del animal por medio de ondas de sonido de alta frecuencia. En el Diagrama 1 se puede observar el funcionamiento del ultrasonido.



**Diagrama 1.** Fundamentos del funcionamiento del ultrasonido.

**Fuente:** Modificado de Griffin & Ginther, 1992

Dentro de las ventajas que representa esta técnica para los productores se encuentra la predicción de características de la canal para animales de faena, información acerca de la composición de tejidos, determinación de sistemas de alimentación y manejo adecuados para los animales, selección de animales genéticamente superiores (INIA 2001, Orozco *et al.* 2010).

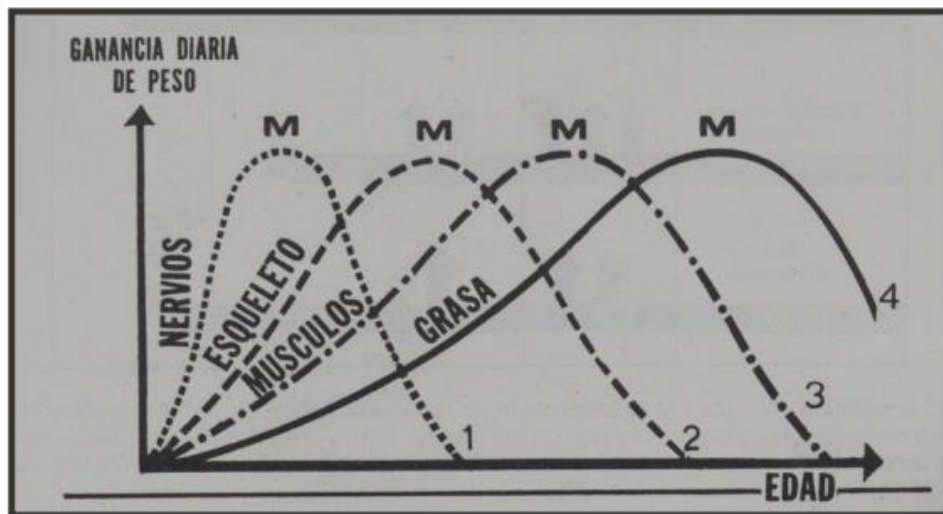
Con el uso del ultrasonido se pueden medir variables como el espesor de la grasa dorsal (EGD), la profundidad del músculo, la grasa intramuscular o el marmoleo (GI) y el espesor de la grasa de la grupa (EGG). El EGD se define como la profundidad de la grasa sobre el músculo *Longissimus dorsi*, es una variable que se mide en dos dimensiones por lo que es una medición muy eficiente, por otro lado, el EGG es una variable que se mide entre los músculos *Gluteus medius* y el *Biceps femoris*, es altamente utilizada para predecir el porcentaje de cortes minoristas en la canal; la GI se mide entre la 11va y 13ava costilla del animal, normalmente se puede observar mayor cantidad de marmoleo mediante el ultrasonido que en la canal, esto debido a que la pérdida de sangre en los capilares y el poco oxígeno de los animales sacrificados reducen el efecto de las ondas ultrasonográficas (INIA 2001).

La grasa dorsal presenta una alta correlación genética negativa con los cortes comerciales ( $r=-0,44$ ), una baja correlación genética con el marmoleo ( $r=0,20$ ) y una alta correlación ( $r=0,74$  a  $0,94$ ) con las medidas tomadas en la canal; la grasa de la grupa presenta una alta correlación genética con el EGD ( $r=0,65$ ) y una mediana correlación genética negativa con el porcentaje de cortes comerciales ( $r=-0,45$ ); el marmoleo posee una baja correlación genética ( $r=0,22$ ) con las mediciones en la canal y una baja correlación genética con el EGD ( $r=0,20$ ) (INIA 2001, Kemp *et al.* 2002, Williams 2002, Piccirillo 2008, Sansano-Maestre y Gardón 2015).

## **2.7 Composición de la canal**

La conformación de la canal se puede definir como las proporciones de músculo, hueso y de grasa presentes en esta; esto puede indicar la calidad y el

porcentaje de carne que es consumible, lo que conlleva a determinar rendimientos de las canales en plantas de cosecha (Torrescano *et al.* 2010). Las diferencias entre la composición y la conformación corporal de los animales se pueden deber a las diferentes velocidades de crecimiento de los principales componentes de la canal como el hueso, el músculo y la grasa (Figura 5) (Riaño y Sierra 2007), dentro de estos componentes el que se forma de primero es el sistema óseo, seguido de los músculos y de ultimo la grasa.



**Figura 5.** Prioridad en el desarrollo de los tejidos de un animal.

**Fuente:** Riaño y Sierra 2007.

Para que una canal se considere de calidad, es necesario una adecuada distribución de los componentes óseo, muscular y el tejido adiposo. Según menciona Perassi (2017) la canal debería presentar un alto porcentaje de tejido muscular, una buena cantidad de grasa intramuscular y una limitada cantidad de grasa de cobertura. En el Cuadro 1, se presentan los límites y variaciones permitidas para las canales bovinas de acuerdo con el Instituto Técnico de cría Bovina francés (ITEB).

**Cuadro 1.** Variabilidad de la composición tisular (%) de la carne de bovinos.

<b>Componente</b>	<b>Variabilidad</b>	<b>Media (%)</b>
Músculo	56-75	68
Grasa	5-22	11
Hueso	14-19	16
Otros	4-7	5

**Fuente:** Perassi 2017.

### **2.7.1 Músculo**

El músculo es el segundo componente en formarse en el animal, después del tejido óseo y antes del tejido graso. Está compuesto por ligamentos, tejido conjuntivo, tendones, grasa intramuscular y vasos sanguíneos (Chacón 2004, Perassi 2017). Todos estos componentes pueden interactuar provocando variaciones en el músculo, por ejemplo, Nishimura *et al.* (1999) citados por Chacón (2004) mencionan que los músculos que poseen mayor grasa intramuscular suelen tener más terneza debido a que se genera un debilitamiento del tejido conectivo muscular; además Chacón (2004) menciona que animales con mayor edad son propensos a presentar carnes más duras debido a que los enlaces de colágeno se vuelven más estables e insolubles.

Una variable que se puede evaluar para determinar el rendimiento de la carne y la grasa presente en las canales es el área del ojo del lomo (AOL) (Robaina-Piegas y Castro-Díaz 2004). Atencio-Valladares *et al.* (2008) mencionan que el AOL tiene una correlación positiva con el porcentaje de cortes de valor, Yokoo *et al.* (2009) señalan que existe una correlación de 0,61 entre el AOL y las mediciones del músculo, por lo que se podrían seleccionar genéticamente los animales para una mayor musculatura y un mejor grado de acabado.

### **2.7.2 Hueso**

El desarrollo del sistema óseo inicia antes del nacimiento, lo que es de gran importancia para el sostén de órganos y tejidos corporales del animal (Perassi

2017). Según Riaño y Sierra (2007) después del nacimiento empieza una etapa de crecimiento de los huesos, mientras que cuando el animal alcanza cierta edad, el peso de estos se vuelve casi constante. Los osteoblastos son los encargados de la formación de los huesos; cuando el animal es joven cuenta con un gran porcentaje de cartílago en su cuerpo, en comparación a un animal adulto, el cual transforma casi por completo el cartílago en hueso (Sánchez 1987).

### **2.7.3 Grasa de cobertura**

El tejido adiposo está compuesto por adipocitos, los cuales a su vez cumplen la función de almacenar la grasa y el tejido conjuntivo de sostén; se presentan cuatro principales tipos de grasa: la intermuscular, la interna, la externa y la intramuscular o también llamada marmoleo (Perassi 2017).

La grasa de cobertura se forma primero que la grasa intramuscular, Quesada (2019) menciona que, en edades tempranas de crecimiento de los animales, este tipo de grasa solo se forma cuando la cantidad de energía del animal, supera los requerimientos para la formación de músculo y hueso. Existen factores que influyen en la cantidad de grasa en las canales, dentro de ellos se mencionan la edad, la alimentación, la raza, el peso, entre otros (Perassi 2017), por otro lado, autores como Rubio *et al.* (2013) mencionan que, aunque la grasa de cobertura sea considerada como la grasa que debe ser separada de los cortes antes de su comercialización, es necesario cierto grado en las canales para evitar procesos como el acortamiento de las fibras musculares por frío o “cold shortening”, el cual resulta en la producción de carnes duras (Serrano *et al.* 2012).

## **2.8 Calidad de la canal**

La clasificación de canales es una técnica que se ha utilizado en muchos países con el propósito de crear normas, procedimientos, certificaciones, entre otros, para que el sector de la producción de carne de res opere bajo las normas que rigen los mercados nacionales e internacionales (Torrescano *et al.* 2010).

Para realizar la clasificación de las canales se utilizan varios aspectos tanto cuantitativos como cualitativos; dentro de los primeros se pueden mencionar el peso pie en el matadero, peso de la canal caliente, peso de la canal fría, peso de la grasa perirrenal, longitud de la canal, perímetro de la pierna, pH de la canal, grosor de la grasa, amplitud de costilla, área del ojo del lomo (AOL) y los rendimientos correspondientes a los cortes cárnicos; mientras que en las variables cualitativas se incluyen la conformación muscular, la grasa de cobertura, el color de la grasa, color del músculo y el panel sensorial (Murillo 2012).

La conformación muscular, la grasa y el color son mediciones subjetivas que siempre deben ser realizadas por un profesional en la clasificación de canales. La clasificación según el grado muscular se basa en la observación de los perfiles y la amplitud muscular de los cuartos, utilizando grados que van desde 1-4, siendo 1 un perfil rectilíneo, 2 un perfil subcóncavo, 3 cóncavo y 4 ultracóncavo. La grasa de cobertura se define como toda la grasa que se pueda observar en la superficie externa de la canal y se mide en porcentajes que van de 0-10 para el grado 1, de 10-30 grado 2, de 30-60 grado 3 y >60 grado 4. Por último, el color de la grasa es una apreciación visual de la grasa presente en el exterior de la canal (CORFOGA 2012, Murillo 2012)

## **2.9 Conversión de músculo a carne**

La conversión de músculo a carne es un proceso fisiológico que se comienza a dar después del sacrificio del animal, cuando las células comienzan procesos de supervivencia por la falta de nutrientes (Montoya 2014). Según Ouali *et al.* (2006) este proceso pasa por tres principales etapas: La primera es el pre-rigor, la segunda es el rigor mortis y la tercera es la maduración.

La fase de pre-rigor o también llamada “apoptosis”, es la fase en la cual se realiza una muerte celular programada, la misma es llevada a cabo por un tipo particular de proteínas llamadas caspasas. Su función principal se basa en la destrucción de la estructura muscular por medio de la degradación de las proteínas de las miofibrillas, sin embargo, otros estudios han encontrado que



existen otros complejos proteolíticos que intervienen en este proceso como la calpaína y catepsinas (Montoya 2014).

La fase de rigor mortis comienza con el cese del suministro de oxígeno al músculo, lo que a su vez inicia el proceso de glucólisis en la canal (Restrepo *et al.* 2001). Cuando sucede esta fase, el pH disminuye de manera que las enzimas glucolíticas se inactivan y se detiene la refosforilación del ATP formando un complejo Actina-miosina o mejor llamado músculo en rigor (Swatland 1999). La disminución del pH se da dentro de las primeras 24 – 48 horas después del sacrificio, el pH disminuye de 7 a valores entre 5,4 - 5,7 (Álvarez *et al.* 2014); cuando esto no sucede de manera adecuada, ocurre un fenómeno llamado carnes “Secas, Firmes y Oscuras” o DFD por sus siglas en inglés, esto resulta como consecuencia de un pH con valores >6 después de 24h postmortem, una característica representativa de estas carnes es su aspecto poco apetecible por el consumidor ya que son de un color oscuro, presentan aspecto seco o pegajoso (Pérez-Linares *et al.* 2012); la principal causa que puede producir este fenómeno es el estrés que sufre el animal antes del sacrificio, derivado del mal manejo a la hora del transporte animal, altas densidades de animales, animales de diferentes grupos juntos, viajes largos, cambios bruscos de temperatura durante el viaje, ayunos prolongados, mal manejo de los animales en los corrales previo al sacrificio, entre otras (Ferguson y Warner 2008). Por el contrario, cuando se tiene un pH ácido, por debajo de 5,2 se producen las carnes “Pálidas, Suaves y Exudativas” (PSE), esto ocurre cuando la capacidad para la retención de agua de las proteínas disminuye, provocando así la desnaturalización de la mioglobina; este aspecto pálido en la carne es poco aceptado por los consumidores (FAO 2007, Cuadro y Prieto 2012).

La fase de maduración es la tercer y última fase del proceso de conversión de músculo en carne. El rompimiento de las líneas Z, la degradación de la desmina y la debilitación de la titina, son algunas de las modificaciones que puede sufrir el músculo al convertirse en carne (Koochmaraire 1994).

## 2.10 Maduración de la carne

El proceso de maduración toma lugar después de que la canal del animal ha pasado por el fase de rigor mortis y sucede cuando los sistemas enzimáticos, específicamente las calpaínas, rompen las proteínas del músculo convirtiéndolo así en carne con propiedades organolépticas deseadas por los consumidores (Jaramillo 2016). La maduración es un proceso comúnmente realizado para mejorar aspectos relacionados a la calidad de la carne, dentro de los cuales se encuentra la ternura, así como la mejora del olor, sabor y la jugosidad de la carne (Oliván *et al.* 2013).

Existen factores tanto intrínsecos como extrínsecos que pueden influenciar en la maduración de la carne, dentro de los primero se pueden mencionar la raza, el pH, la actividad enzimática y la grasa intramuscular; mientras que dentro de los segundos se puede encontrar la temperatura, la humedad, el tiempo de maduración y el flujo de aire (García 2020). Prevalecen dos principales tipos de maduración de carnes:

**Maduración en húmedo:** Consiste en tomar el corte de carne y colocarlo directamente en una bolsa, la cual es llevada a una maquina selladora, quitando así todo el aire contenido en la bolsa y evitando que agentes contaminantes ingresen a la misma (Vilela *et al.* 2019). Dos de las condiciones más importantes a tomar en cuenta a la hora de utilizar este método son el tiempo de madurado y la temperatura utilizada; para el tiempo Shi *et al.* (2020) estudió la maduración de la carne a los 7 y 14 días en un cuarto frío, obteniendo buenos resultados en cuanto a fuerza de corte, por su lado, Ferreira *et al.* (2018) encontró que mientras se aumenta el tiempo de maduración, se puede disminuir el rendimiento de las muestras.

**Maduración en seco:** Este tipo de maduración consta de colgar las canales de res en un cuarto con condiciones de temperatura, humedad y flujo de aire controladas, durante un periodo de tiempo determinado (Ahnström *et al.* 2006). En la literatura se pueden encontrar diferentes rangos de condiciones ambientales y días óptimos para madurar la carne, sin embargo, la Federación Estadounidense

de exportación de carne o la USMEF por sus siglas en inglés (2014) sugiere que un tiempo adecuado para que la carne adquiriera características de palatabilidad aceptables varía de 14-70 días, mientras que Dashdorj *et al.* (2016) menciona que un tiempo de 45 a 50 días fue necesario para obtener un mejor sabor de las costillas provenientes de un cruce Angus x Wagyu de 36 meses de edad. Por otro lado, autores como Campbell *et al.* (2001), Perry (2012) y Lee *et al.* (2019) concuerdan en que una temperatura óptima para el almacenamiento de la carne ronda entre los 0°C y 4°C, ya que por encima de este rango el crecimiento bacteriano puede ser excesivo provocando malos olores y descomposición de la carne; Perry (2012) menciona que entre menor sea el periodo de almacenamiento, mayor podría ser la temperatura a utilizar, sin exceder los límites antes descritos. En cuanto a la humedad relativa, García (2020) menciona que una humedad óptima ronda de 61% a 85%, valores menores pueden causar una pérdida de peso por evaporación, resultando en carnes muy secas. Por último, la USMEF (2014) recomienda un flujo de aire de 0,5 a 2 m/s y una velocidad de 0,2 a 1,6 m/s como condiciones óptimas para el proceso de maduración en seco de la carne.

En el Cuadro 2 se pueden observar las principales diferencias que poseen los dos tipos de maduración sobre las características de la carne, así como sobre la producción en sí.

**Cuadro 2.** Comparación entre la maduración en seco y en húmedo de la carne de res.

<b>Característica</b>	<b>Comparación</b>
Sensibilidad	La maduración húmeda presenta fuerzas de cortes mayores a la maduración seca
Sabor	La maduración en seco tiene un sabor más intenso y característico que la maduración en húmedo
Rendimiento	Menor pérdida por recortes y menor tiempo de procesamiento en la maduración en húmedo
Valor	El proceso de maduración en seco es más costoso y requiere de más espacio que la maduración en húmedo
Impacto	La maduración en húmedo es más utilizada comercialmente mientras que la maduración en seco es para un nicho de mercado de calidad más específico

**Fuente:** Adaptado de García 2020.

## 2.11 Calidad de carne

### 2.11.1 Color

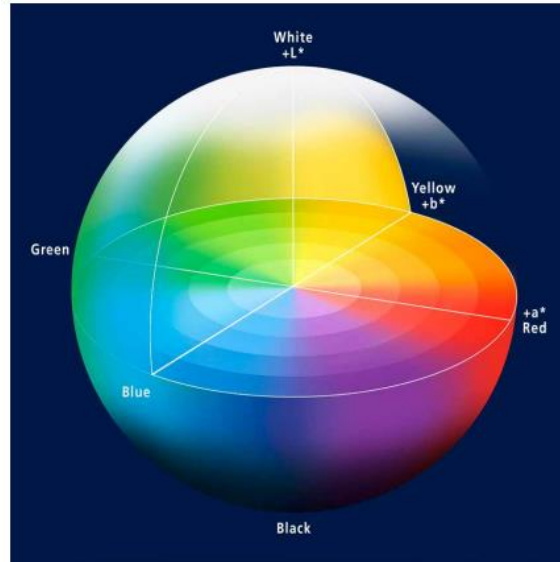
El color es uno de los factores más importante para los consumidores a la hora de seleccionar la carne bovina, esto porque según Killinger (2004), los consumidores generalmente asocian el color con la frescura de la carne. Estudios realizados por Schnettler *et al.* (2010) indican que las carnes de color claro presentan mayor preferencia por las personas que aquellas que presentan colores oscuros.

El principal pigmento encargado de proporcionar el color a la carne es la mioglobina, esta es una proteína de bajo peso molecular y su función principal es facilitar el aporte de oxígeno a las fibras del músculo (El-Dean *et al.* 2017). Dentro de esta molécula se puede observar un átomo de hierro; las diferencias de color presentes en la carne se deben a la valencia de ese átomo además de las moléculas asociadas a los enlaces libres (Mancini y Hunt 2005). Horcada y

Polvillo (2010), Boles y Pegg (2010), mencionan que existen tres estados químicos de la mioglobina: Cuando la presión del oxígeno adentro de la carne es baja, se presenta el estado reducido o deoximioglobina ( $Fe^{++}$ ), aportándole a la carne un color rojo purpura; el segundo estado se presenta cuando una molécula de oxígeno se añade y se produce el color rojo brillante de la oximioglobina ( $MbO_2$ ), por último se tiene la metamioglobina (MMb) que se genera cuando se da la oxidación del átomo de hierro ( $Fe^{+++}$ ), produciéndose un color pardo en la carne indeseado por el consumidor.

Para la medición del color se pueden utilizar tanto métodos subjetivos como objetivos, dentro de los primeros se puede mencionar los métodos visuales utilizando estándares de color, los más conocidos son los desarrollados por la American Meat Science Association (AMSA), sin embargo, la subjetividad de estas mediciones depende de cada persona, por lo que en casos en donde se requiera mayor precisión, se utilizan métodos objetivos como los colorímetros o los espectrofotómetros (Braña *et al.* 2011).

La medición por medio de espectrofotómetros funciona cuando este proyecta un haz de luz monocromática sobre la muestra, midiéndose así la cantidad de luz que es absorbida en diferentes longitudes de onda; la base es un esquema de vectores tridimensionales, que están basados en la teoría de colores opuestos. Los principales componentes se denominan como L, a y b, en donde L se refiere a luminosidad y está ubicado verticalmente, puede tomar valores en un rango de 100 a 0, siendo cero el más cercano al color negro u opaco; a y b se refiere a una escala de colores, están ubicados horizontalmente y se mueven entre valores positivos y negativos, por lo que a+ significaría colores rojos avanzando a los colores verdes (a-), mientras que b+ se refiere a colores amarillos y b- colores azules (Braña *et al.* 2011) (Figura 6) .



**Figura 6.** Escala de color en arreglo de vectores L, a y b.

**Fuente:** Tobijaszewska *et al.* 2018.

### 2.11.2 Terneza

La terneza es de los principales componentes a considerar cuando se habla de calidad de la carne. Muchos investigadores coinciden en que este es el más importante debido a que los consumidores pueden llegar a percibir diferentes niveles de terneza, además, esta medida sensorial presenta el doble de variabilidad que el aroma, el sabor y la jugosidad, y, por último, en los mercados, tanto los cortes importantes como los minoristas son comercializados de acuerdo con la terneza esperada (Teira 2004). La terneza se define como la facilidad o la dificultad con la que el consumidor puede cortar o masticar la carne (Blanco 2004, Vásquez *et al.* 2007).

Existen dos métodos para medir la terneza, el cualitativo y el cuantitativo. El primero se basa en la determinación de esta característica por medio de un panel de degustadores; este método al ser subjetivo, resulta en complicaciones debido a las diferencias existentes entre los gustos, preferencias, edades, etnias, costumbres y métodos de cocción, por mencionar algunos, entre los integrantes del panel sensorial. El segundo y el comúnmente más usado, es el método cuantitativo, el cual se caracteriza por la utilización de la técnica de Warner

Bratzler, la misma indica la resistencia de la carne a ser cortada por medio de una cuchilla, esto se expresa en kilogramos de fuerza (kg) (Blanco 2004). La clasificación de las carnes de acuerdo con la fuerza de corte Warner Bratzler (FCWB) se puede observar en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Clasificación de las carnes de acuerdo con la resistencia al corte.

<b>Clasificación</b>	<b>FCWB (kg)</b>
Tierna	<2,27
Medianamente tierna	>2,27 y <3,63
Dura	>3,63 y <5,44
Extremadamente dura	>5,44

**Fuente:** Adaptado de Vásquez *et al*, 2007.

Según Desdémona (2017), la terneza se puede ver afectada por factores antemortem o postmortem, dentro de los primeros se puede mencionar el componente genético de los animales; diferentes estudios mencionan que la variación en la terneza se puede deber a la genética hasta en un 30% (Koch *et al.* 1982). Por otro lado, la edad y el sexo del animal son factores influyentes también en la suavidad de la carne, a medida que la edad avanza, se obtienen mayor cantidad de enlaces cruzados intermusculares entre las fibras de colágeno (Teira 2004, Mauri 2017, Pérez 2017) y en cuanto al sexo, Blanco (2004) menciona que las hembras poseen una menor cantidad de fibras de colágeno tipo I y III que los machos. Por último, la nutrición juega un papel muy importante, las dietas que poseen mayor cantidad de energía (basadas en granos), provocan en el animal una mayor ganancia de peso, mayor estado de engrasamiento y una menor edad de sacrificio, lo que conlleva a mayor terneza en las carnes (Blanco 2004).

Dentro de las variables postmortem que pueden afectar la suavidad de las carnes, se puede mencionar la estimulación eléctrica, la cual ayuda a prevenir el

“acortamiento por frío” acelerando la glicolisis y mejorando así la terneza (Franco *et al.* 2009). En cuanto al enfriamiento de las canales, aunque el rápido enfriamiento presente ventajas como por ejemplo la disminución de pérdidas por goteo, se debe realizar adecuadamente esta práctica debido a la relación que esta posee con la disminución de la terneza, Barrera *et al.* (2008) mencionan que la temperatura de la canal no debería estar por debajo de 10 °C antes de las 10 horas postmortem o antes de que el pH esté por debajo de 6.

### **2.11.3 Marmoleo**

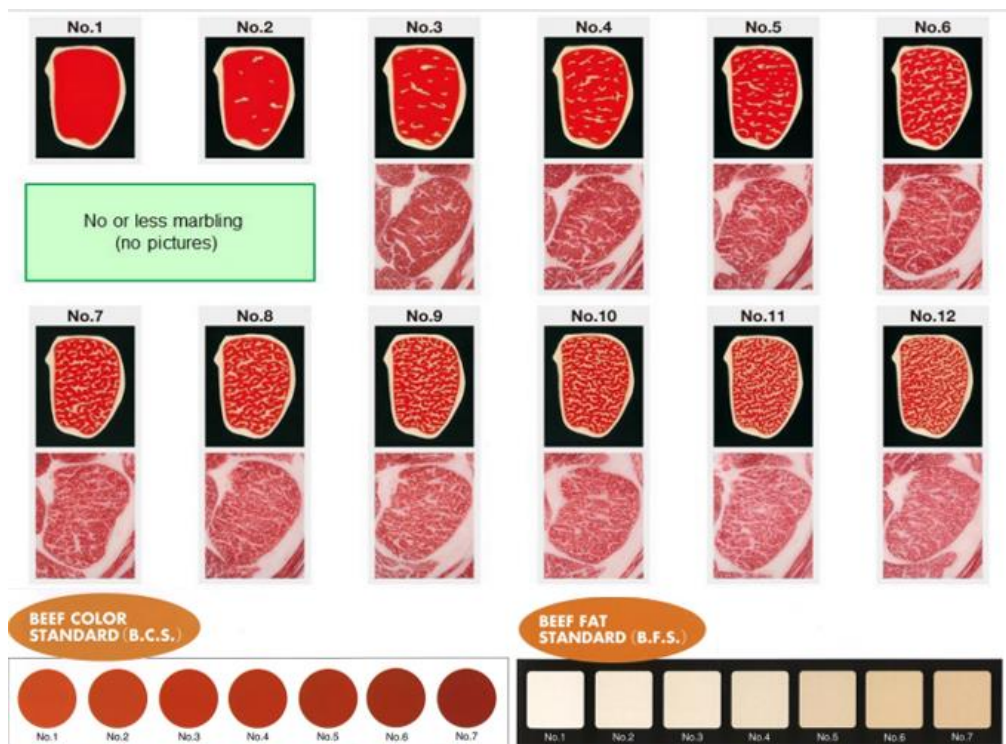
Dentro de las principales características de calidad de carne se puede mencionar el marmoleo, esto porque según Meléndez (2018) esta variable puede ayudar a incrementar el sabor de la carne e influye en la suavidad de esta. Galuh *et al.* (2018) menciona que el grado de marmoleo en una canal puede depender tanto de factores externos como internos, dentro de los primeros se puede mencionar la alimentación y el manejo del animal y dentro de los segundos se encuentra la genética.

El marmoleo se define como la cantidad de grasa intramuscular que se encuentra presente en el cuerpo de un bovino (Cerino 2010). Este tipo de grasa es depositada más lentamente durante la vida del animal, en comparación con la grasa externa. La deposición de grasa intramuscular se ve influenciada por la producción de un ácido graso volátil en particular, el propionato, el cual es producido por las bacterias del rumen; este es utilizado por el hígado para la producción de glucosa, la cual, a su vez, es una precursora del desarrollo del marmoleo (Galuh *et al.* 2018).

Existen diferentes métodos para la evaluación del marmoleo en las canales, dentro de ellos se encuentra la clasificación según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y, por otro lado, más específicamente para la raza wagyu, la clasificación según la Asociación Japonesa de Clasificación de Carnes o JMGA por sus siglas en inglés. Esta última asociación clasifica sus canales por medio del rendimiento de la canal y la calidad de la carne; para calcular el



rendimiento utilizan ecuaciones matemáticas que involucran cuatro mediciones entre la sexta y la séptima costilla, obteniendo así tres principales grados de rendimiento A (>72%), B (69%-71%) y C (<69%), en el caso de la clasificación por calidad de carne, se utilizan varios aspectos para calcularla, entre ellos se encuentran el marmoleo, el color, el brillo, la firmeza y textura de la carne, así como, el color, brillo y calidad de la grasa; existen 5 grados de calidad (1, 2, 3, 4, 5) y cada uno abarca diferentes N° de marmoleo (Figura 7) (Cuadro 4), el grado 1 abarca el N°1, el grado 2 abarca el N°2, el grado 3 abarca los N°3 y 4, el grado 4 abarca los N°5,6 y 7, y por último, el grado 5 abarca los N°8,9,10,11 y 12 (Japan Meat Grading Association 2014).



**Figura 7.** Clasificación oficial del marmoleo de la carne de res, incluido el color de la carne y de la grasa.

**Fuente:** Japan Meat Grading Association (JMGA) 2014.

**Cuadro 4.** Relación entre el N° de grado de marmoleo y el grado de calidad de carne.

BMS no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Grade	1	2	----- 3 -----	----- 4 -----	----- 5 -----	----- 6 -----	----- 7 -----	----- 8 -----	----- 9 -----	----- 10 -----	----- 11 -----	----- 12 -----

**Fuente:** Gotoh *et al.* 2018

En cuanto a la clasificación según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), se tienen cuatro principales grados; Prime, Choice, Select y Standard, los cuales se dividen a su vez Abundant, Moderate, Small o Slight, tomando en cuenta parámetros como madurez, firmeza, textura, color de la grasa y distribución del marmoleo (Hale *et al.* 2013)

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación**

El estudio se realizó en cuatro etapas. La primera se llevó a cabo en finca Hacienda Sur, la cual se encuentra ubicada en Parrita, Puntarenas, Costa Rica. Su posición geográfica se encuentra entre las latitudes 09°33'02" norte y 84°20'54" oeste, esta zona presenta una temperatura promedio de 26,5 °C, con una humedad relativa de 80% y presenta una precipitación aproximada de 3014 mm. Además, se encuentra a una altitud de 11 metros sobre el nivel del mar (msnm)

La segunda etapa del experimento se realizó en la planta de cosecha El Valle, ubicada en San Rafael de Alajuela.

La tercera etapa se llevó a cabo en la sala de deshuese, la cual se encuentra ubicada en las instalaciones de Hacienda Sur en Turrúcares, Alajuela.

La cuarta etapa, se realizó en el Laboratorio Nacional de la Carne perteneciente al Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo (CIDASTH), ubicado en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus local San Carlos.

#### **3.2 Periodo de estudio**

La fase de campo del estudio dio inicio en el mes de febrero del 2021 y se extendió hasta el mes de diciembre del 2021. La etapa de cosecha se dividió en dos sesiones, el primer grupo de animales fue sacrificado en julio y el segundo grupo fue sacrificado en noviembre; después de la cosecha se procedió a la valoración de las características de la canal, deshuese de cada media canal y el pesaje individual de cortes comerciales, sebo y hueso, todo esto se realizó el día posterior a la cosecha de cada grupo de animales respectivamente. Además de las evaluaciones antes mencionadas, se extrajo una muestra del músculo *Longissimus dorsi lumborum* para someterlo a un proceso de maduración en seco por un período de 45 días. La cuarta y última etapa de igual manera se llevó a

cabo en dos partes, las primeras muestras fueron evaluadas en noviembre y las segundas muestras fueron evaluadas en diciembre.

### **3.3 Material experimental y Universo de estudio**

Los animales utilizados fueron la F1 que provienen del cruce de la raza Wagyu con la raza Brahman. Estos animales nacieron y fueron criados hasta la edad de nueve meses en la finca Palmira ubicada en Cañas, Guanacaste, la cual a su vez pertenece a Hacienda Sur; después de alcanzar esta edad se trasladaron a la finca de Parrita, Puntarenas para su posterior desarrollo y engorde. Se procuró que los animales del proyecto presentasen una edad aproximada de treinta meses. Se seleccionaron machos y hembras aleatoriamente; en el caso de los primeros, es importante mencionar que estos se encontraron previamente castrados por medio de un elastrador al nacimiento.

Los apartos destinados para el pastoreo de los novillos tenían una extensión de aproximadamente 5000 m<sup>2</sup> cada uno. El forraje de piso presente en la finca se encontró conformado por Brizantha (*Brachiaria brizantha*), Toledo (*Brachiaria brizantha cv Toledo*) y Brachipará (*B. arrecta x B. mutica*). El alimento fue suministrado según las dietas descritas en el apartado [3.5](#) por medio de un comedero móvil ubicado en cada apto en ocupación. Adicionalmente a la dieta, se les suministró a los animales suplemento mineral de la marca Somex® para ganado de engorde a razón de 100 g por animal por día. Los animales contaron con agua fresca y potable durante toda la investigación.

El manejo sanitario fue el mismo para todos los animales del proyecto, en el [Anexo A1](#) se puede observar la fecha de aplicación, el tipo de vacuna y la dosis aplicada.

### **3.4 Área y unidades experimentales**

Al iniciar el proyecto el área experimental correspondió a doce novillos y doce novillas F1 provenientes del cruce Wagyu x Brahman, para un total de 24

individuos, sin embargo, a medida que avanzó el experimento se tomó la decisión de eliminar a una hembra debido a que su composición corporal y sus ganancias de peso fueron significativamente inferiores a las novillas contemporáneas. Los animales del estudio fueron identificados por medio de un arete ubicado en el área de la oreja derecha, el cual contaba con toda la información representativa de ese individuo, además del arete se contó con un chip electrónico para facilitar la identificación del animal. Cada individuo correspondió a una unidad experimental, por lo que se obtuvieron 23 unidades experimentales en total. Así mismo, cada unidad experimental correspondió a una repetición, por lo que se contó con 23 repeticiones en total para la presente investigación.

### **3.5 Descripción de tratamientos (interacciones)**

Para esta investigación se utilizaron cuatro interacciones según la dieta y el sexo: Machos Wagyu x Brahman con dieta control, hembras Wagyu x Brahman con dieta control, machos Wagyu x Brahman con dieta modificada, hembras Wagyu x Brahman con dieta modificada.

A cada interacción se le asignó seis individuos de manera aleatoria, a excepción de la interacción hembras con dieta control, a la cual le correspondieron 5 individuos. Se procuró la mayor homogeneidad posible entre ellos en lo que respecta a la composición racial y a la edad cronológica.

La descripción de las dietas utilizadas durante la investigación, se muestran en el Cuadro 5.

**Cuadro 5.** Composición de las dietas a utilizar durante la alimentación de animales cruzados Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

<b>Dieta</b>	<b>Descripción</b>	<b>Energía metabolizable (kcal) aportada</b>	<b>Proteína Cruda (g) aportada</b>
Control	1 kg Semolina + 1 kg de Harina de coquito + 1 kg de melaza + 100 g de minerales Somex	7026	270
Modificada	1,5 kg Semolina + 0,5 kg de Harina de coquito + 1 kg de melaza + 100 g de minerales Somex	7406	320

La composición química de las materias primas que se utilizaron durante el periodo de investigación se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Composición química de las materias primas a utilizar durante la alimentación de animales cruzados Wagyu x Brahman pertenecientes a Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

<b>Componente</b>	<b>Harina de Coquito</b>	<b>Semolina</b>	<b>Melaza</b>	<b>Minerales Somex</b>
Materia Seca (%)	93.80	90,5	76,70	5
Proteína Cruda (%)	14.1	12.4	4,00	-
Fibra Cruda (%)	13.0	7.5	-	-
Extracto Etéreo (%)	21.0	15.8	0,1	-
TDN (%)	74.0	80.0	-	-
ED (Kcal kg <sup>-1</sup> )	3265	3517	-	-
EM (Kcal kg <sup>-1</sup> )	2876	3102	2060	-

**Fuente:** Mata 2011.

Cada ingrediente se adicionó y se mezcló a la dieta final por medio de un Antares Vertical Mixer serie H. A cada animal se le suministro 3,0 kg de alimento por día y este fue colocado en un comedero móvil que fue ubicado en el aparto que se encontraba en uso, el comedero móvil tuvo las dimensiones adecuadas para procurar el espacio requerido por animal para su correcta alimentación. Los animales tuvieron acceso a agua pura y potable y estos tuvieron un día de ocupación en cada repasto.

### **3.6 Variables de respuesta**

#### **3.6.1 Primera etapa**

##### **3.6.1.1 Ganancia diaria de peso (GDP)**

El peso vivo de los animales fue evaluado cada 45 días por medio de la utilización de una romana Tru-Test™ (XR5000) (Figura 8) ubicada en la finca Hacienda Sur. Así mismo, todas las pesas fueron realizadas en la mañana, aproximadamente 7 am, para evitar posibles fuentes de error en las mediciones. Una vez obtenidos los registros se aplicó la ecuación que se presenta a continuación:

$$GDP (kg) = \frac{\textit{Peso final} - \textit{Peso inicial}}{\textit{Días en finca}}$$



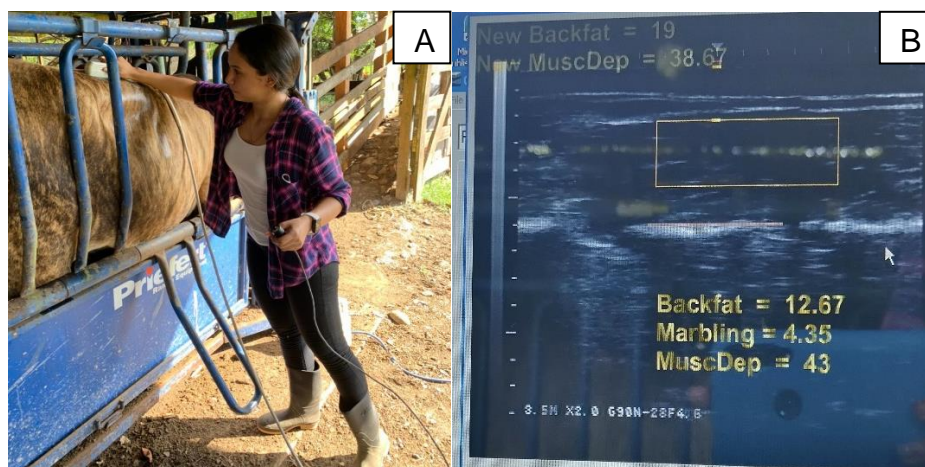
**Figura 8.** Romana Tru-Test™ (XR5000) utilizada para la medición de la Ganancia Diría de Peso de animales cruzados Wagyu x Brahman, Hacienda Sur, Parrita, 2021.

### 3.6.1.2 Mediciones ultrasonográficas

Para estas mediciones se utilizó un equipo de ultrasonografía marca ALOKA (modelo SSD 500), los resultados fueron interpretados mediante un software especializado de la Universidad de Kansas State. Para llevar a cabo estas mediciones, el animal fue inmovilizado por medio de la utilización de una prensa, para así lograr un manejo seguro de los mismos; seguidamente se colocó aceite vegetal sobre el lomo (*Longissimus dors*), específicamente en la zona ubicada entre la doceava y treceava costilla para posteriormente colocar la sonda en posición dorsal en la piel del animal (Figura 9A) y poder obtener imágenes procurando que estas fueran lo más nítidas posibles (Figura 9B). Las variables evaluadas mediante este método fueron la profundidad del músculo (PM) (mm), el espesor de grasa dorsal (EGD) (mm) y el marmoleo. Para esta última variable, se utilizó como referencia una escala numérica mostrada en el Cuadro 7.

La medición de estas variables se realizó desde el inicio del proyecto hasta Julio, cuando se midieron por última vez los animales. Esto debido a que se presentaron problemas con el equipo de ultrasonido y no se pudieron evaluar los animales hasta el final del proyecto.





**Figura 9.** Mediciones ultrasonográficas de animales cruzados Wagyu x Brahman, Hacienda Sur, Parrita, 2021. A) Posicionamiento de la sonda en el dorso del animal. B) Variables observadas en el ultrasonido.

**Cuadro 7.** Escala numérica para la determinación del grado de marmoleo mediante el software especializado de Kansas State University.

Marmoleo	Clasificación	Grado de calidad de la carne
10,0 - 10,9	Abundante (A)	Prime (PR+)
9,0 - 9,9	Moderadamente abundante (MA)	Prime (PR0)
8,0 – 8,9	Ligeramente abundante (SA)	Prime (PR-)
7,0 – 7,9	Moderado (MD)	Choice (CH+)
6,0 – 6,9	Modesto (MT)	Choice (CH0)
5,0 - 5,9	Poco (SM)	Choice (CH-)
4,0 – 4,9	Ligero (SL)	Select (SE -&+)
3,0 – 3,9	Trazas (TR)	Standard (ST+)
2,0 – 2,9	Prácticamente desprovisto (PD)	Standard (ST-&+)
1,0 – 1,9	Desprovisto (D)	Utility (U)

**Fuente:** Adaptado de Kansas State University (software)

### **3.7.2 Segunda etapa**

#### **3.7.2.1 Merma por transporte**

Para la determinación de esta variable se aplicó la siguiente ecuación:

$$Merma (\%) = \frac{PPP}{PPF} \times 100$$

El peso pie finca (PPF) se registró minutos antes de que los animales se dirigieran a la planta de cosecha.

#### **3.7.2.2 Peso pie en planta (PPP)**

El peso en planta se midió por medio de una balanza electrónica la cual se encuentra ubicada dentro de la planta de cosecha El Valle. Esta medición se realizó antes del sacrificio de los animales.

#### **3.7.2.3 Peso de la canal caliente (PCC)**

Después del aturcido y sacrificio, se procedió a desangrar y despojar al animal de sus extremidades, cabeza, cuero y vísceras. Posterior a esto, se realizó la pesa de la canal y se registró el peso por medio de una balanza electrónica.

#### **3.7.2.4 Rendimiento pie-canal**

Para la determinación del rendimiento de la canal se aplicó la siguiente ecuación a los datos registrados:

$$Rendimiento canal (\%) = \frac{PCC}{PPP} \times 100$$

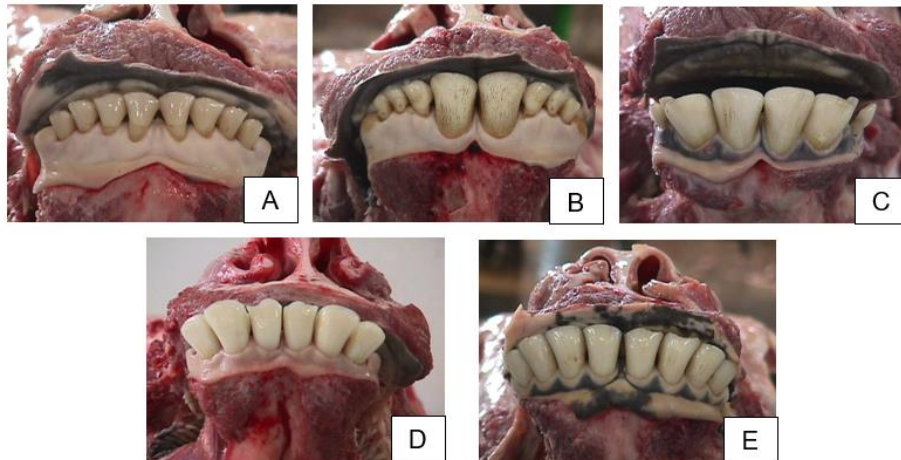
### 3.7.2.5 Dentición

Para la determinación de la edad cronológica del animal de acuerdo con la dentición, se utilizó la metodología propuesta en el Proyecto de Clasificación de Canales Bovinas (CORFOGA 2002). Esto se realizó posterior al sacrificio y se observó la cantidad de dientes incisivos presentes en la mandíbula de cada animal para obtener la edad de este de acuerdo con el Cuadro 8 y Figura 10.

**Cuadro 8.** Guía para la determinación de la edad promedio en bovinos de acuerdo con la cantidad de dientes incisivos presentes en la mandíbula, 2021.

Identificación	Cantidad de dientes permanentes	Edad (meses)
A	0	>22
B	2	22-27
C	4	27-36
D	6	36-48
E	8	<48

Fuente: CORFOGA 2002.



**Figura 10.** Guía fotográfica para la determinación de la edad en bovinos. A (Cero dientes permanentes), B (Dos dientes permanentes), C (Cuatro dientes permanentes), D (Seis dientes permanentes) y E (Ocho dientes permanentes).

Fuente: CORFOGA 2002.

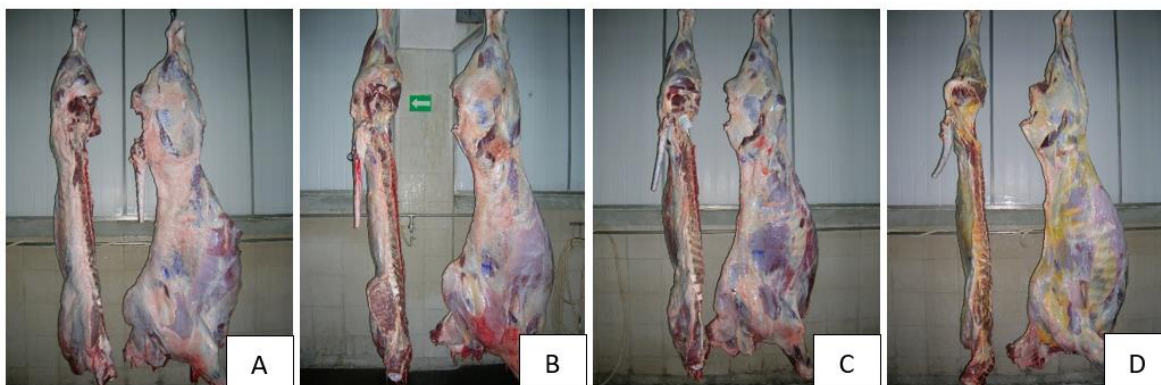
### 3.7.2.6 Conformación muscular

Para la conformación muscular se utilizó la metodología propuesta por CORFOGA (2002). La medición fue de manera subjetiva y se realizó por una persona capacitada en el área de clasificación de canales bovinas. Los lineamientos que se siguieron se muestran en el Cuadro 9 y en la Figura 11.

**Cuadro 9.** Guía para la determinación de la conformación muscular en canales bovinas, 2021.

Identificación	Tipo de músculo	Caracterización
A	Grado 1	Perfil convexo-rectilíneo con amplitud en ambos cuartos. La región del lomo es prominente
B	Grado 2	Perfil rectilíneo con amplitud en ambos cuartos. La región del lomo y el costillar parecen “llenos”
C	Grado 3	Perfil cóncavo, escasa amplitud, costillar marcado. Canales descarnadas
D	Grado 4	Perfil cóncavo-ultracóncavo, canales descarnadas y angulosas. Típico de vacas lecheras

**Fuente:** CORFOGA 2002.



**Figura 11.** Guía fotográfica para la determinación de la conformación muscular. A (Grado uno), B (Grado dos), C (Grado tres) y D (Grado cuatro).

**Fuente:** CORFOGA 2002.

### 3.7.2.7 Grasa de cobertura y color de la grasa de cobertura

Para la determinación de la grasa de cobertura y el color de la grasa de cobertura se utilizó la metodología propuesta por CORFOGA (2002). La medición de estas variables fue de manera subjetiva y se realizó por una persona capacitada en el área de clasificación de canales bovinas, los lineamientos que se siguieron se muestran en el Cuadro 10, Figura 12 y Cuadro 11, Figura 13 respectivamente.

**Cuadro 10.** Guía para la determinación del grado de cobertura de la grasa en canales bovinas, 2021.

Identificación	Tipo de cobertura	Caracterización
A	Grasa 1	Sin presencia de grasa, o presencia de una ligera capa muy delgada
B	Grasa 2	Parcialmente distribuida en la canal, el grosor no excede en 1 cm
C	Grasa 3	Ampliamente distribuida en toda la canal, el grosor excede en más de 1 cm

**Fuente:** CORFOGA 2002.



**Figura 12.** Guía fotográfica para la determinación del grado de cobertura de grasa. A (Grasa uno), B (Grasa dos) y C (Grasa tres).

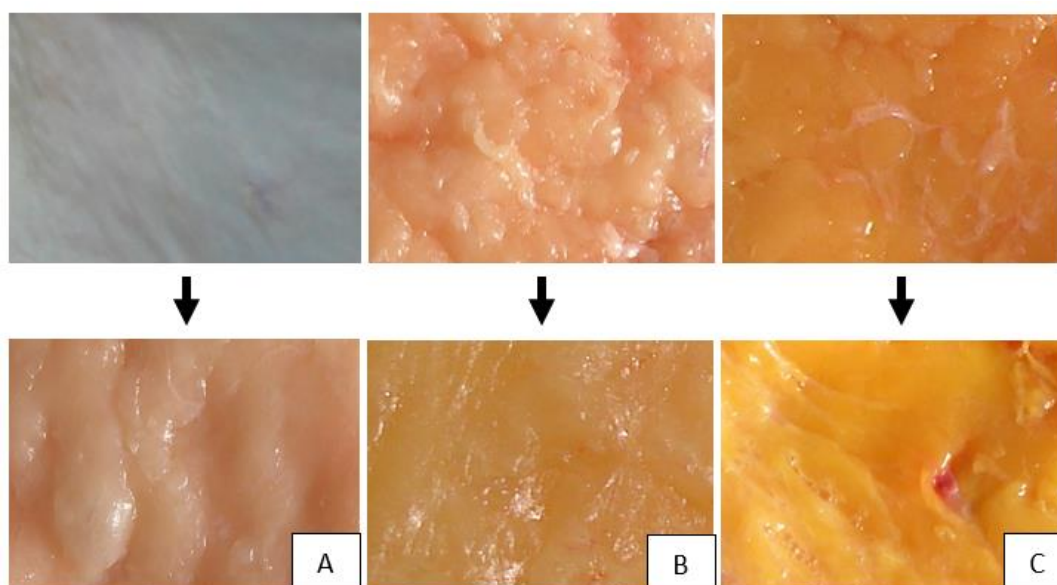
**Fuente:** CORFOGA 2002.



**Cuadro 11.** Guía para la determinación del color de la grasa de cobertura en canales bovinas, 2021.

Identificación	Color de la grasa	Caracterización
A	Color 1	Grasa de color blanca-rosada
B	Color 2	Grasa de color crema-amarilla
C	Color 3	Grasa de color amarillo intenso

Fuente: CORFOGA 2002.



**Figura 13.** Guía fotográfica para la determinación del color de la grasa de cobertura. A (Color uno), B (Color dos) y C (Color tres).

Fuente: CORFOGA 2002.

### 3.7.3 Tercer etapa

#### 3.7.3.1 pH y Temperatura muscular

El pH y la temperatura (°C) interna del músculo *Longissimus dorsi* se midió transcurridas las 24 horas *post mortem*. Para esto se utilizó un instrumento de la marca Hanna Instruments modelo HI 99163, el cual posee una punta con cobertor

de acero inoxidable y se insertó de manera perpendicular en el músculo (Figura 14).

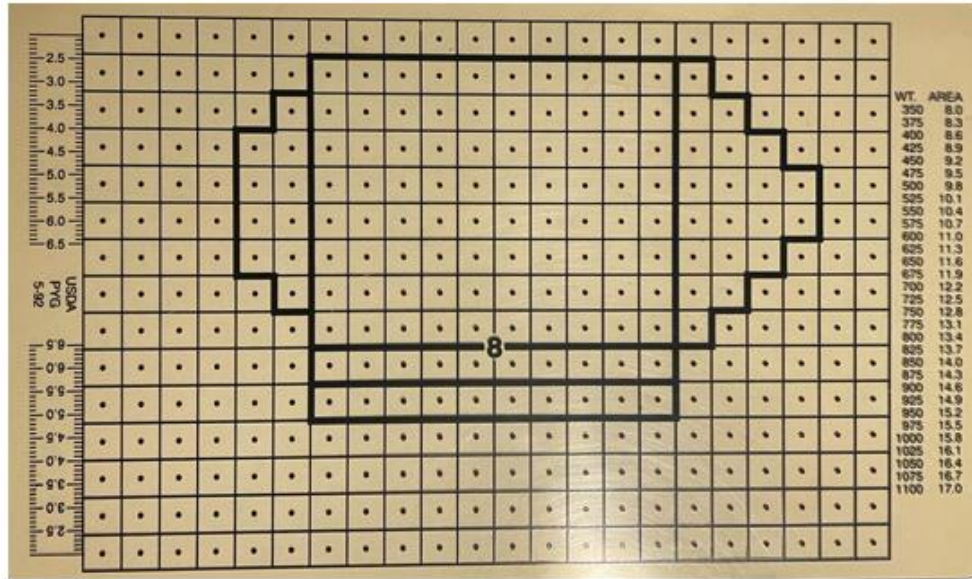


**Figura 14.** Medición del pH y temperatura en el músculo *Longissimus dorsi* con el pH-metro marca Hanna Instruments modelo HI 99163.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.7.3.2 Área del ojo del lomo (AOL)

Para la medición del área AOL se siguió la metodología propuesta por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Para esto se realizó un corte transversal entre la doceava y treceava costilla con el propósito de exponer el músculo *Longissimus dorsi*. Seguidamente se colocó la plantilla cuadrículada (USDA) (Figura 15) procurando que esta incluyera la mayor cantidad de superficie expuesta del músculo, se contó los cuadros que se encontraban dentro del músculo y el resultado se multiplicó por 6,45 para obtener el área completa en cm<sup>2</sup>.



**Figura 15.** Plantilla cuadriculada utilizada para la medición del AOL en el músculo *Longissimus dorsi*.

**Fuente:** Elaboración propia

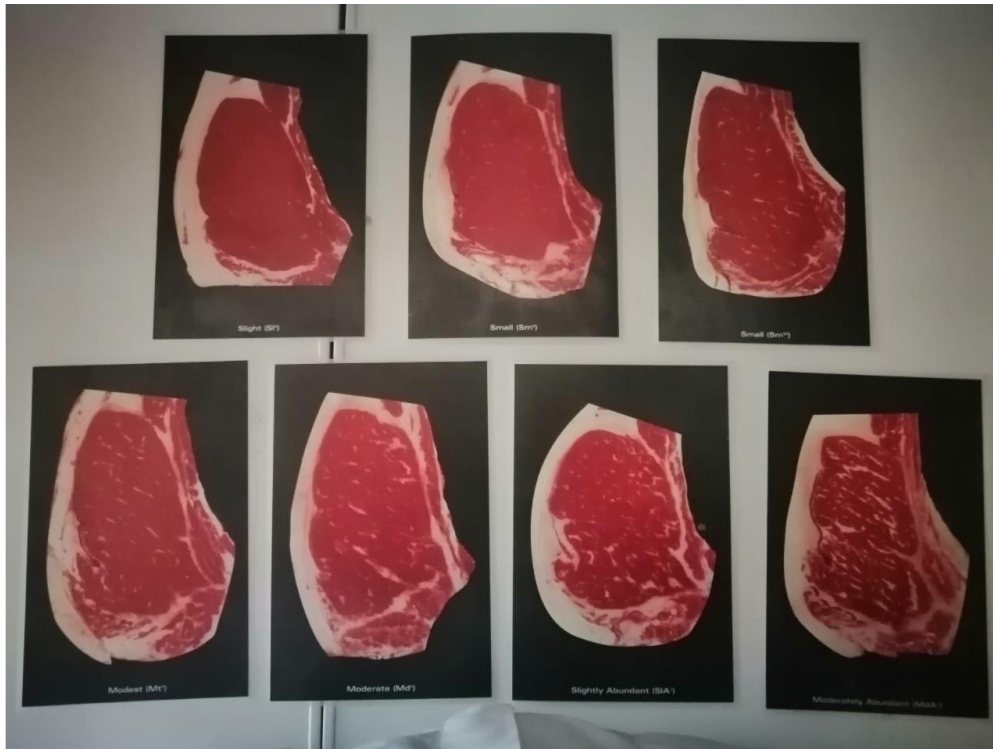
### 3.7.3.3 Espesor de la grasa dorsal

Para la evaluación del espesor de la grasa dorsal se utilizó una regla graduada (USDA), la cual se colocó a las tres cuartas partes hacia ventral y de manera perpendicular sobre el músculo *Longissimus dorsi*.

### 3.7.3.4 Marmoleo

El marmoleo fue determinado según la guía propuesta por USDA. Esto se midió en el músculo *Longissimus dorsi* con ayuda de personal capacitado en el área de clasificación de canales bovinas. La guía utilizada se puede observar en el Figura 16.





**Figura 16.** Guía fotográfica para la clasificación de canales bovinas de acuerdo con su grado de marmoleo (USDA).

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.7.3.5 Composición de la canal

Para determinar esta variable, se seleccionó la mitad izquierda de 16 canales para el proceso de deshuese. Se separó el tejido óseo, el tejido muscular, el recorte y el tejido graso (sebo) para posteriormente pesarlos de manera individual en una balanza digital marca Super-SS-15. La lista de músculos que se pesaron se encuentra en el [Anexo A2](#). El proceso de deshuese fue realizado por medio de personal capacitado para esta tarea.

### 3.7.4 Cuarta etapa

Posterior al deshuese, la carne se sometió a un periodo de maduración en seco por 45 días, una vez terminada la maduración se extrajeron 500 g de lomo

ancho (*Longissimus dorsi*) de cada una de las 16 canales, se etiquetaron y se empacaron al vacío para congelarlas por un periodo de 7 días, al octavo día se trasladaron las muestras a un refrigerador para ser transportadas el día 9 al laboratorio de carnes del Instituto Tecnológico de Costa Rica (Figura 17).

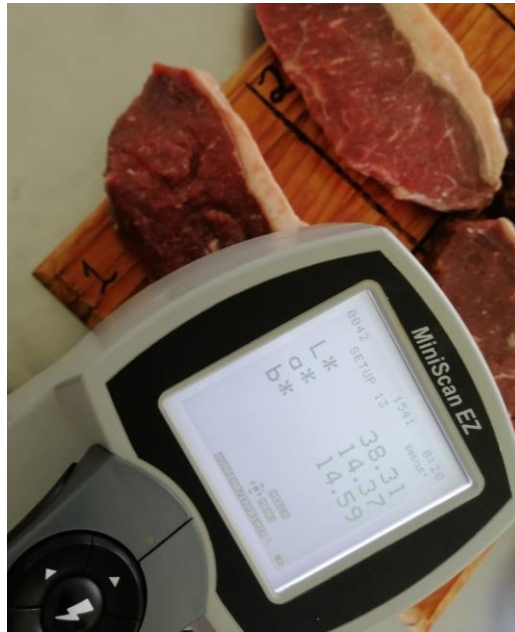


**Figura 17.** Etiketado y empaquetado de las muestras de carne para posterior evaluación.

**Fuente:** Elaboración propia

#### **3.7.4.1 Color**

Para la medición de esta variable se utilizó un espectrofotómetro de la marca HunterLab (4500L). Los bistecs fueron colocados en una superficie plana para facilitar la medición de los espectros L, a y b; se realizaron tres mediciones en cada una de las muestras para posteriormente promediarlos y obtener el resultado (Figura 18).



**Figura 18.** Medición del color de la carne con espectrofotómetro HunterLab (4500L).

**Fuente:** Elaboración propia

#### 3.7.4.2 Pérdidas por cocción

Para la determinación de esta variable se obtuvo el peso fresco de las muestras y el peso después de la cocción. Una vez obtenido el peso después de la cocción se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Pérdidas por cocción (\%)} = \frac{\text{Peso después de la cocción}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

Para la cocción de los bistecs se siguió el procedimiento descrito por AMSA (2015). Se precalentó el horno Vulcan-Hart Co. a 157,5 °C y registró el peso fresco de cada muestra. Posterior a esto se insertó en las muestras una termocupla tipo T (escáner 92000-01, Digi-Sense) para el control de la temperatura interna (Figura 19), seguidamente se colocaron en el horno y se voltearon al alcanzar los 51 °C

para procurar mayor homogeneidad en la cocción. A los 71 °C se retiraron del horno y se registró su peso una vez pasados diez minutos.



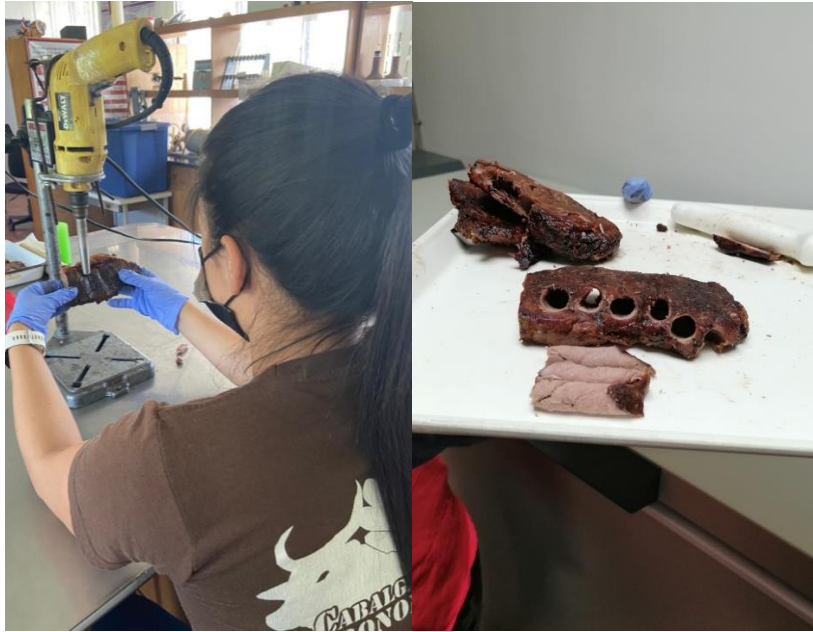
**Figura 19.** Cocción de las muestras de carne con termocuplas insertadas.

**Fuente:** Elaboración propia

#### **3.7.4.3 Fuerza de corte**

Para la determinación de esta variable se utilizó un taladro de la marca DeWalt 107 para la extracción de seis cilindros de 1,27 cm de cada muestra. Estos cilindros se extrajeron de manera paralela a las fibras del músculo (Figura 20). Posteriormente se colocó cada cilindro de manera individual en el equipo Warner-Bratzler Shear Machine (DFS, Nextech) para determinar la fuerza de corte (Kg) (Figura 21). Para obtener el resultado final los registros fueron promediados.





**Figura 20.** Obtención de cilindros de carne con taladro DeWalt 107.

**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 21.** Medición de la fuerza de corte con el equipo Warner-Bratzler Shear Machine.

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.7 Diseño experimental y modelo matemático

El diseño experimental de este ensayo consistió en un diseño de bloques generalizados, donde, el factor bloqueo consistió en el sexo del animal ya que el mismo es intrínseco al material experimental y el factor B consistió en las dietas a suministrar. Cada interacción del factor bloqueo y el factor dieta tuvo seis repeticiones. El modelo matemático para este diseño fue el siguiente:

$$Y_{ij(k)} = \mu + S_i + D_j + S_i \times D_j + \varepsilon_{ij(k)}$$

Donde:

$Y_{ij(k)}$  = Variable de respuesta en el  $i$ -ésimo sexo de la  $j$ -ésima dieta en la  $k$ -ésima repetición

$\mu$  = Promedio general

$S_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo sexo

$D_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima dieta

$S_i \times D_j$  = Efecto de la interacción del  $i$ -ésimo sexo por la  $j$ -ésima dieta

$\varepsilon_{ij(k)}$  = Error experimental debido al  $i$ -ésimo sexo de la  $j$ -ésima dieta en la  $k$ -ésima repetición

Cuando se consideró necesario, en algunas variables se analizó el efecto de las dietas para cada sexo y el efecto de los sexos dentro de cada dieta, con el siguiente modelo matemático.

$$Y_{i(k)} = \mu + F_i + \varepsilon_{i(k)}$$

Donde:

$Y_{i(k)}$  = Variable de respuesta en el  $i$ -ésimo factor analizado en la  $k$ -ésima repetición

$\mu$  = Promedio general

$S_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo factor analizado (sexo o dieta)

$\varepsilon_{i(k)}$  = Error experimental debido al  $i$ -ésimo factor analizado en la  $k$ -ésima repetición

### 3.8 Análisis estadístico

Los resultados de este estudio fueron analizados como un modelo de efectos fijos, mediante la técnica de modelos lineales mixtos y generales (MLMix) con corrección de heterocedasticidad (*varIdent* para los factores sexo y dieta). Se utilizó la prueba de comparación múltiple DGC (Di Rienzo, Guzmán y Casanoves) como complemento al análisis de varianza.

Se realizó una exploración de las relaciones lineales entre variables cuantitativas mediante el uso del coeficiente de correlación Spearman.

Las variables categorizadas, tales como dentición, conformación muscular, distribución de la grasa, color de la grasa y marmoleo, fueron analizadas por tablas de contingencia con el estadístico  $X^2$  de Pearson.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa InfoStat/P (Di Rienzo *et al*, 2020), con un nivel de significancia de 0,05.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 I Etapa: Evaluaciones en finca

#### Ganancias diarias de peso (GDP)

En el Cuadro 12 se observan los pesos de entrada y salida de los animales al proyecto, así como la ganancia diaria de peso registrada (GDP). Según el análisis estadístico, no se obtuvieron diferencias significativas en la interacción Dieta×Sexo para la variable GDP, sin embargo, como se puede observar, el p-valor se encuentra en el límite, por lo que se podría asumir que, con una mayor cantidad de unidades muestrales, se podrían haber encontrado diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

Por otro lado, al analizar el efecto de la dieta sobre los machos y sobre las hembras, no se encontraron diferencias significativas para las machos ( $p = 0,5499$ ) pero sí para las hembras ( $p = 0,0386$ ), observándose así mayores GDP en las hembras pertenecientes a la dieta nueva en comparación con las hembras pertenecientes a la dieta control.

**Cuadro 12.** Ganancias diarias de peso (GDP) promedio obtenidas durante el periodo de evaluación en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

Sexo	Dieta (Media ± E.E)					
	Control			Nueva		
	Peso de Ingreso (kg)	Peso final (kg)	GDP (kg)	Peso de Ingreso (kg)	Peso final (kg)	GDP (kg)
<b>Machos</b>	485,8 ± 11,3	638,6 ± 32,2	0,72 ± 0,05	504,0 ± 9,4	659,3 ± 25,4	0,67 ± 0,05
<b>Hembras</b>	417,5 ± 6,6	514,0 ± 22,0	0,53 ± 0,05	402,0 ± 11,8	568,6 ± 4,8	0,68 ± 0,02
<b>p-valor</b>	0,0594					

Las GDP reflejan el aumento en el peso que tuvieron los animales utilizados en el proyecto desde el inicio de este hasta la última fecha en finca. Se encontraron diferencias significativas en las hembras, observándose mayores GDP para las hembras de la dieta nueva (0,68 kg) en comparación con las hembras de la dieta control (0,53 kg). Más no se encontraron diferencias para los machos de ambas dietas. Quesada (2019) encontró así mismo, diferencias



significativas para la variable GDP al evaluar el efecto de la suplementación con semolina de arroz en novillos Brahman en pastoreo de 30 meses de edad aproximadamente. Obtuvo ganancias de 0,79 kg para el tratamiento control y de 0,87 kg para el tratamiento de la suplementación.

El efecto de la alimentación sobre las ganancias de pesos en bovinos ha sido ampliamente estudiado por diversos autores. Algunos de ellos concuerdan en que las dietas que presentan mayor cantidad de energía pueden influir positivamente en las curvas de crecimiento de los animales, por ejemplo, Lombardi *et al.* (2016) evaluaron diferentes niveles de inclusión de caña de azúcar en forma de ensilaje en la alimentación de novillos Nelore y encontraron mejores ganancias de peso en animales que fueron alimentados con la fórmula que contenía la mayor cantidad de caña de azúcar. Así mismo, mejores GDP fueron encontradas en novillos Angus x Hereford alimentados a base forrajes con suplementación de maíz, obteniendo así un aumento de 0,29 kg/día en los animales suplementados vrs los no suplementados (Wright *et al.* 2015).

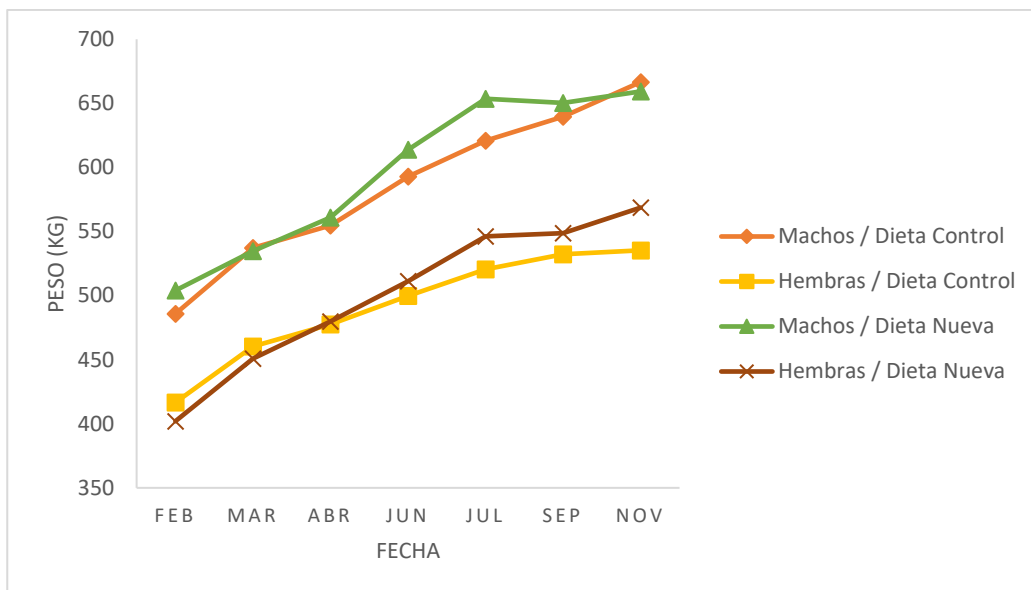
De acuerdo con los autores antes mencionados, se podría inferir que las diferencias encontradas entre las ganancias de peso para las hembras de la dieta nueva vrs la dieta control, se podrían deber a la cantidad de energía presente en ambas dietas. La dieta nueva presentaba mayor porcentaje de semolina, lo que se veía reflejado en la cantidad de EM, observando así mayor cantidad de energía en la dieta consumida por las hembras que presentaban mayores ganancias de peso.

Por otro lado, Ramírez (2014) no encontró diferencias significativas en su estudio en donde evaluó el efecto de la inclusión de diferentes niveles de energía en la alimentación de animales Brahman y Brahman x Charolais. Evaluó tres niveles de inclusión (T0, T1 y T2) en animales de raza pura (*Bos indicus*) y un cruce (*Bos indicus* x *Bos taurus*) y obtuvo promedios de ganancias de peso de 1,2 kg para los animales pertenecientes al cruce en el T0 y T2, mientras que los animales cebuínos obtuvieron ganancias de 1,05; 0,99 y 0,93 kg para el T1, T0 y T2 respectivamente.

Así mismo, otros autores que no encontraron diferencias significativas fueron Rodríguez *et al.* (2018) quienes evaluaron el efecto del genotipo y la alimentación sobre los rendimientos y la calidad de canal de novillos Brahman, Charolais y Brahman x Charolais; obtuvieron en promedio ganancias de 1,05 kg para los animales suplementados con la dieta menos energética y de 1,13 kg para los animales ubicados en la dieta más energética.

En un estudio realizado en Costa Rica, Alvarado (2016) reportó ganancias de peso de 1,06 kg para novillos cruzados Wagyu x Charbray, resultando en GDP mayores en comparación con los novillos de este estudio. Alayón *et al.* (2018) obtuvo ganancias de 0,5 kg en animales Wagyu criados bajo un sistema de pastoreo. Por otro lado, Calvo (2010) encontró ganancias de 0,7 kg en animales novillos cruzados Wagyu x Angus en confinamiento.

En la Figura 22 se observa la curva de crecimiento de los pesos de los animales evaluados en este proyecto según cada interacción. En ella se muestra el crecimiento lineal de las hembras en ambas dietas, observándose así mayores pesos con respecto al tiempo en las hembras alimentadas con la dieta nueva en comparación con las hembras de la dieta control. Por otro lado, se puede observar como en los primeros meses la curva de crecimiento de los machos de la dieta nueva se encontraba por arriba de la curva de los machos ubicados en la dieta control, sin embargo, al finalizar el experimento, en los últimos meses, se observa lo contrario al obtener mayores pesos los machos de la dieta control vrs los de la dieta nueva.



**Figura 22.** Promedio de peso (kg) a través del tiempo según cada interacción en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

La curva de crecimiento de los animales de la dieta nueva, tanto machos como hembras, presentan un crecimiento similar, siendo este lineal desde los primeros meses hasta julio, a partir de ahí, se denota una disminución en el crecimiento durante el mes de julio-setiembre, posterior a esto, se muestra como la curva de las hembras volvió a crecer para el mes de noviembre, confiriéndole a las hembras los pesos adecuados para lograr mejores GDP que las hembras de la dieta control, pero no siendo así para los machos, los cuales no obtuvieron suficiente crecimiento para lograr tener mejores GDP que los de la dieta control.

El fenómeno sucedido durante los últimos tres meses podría ser explicado de dos maneras, la primera, que los machos de la dieta nueva no lograron crecer lo suficiente para mantener sus altas GDP y la segunda, que los machos de la dieta control tuvieron un crecimiento acelerado logrando sobrepasar las GDP que presentaban los machos de la dieta nueva. Algunos factores que podrían estar influenciando lo sucedido se asocian al manejo de los animales durante la etapa de finca del proyecto.

Durante la estadía de los animales en la finca, se presentaron situaciones que podrían causar estrés en los mismos, por ejemplo, se observó la mezcla de animales de diferentes grupos debido a problemas con las cercas o los apartos en los que se encontraban, esto pudo haber conllevado a peleas o situaciones de mucho estrés para aquellos animales que se encontraban dentro de un grupo al cual no pertenecían, Arias (2021) menciona que la situación antes mencionada en conjunto con el tipo de clima y el arreo de los animales podría generar pérdidas de peso debido a una producción de cortisol en el organismo de aquellos animales sometidos a niveles elevados de estrés.

Por otro lado, al tratarse de un estudio con animales vivos, no se puede tener un completo control sobre algunos factores influyentes en los resultados obtenidos, un ejemplo de esto es el consumo de alimento por parte de los animales, el cual fue muy difícil de cuantificar debido a que no se contaba con comederos separados para cada animal, por lo que no se puede asegurar que cada animal se comió la ración que debería. La mayoría de los trabajos realizados en el área de bovinos de carne cuentan con esta debilidad, por lo que es necesario tener en cuenta el factor de consumo a la hora de analizar los resultados.

### **Mediciones ultrasonográficas**

En el Cuadro 13 se muestran las diferencias encontradas entre la primera medición y la última medición de las variables espesor de grasa dorsal (EGD), profundidad de músculo (PM), marmoleo y espesor de la grasa de la grupa (EGG) por cada interacción Dieta×Sexo evaluada. Según el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas de acuerdo con la interacción para ninguna de las variables antes mencionadas.

Sin embargo, se encontró efecto del sexo sobre la variable EGD ( $p=0,0007$ ), obteniendo mayores valores de EGD para las hembras, independientemente de la dieta, que para los machos. Así mismo, la misma

tendencia se encontró para la variable EGG en donde las hembras presentaron mayor cantidad de grasa que los machos ( $p= 0,0184$ ).

**Cuadro 13.** Valores obtenidos para cada variable ultrasonográfica evaluada según cada interacción Dieta $\times$ Sexo en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

Variable	Sexo	Dieta (Media $\pm$ E.E)	
		Control	Nueva
Espesor Grasa Dorsal (mm)	Hembras	13,44 $\pm$ 1,8	13,45 $\pm$ 1,3
	Machos	6,27 $\pm$ 1,5	8,39 $\pm$ 1,4
	<b>p-valor</b>	0,4965	
Profundidad de Músculo (mm)	Hembras	-6,22 $\pm$ 3,2	-3,61 $\pm$ 2,2
	Machos	-12,42 $\pm$ 3,9	-7,53 $\pm$ 3,9
	<b>p-valor</b>	0,7432	
Marmoleo (u)	Hembras	0,31 $\pm$ 0,3	0,43 $\pm$ 0,5
	Machos	0,11 $\pm$ 0,7	-0,68 $\pm$ 0,3
	<b>p-valor</b>	0,3813	
Espesor Grasa de la Grupa (mm)	Hembras	9,55 $\pm$ 1,8	12,55 $\pm$ 1,4
	Machos	8,2 $\pm$ 1,3	6,38 $\pm$ 1,6
	<b>p-valor</b>	0,1414	

Desde el inicio del proyecto hasta la última medición de ultrasonografía se puede observar como las hembras depositaron en promedio 6,11 mm, de grasa dorsal, más que los machos. El hecho de que las hembras hayan depositado más cantidad de grasa dorsal que los machos se encuentra bien documentado por diversos autores. Algunos como Camacho (2008) resaltan el hecho de que los machos presentan mayor predisposición para el desarrollo de masa muscular, mientras que las hembras poseen una mayor capacidad para la deposición de grasa.

Así mismo, Yookoh *et al.* (2008) concuerdan en que las hembras tienen la capacidad de depositar mayor cantidad de grasa que los machos debido a su curva de crecimiento alométrica, esto quedó bien demostrado en su estudio en donde evaluaron diversos factores que podrían afectar el espesor de grasa dorsal medido por medio de ultrasonido en bovinos de raza Nellore, uno de esos factores corresponde al sexo del animal, probando así que los machos presentaron menor espesor de grasa dorsal (1,54 mm) que las hembras (2,81 mm).

Mears *et al.* (2001) llevaron a cabo un estudio en donde evaluaron el efecto de la genética del Wagyu sobre características de la calidad de la canal y demostraron que las hembras sacrificadas a la misma edad que los novillos, presentaban mayor cantidad de grasa dorsal que estos (14,4 mm vs 12,3 mm), estas diferencias son explicadas por las hormonas presentes en ambos sexos, dado que la testosterona se ha visto relacionada con la formación del músculo y los estrógenos con la deposición de grasa, es de esperar que los novillos al poseer una cantidad limitada de cualquiera de las dos hormonas, presenten una tendencia a crecer más lento y depositar menos grasa.

Con respecto a la profundidad del músculo (PM), al observar valores negativos en la diferencia obtenida al inicio del proyecto y en la última medición, se puede inferir que el valor de esta variable decreció con respecto al tiempo. Algunos autores han observado una correlación negativa entre el EGD y el AOL, es decir, a medida que aumenta la grasa dorsal, disminuye la cantidad de músculo en la canal (Vergara 2015), así mismo, el AOL se encuentra correlacionado con la PM (Williams 2002), por lo que se podría decir que es normal observar valores de PM que disminuyen al aumentar el EGD con el tiempo.

Por otro lado, se puede observar como la variable marmoleo disminuyó en 0,68 para los machos de la dieta nueva, mientras que para el resto de las interacciones aumentó. Quesada (2019) también observó disminuciones en la variable marmoleo cuando evaluó el efecto de la suplementación con semolina de arroz sobre las características de la canal y la calidad de carne en novillos Brahman. Estas incoherencias se podrían ver relacionadas con que el marmoleo es la variable más difícil de medir *in vivo* con un ultrasonido.

Bethour (1990) citado por Williams (2002) menciona que existen dos principales factores que pueden influenciar la medición de esta variable, la retrodispersión y la atenuación. La primera se refiere a la dispersión de las ondas sonoras en el tejido, afectado por superficies irregulares ocasionadas por el marmoleo y la segunda es explicada por el debilitamiento de la onda de sonido a medida que pasa por los tejidos. Estas dos características sumadas a factores

externos como la variación entre los animales, ubicar la sonda en una posición errónea, la interpretación inadecuada de las imágenes, el nivel de entrenamiento y la experiencia del técnico, entre otros, pueden provocar variaciones como la obtenida en este estudio con respecto a la evaluación de esta variable.

En cuanto a la variable espesor de grasa de la grupa (EGG), se puede observar una tendencia similar a la encontrada en el EGD. Las hembras aumentaron más mm de grasa, desde la primera medición hasta la última, que los machos. INIA (2001) y Williams (2002) señalan que el espesor de la grasa de la grupa se encuentra correlacionado negativamente con el porcentaje de cortes de carne que se venden al por menor, así mismo, esta variable es un indicador adicional del total de la grasa en la canal. Por otro lado, (Gardón 2017) menciona que la medición del EGG es de suma importancia en los sistemas de pastoreo en donde los animales presentan muy poca grasa de cobertura o grasa dorsal.

## **4.2 II Etapa: Planta de cosecha**

### **Rendimiento de la canal**

En el Cuadro 14 se observan los rendimientos de la evaluación de las canales. Según el análisis estadístico no se obtuvieron interacciones significativas (Dieta×Sexo) para las variables, peso pie finca (PPF), peso pie planta (PPP), peso de la canal caliente (PCC), merma por transporte y rendimiento pie canal (RPC).

De igual manera, no se obtuvieron diferencias significativas al evaluar, en las variables antes mencionadas, el efecto de la dieta sobre los machos, ( $p=0,6267$ ;  $p=0,2106$ ;  $p=0,2991$ ;  $p=0,0844$ ;  $p=0,9499$  respectivamente) o sobre las hembras ( $p=0,2627$ ;  $p=0,1001$ ;  $p=0,1848$ ;  $p=0,2370$ ;  $p=0,4409$  respectivamente).

**Cuadro 14.** Valores de rendimiento de canal obtenidos al finalizar la etapa de finca y planta de procesamiento en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

<b>Edad (Días)</b>	Dieta (Media ± E.E)		<b>Merma por transporte (%)</b>	Dieta (Media ± E.E)		
	Sexo	Control		Nueva	Sexo	Control
Machos		1307 ± 13,8	1286 ± 8,3	Machos	9,2 ± 0,7	7,1 ± 0,3
Hembras		1286 ± 24,8	1249 ± 7,9	Hembras	9,5 ± 0,4	8,2 ± 0,4
p-valor		0,4769		p-valor	0,4616	
<b>Peso pie final finca (kg)</b>	Dieta (Media ± E.E)		<b>Peso canal caliente (kg)</b>	Dieta (Media ± E.E)		
	Sexo	Control		Nueva	Sexo	Control
Machos		658,6 ± 10,1	663,3 ± 12,6	Machos	376,7 ± 9,2	388,4 ± 9,6
Hembras		545,6 ± 15,7	565,0 ± 3,1	Hembras	312,2 ± 7,8	324,8 ± 4,1
p-valor		0,5613		p-valor	0,8186	
<b>Peso pie planta (kg)</b>	Dieta (Media ± E.E)		<b>Rendimiento pie-canal (kg)</b>	Dieta (Media ± E.E)		
	Sexo	Control		Nueva	Sexo	Control
Machos		598,3 ± 12,6	616,3 ± 12,6	Machos	62,9 ± 0,4	63,0 ± 0,4
Hembras		493,4 ± 12,6	518,3 ± 4,5	Hembras	63,2 ± 0,2	62,6 ± 0,6
p-valor		0,7741		p-valor	0,5355	

Como se puede apreciar en el Cuadro 14, los animales de las cuatro interacciones fueron cosechados a una edad similar, los más jóvenes rondaron entre los 1250-1252 días mientras que los mayores oscilaron entre 1286-1307 días, en los resultados obtenidos por Murillo (2021) se observa una edad similar en los animales utilizados en su proyecto, el cual pretendía caracterizar la canal y la carne de animales Wagyu x Brahman; Shibu (2011), Smith (2015) mencionan que es normal observar el sacrificio de animales Wagyu de más de 20 meses de edad cuando son alimentados con maíz, o inclusive más de 25 meses de edad cuando se alimentan con heno, esto debido a que la infiltración de marmoleo de la raza Wagyu se da de manera tardía.

Por otro lado, el informe generado por CORFOGA (2012) sobre la clasificación de canales bovinas en Costa Rica indica que el peso promedio nacional al momento de sacrificio de machos fue de 516 kg mientras que para las hembras fue de 377 kg, siendo estos pesos menores que los obtenidos en esta



investigación en donde los machos rondaron los 650 kg y las hembras los 550 kg; Murillo (2021) obtuvo así mismo un peso promedio en machos Wagyu x Brahman de 760 kg, siendo este un peso superior al de este proyecto; la diferencia entre estos pesos se puede deber a que los animales en la investigación de Murillo (2021) fueron casi 12 meses superiores en edad a los de este estudio, lo que implica que tuvieron 12 meses más de alimentación.

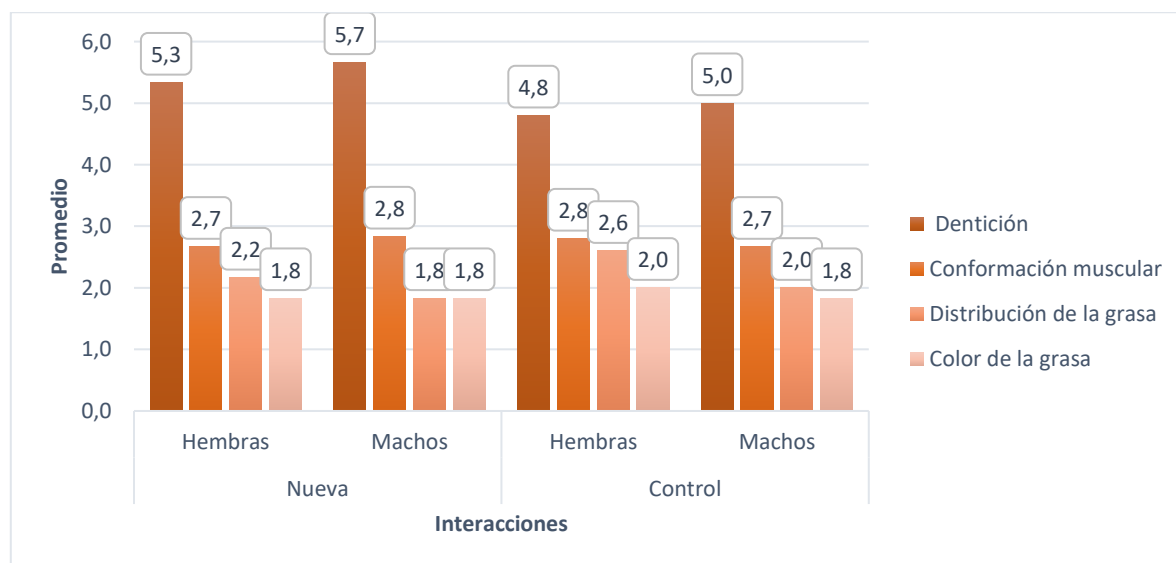
En cuanto a la merma por transporte, los machos y hembras de la dieta control tuvieron una pérdida de 9% mientras que los del 3 y 4 perdieron en promedio casi 8%, estas pérdidas resultan mayores comparadas con el estudio de Murillo (2021) en donde la merma por transporte fue de 6%. En un estudio realizado por Villalobos (2007) en donde se evalúa las principales deficiencias que presenta el sistema de transporte de bovinos en Costa Rica, se valoraron 3 plantas de matanza y 1168 animales, esta autora menciona que, durante el proceso de trasladar a un animal desde la finca hasta su destino, sea una planta de matanza o una subasta, el animal puede sufrir situaciones de estrés que provocan disminuciones en el peso vivo del mismo. Esto puede ser ocasionado por factores como el clima externo, la mezcla de animales de diferentes grupos, el ayuno, la duración del viaje, la manera de conducir y el manejo de parte del conductor, las condiciones del vehículo, y el manejo cuando los animales se encuentran en los corrales de espera.

Con respecto al rendimiento pie canal, los resultados observados en este estudio muestran rendimientos de 62%-63%, resultados similares fueron obtenidos por Murillo (2021) con rendimientos de 61% en machos Wagyu x Brahman, además, Salas y Rodríguez (2019) evaluaron novillos Brahman de 14 meses de edad estabulados y obtuvieron en su estudio rendimientos de 60%. Sin embargo, en una investigación realizada por Ramírez (2014) en la cual se evaluaron machos Brahman de una edad promedio de 24 meses, los rendimientos rondaron el 57%, así como también Fernández (2021) obtuvo rendimientos de 53% al evaluar hembras Brahman en pastoreo con suplementación adicional. Estas diferencias entre rendimientos pueden deberse al manejo que se le da a la canal en la planta de sacrificio, dado que Hacienda Sur realiza la maduración de sus canales en

seco y debido a que gracias a esto el porcentaje de mermas en el proceso puede rondar hasta el 24% del peso del corte (Dashdorj *et al.* 2016) se utilizan ciertas estrategias que pueden ayudar a minimizar las mermas, como lo es el dejar la grasa pélvica y renal en las canales durante el proceso de matanza y así evitar la quema por frío de ciertos músculos, principalmente el *Psoas major*; este tipo de estrategias suponen un aumento en el porcentaje de grasa de la canal, obteniéndose así mismo altos rendimientos en la composición de las mismas.

En la Figura 23 se observan las variables relacionadas a la calidad de canal, no se obtuvieron diferencias significativas entre las interacciones (Dieta×Sexo) para ninguna de las variables: Dentición ( $X^2$ ,  $p=0,8643$ ), conformación muscular (CM) ( $X^2$ ,  $p=0,8734$ ), distribución de la grasa (GC) ( $X^2$ ,  $p=0,2682$ ) y el color de la grasa (CG) ( $X^2$ ,  $p=0,4770$ ).

De igual manera, no se obtuvieron diferencias significativas en las variables antes mencionadas, para el efecto de la dieta sobre los machos ( $X^2$ ,  $p=0,5488$ ;  $X^2$ ,  $p=0,5050$ ;  $X^2$ ,  $p=0,5738$ ;  $X^2$ ,  $p>0,9999$  respectivamente) o sobre las hembras ( $X^2$ ,  $p=0,6323$ ;  $X^2$ ,  $p=0,6210$ ;  $X^2$ ,  $p=0,1368$ ;  $X^2$ ,  $p=0,1793$  respectivamente).



**Figura 23.** Promedio de la dentición, conformación muscular, grasa de cobertura y color de la grasa en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

La cronología dentaria es una de las formas más comunes para estimar la edad aproximada de los bovinos (Marcelo 2015) esta consiste en enumerar los dientes incisivos permanentes y asociarlo a la edad aproximada. Los animales de esta investigación presentaron entre 4 y 6 dientes permanentes. Siendo estos animales un cruce entre razas *Bos indicus* (Brahman) y *Bos taurus* (Wagyu), se debe considerar los aspectos de cada raza, debido a que la erupción de los dientes depende de la precocidad de esta, entre más precoz, más rápido aparecen los dientes incisivos (Bavera 2005); la cantidad de dientes de los animales del proyecto concuerda con la edad de los animales según su cronología dentaria debido a que 4 dientes permanentes indican edades de 27-36 meses aproximadamente y 6 dientes permanentes indican edades de 36-48 meses (St Clair 1982 citado por Luengo *et al.* 1990, Bavera 2005).

Con respecto a la conformación muscular, se puede observar que, para las cuatro interacciones, la conformación fue de 2,7-2,8, ubicando las canales en grado 2-3, lo cual indica que las mismas presentaron un perfil rectilíneo y cóncavo, con amplitud en los cuartos, así como el lomo y el costillar un poco marcados. Para Costa Rica, estos datos son los más comunes y así lo demuestra el estudio sobre clasificación de canales bovinas realizado en Costa Rica en el 2001 en el cual se demuestra que un 50% de los machos y un 67% de las hembras se encuentran entre los grados 2 y 3 de conformación muscular (Murillo 2012).

En cuanto a la distribución de la grasa, aunque el análisis estadístico no mostró diferencias significativas, se puede observar una tendencia al aumento en la cantidad de grasa de las hembras tanto de la dieta control como la dieta nueva con respecto a los machos de ambas dietas, resultados contrarios se muestran en el estudio de clasificación de canales bovinas, en donde el porcentaje de hembras que se ubicaba entre el grado 1 y 2 fue de 55% en comparación con un 74% de machos ubicados entre los grados 3 y 4, recordando siempre que entre más alto sea el grado de distribución de grasa, más porcentaje de grasa se va a encontrar en la canal, es decir, el grado 3 presenta más cantidad de grasa que el grado 2 y así sucesivamente (Murillo 2012).

El color de la grasa crema-amarilla obtenida en este estudio, está asociado a varios factores intrínsecos y extrínsecos, dentro de los primeros se puede mencionar la edad, siendo los animales viejos los que presentan mayor pigmentación amarilla en la grasa (Shemeis *et al.* 1994); el sexo, las hembras presentan grasa más amarilla cuando se comparan con los machos, independientemente de la edad (Walker *et al.* 1990), así como la raza, dado que las razas de leche tienen grasa más amarilla que las razas de carne europeas (Kruk *et al.* 1998). Dentro de los factores externos se menciona que la dieta es el elemento más importante que influye en el color de la grasa, debido al consumo de carotenoides, este pigmento liposoluble es el principal causante del color amarillo de la grasa, este compuesto solo es sintetizado por medio de las plantas y son precursores de vitamina A para el animal (Mora y Shimada 2001, Dunne *et al.* 2009, Manuchar *et al.* 2015); los animales alimentados con forrajes tienden a producir grasas más amarillentas que los animales alimentados a base de concentrados o estabulados (Strachan *et al.* 1993, Knigth *et al.* 2001, Salas y Rodríguez 2019)

### **4.3 III Etapa: Planta de deshuese**

#### **Calidad de canal**

Los resultados de la evaluación de la calidad de la canal se muestran en el Cuadro 15. Los valores obtenidos para las variables de pH, temperatura, área del ojo del lomo (AOL) y espesor de grasa dorsal (EGD) fueron similares entre las interacciones evaluadas, no se encontraron diferencias significativas (Dieta×Sexo) para ninguna de las variables antes mencionadas.

Sin embargo, diferencias significativas fueron encontradas para el AOL cuando se compararon los sexos según cada tratamiento. Los machos de la dieta control presentaron mayor AOL que las hembras de la misma dieta ( $p=0,0082$ ) y los machos de la dieta nueva tuvieron mayor AOL que las hembras de la misma dieta ( $p=0,0375$ ). Para la variable EGD se encontraron

diferencias significativas ( $p=0,0096$ ) en la dieta nueva, en la cual las hembras presentaron mayor EGD que los machos.

**Cuadro 15.** Resultados obtenidos para variables asociadas a la calidad de la canal y la carne evaluadas en el músculo *Longissimus dorsi* en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

pHu	Dieta (Media $\pm$ E.E)		Área del Ojo del Lomo (cm <sup>2</sup> )	Dieta (Media $\pm$ E.E)		
	Sexo	Control		Nueva	Sexo	Control
Machos		5,2 $\pm$ 0,1	5,3 $\pm$ 0,1	Machos	90,8 $\pm$ 3,0	95,0 $\pm$ 3,6
Hembras		5,3 $\pm$ 0,07	5,4 $\pm$ 0,1	Hembras	70,1 $\pm$ 2,7	79,0 $\pm$ 4,0
p-valor		0,6662		p-valor	0,4985	
Temperatura (°C)	Dieta (Media $\pm$ E.E)		Espesor de Grasa Dorsal (cm)	Dieta (Media $\pm$ E.E)		
	Sexo	Control		Nueva	Sexo	Control
Machos		3,8 $\pm$ 0,6	3,5 $\pm$ 0,6	Machos	1,5 $\pm$ 0,2	1,0 $\pm$ 0,3
Hembras		3,1 $\pm$ 0,5	3,4 $\pm$ 0,4	Hembras	1,5 $\pm$ 0,2	1,7 $\pm$ 0,2
p-valor		0,4374		p-valor	0,1909	

En el Cuadro 15 se observa que la variable de pH para las diferentes interacciones ronda desde 5,2-5,4, siendo este pH inferior a lo reportado por otros autores, como por ejemplo Page *et al.* (2001) quienes seleccionaron mil canales de res, de tres diferentes plantas de matanza, agrupadas según la raza, el sexo, marmoleo, la madurez y el peso, y obtuvieron que el 81% de las canales tuvieron un pH en un rango de 5,4-5,59. Así mismo, Rodríguez (2012) estudió el efecto de la castración sobre las características productivas y la calidad de la canal de novillos Brahman cruzados, con una edad aproximada de 26 meses y obtuvo en sus canales una media de 5,6 para la variable pH; al igual que Fernández (2021) quien obtuvo un promedio de 5,6 al evaluar hembras Brahman en pastoreo con suplementación adicional. Los valores de pH encontrados en este estudio resultan inferiores al promedio, esto se puede deber a un manejo inadecuado del equipo, ya que para la correcta utilización del pH-metro, se debe realizar una calibración del instrumento antes de usarlo, esta calibración se pudo haber realizado de una manera incorrecta, lo que pudo influenciar los valores obtenidos de la variable pH.

Por otro lado, Quesada (2019) encontró valores de pH superiores al rango normal, siendo estos de 5,9 en novillos Brahman en pastoreo con suplementación

extra; valores similares fueron encontrados en el estudio realizado por Salas y Rodríguez (2019) en donde obtuvieron valores de 5,9 en novillos Brahman estabulados. Mach (2008) menciona que valores de pH superiores a 6 pueden generar problemas en la calidad de la carne, pudiendo convertirse estas en carnes “Secas, Firmes y Oscuras” (DFD) (Pérez-Linares *et al.* 2013), por el contrario, valores por debajo de 5,2 puede conllevar a producir carnes “Pálidas, Suaves y Exudativas) (PSE), comprometiendo así la calidad al observarse un aspecto pálido en la carne (Cuadro y Prieto 2012). Es importante recalcar que una correcta medición del pH puede depender de varios factores externos, por ejemplo, la calibración adecuada del mismo, el lugar preciso en la carne en donde se realiza la medición, el factor humano, entre otros, por lo que se debería tener en cuenta también el error humano que se puede cometer al evaluar una variable de este tipo.

En cuanto a la temperatura, los rangos encontrados en este estudio (3.4-3.8 C°) después de 24 post mortem, coinciden con los rangos normales reportados en la literatura (Rodríguez 2012, Quesada 2019, Fernández 2021), además, Veall (1993) confirma que al mantener las canales en refrigeración, para proceder con diferentes procesos como el deshuese, las temperaturas mayormente utilizadas son las que rondan entre 3°C y 7°C; ya que temperaturas superiores a 7°C pueden generar la descomposición de la carne por medio del establecimiento de microorganismos perjudiciales y temperaturas inferior a 3°C pueden dar paso al congelamiento de la canal, complicando así el proceso de deshuese.

Para la presente investigación, el área del ojo del lomo (AOL) de los machos osciló entre los 90 y 95 cm<sup>2</sup> mientras que para las hembras fue de 70 y 79 cm<sup>2</sup>, estos datos resultan superiores cuando se comparan con los resultados obtenidos por otros autores. Por ejemplo, Salas y Rodríguez (2019) evaluaron machos Brahman estabulados y encontraron valores de AOL de 61 cm<sup>2</sup>, así como también Quesada (2019) encontró valores de 59 cm<sup>2</sup> en novillos Brahman en pastoreo, con suplementación extra; por su parte Fernández (2021) evaluó hembras Brahman en pastoreo y obtuvo un AOL de 52 cm<sup>2</sup>.

Algunos autores concuerdan en que la genética es un factor que puede influenciar el área del ojo del lomo, razón que explicaría los valores de AOL superiores de este proyecto en comparación con los antes mencionados, Moreira *et al.* (2003) realizó una investigación en donde comparaba las características productivas de animales de raza Nelore vrs animales cruzados (*Bos indicus* x *Bos taurus*) y encontró que el cruce posee mayor AOL que la raza índica por sí sola (71 cm<sup>2</sup> vrs 66 cm<sup>2</sup> respectivamente), así mismo, Alvarado (2016) encontró diferencias significativas en el AOL de toros Brahman vrs toros Brangus (55 cm<sup>2</sup> vrs 63 cm<sup>2</sup> respectivamente) enteros y estabulados de seis meses de edad. Resultados similares mostraron los animales del estudio de Ramírez (2014) que, aunque no obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, se puede observar una tendencia en el incremento del AOL (66 cm<sup>2</sup> vrs 56 cm<sup>2</sup>) de animales cruzados (Brahman x Charolais) en comparación con la raza pura (Brahman).

El área del ojo del lomo es una variable que se puede ver influenciada por diversos factores dentro de los cuales destaca la dieta y la edad de los animales. Alvarado (2016) realizó un estudio en Costa Rica en donde encontró un AOL de 81 cm<sup>2</sup> para machos castrados Wagyu x Charbray, estabulados, de 9 meses de edad, este resultado resulta inferior si se compara con el del presente estudio (95 cm<sup>2</sup>), cabe destacar que en el presente estudio los animales utilizados rondaban los 32 meses de edad, además, los mismos fueron alimentados con una dieta en base a pastoreo rotacional y se les proporcionaba una suplementación extra alta en energía; esta diferencia entre el AOL se le podría atribuir a la composición de la dieta, ya que la dieta utilizada por Alvarado presentaba valores de 6970 kcal de energía metabolizable (EM) por animal, mientras que la dieta utilizada en el presente estudio aportaba 7406 kcal de EM por animal. Ramírez (2014) señala que las dietas altamente energéticas tienen un efecto positivo en el AOL, lo mismo es sustentado por el estudio de Gallo *et al.* (2013) en donde evaluaron el efecto de una suplementación energética en las características de la canal de novillos Overo Colorado x Colorado y encontraron diferencias significativas en la variable AOL para el tratamiento control y el tratamiento de la suplementación (45 cm<sup>2</sup> vrs 49 cm<sup>2</sup> respectivamente).

Murillo (2021) encontró valores similares a los de este proyecto (81 cm<sup>2</sup>) en animales Wagyu x Brahman, de 47.7 meses de edad, en pastoreo con suplementación adicional, Suksombat *et al.* (2016) evaluó el efecto de tres dietas con diferentes proporciones de inclusión de aceite de palma en animales cruzados con Wagyu (50%), estabulados, de aproximadamente 30 meses de edad y encontraron AOL que rondan los 90 cm<sup>2</sup>, así mismo, valores de 91 cm<sup>2</sup> de AOL fueron encontrados en un estudio realizado por Mc Ewin *et al.* (2017) en donde se evaluó la calidad de la canal de 1357 animales puros Wagyu de 30 meses de edad. Es importante observar que en las tres investigaciones antes mencionadas y en la investigación actual, los animales utilizados son cosechados a una edad superior de 30 meses, en un estudio realizado por Tefera *et al.* (2019) en donde evaluó el efecto de la edad sobre las características de la canal de tres razas diferentes, encontró resultados que demuestran que los animales que presentan una mayor edad, también presentan un mayor valor de AOL ( $p < 0,05$ ); esto podría sustentar los resultados mostrados en este proyecto en donde animales mayores de 32 meses de edad presentan valores elevados de AOL.

La medición del área del ojo del lomo puede tener una alta importancia a la hora de seleccionar animales para incrementar su valor cárnico, esto porque diversos autores concuerdan en que el AOL está positivamente relacionado con el desarrollo muscular y el peso de los cortes de primera calidad (Magnabosco *et al.* 2006, Velázquez *et al.* 2013, Correia *et al.* 2016). Implementar la medición de esta variable en los programas de mejoramiento genético puede ayudar al productor a mejorar la calidad de los animales producidos en su finca.

En el cuadro 15 se observan los valores obtenidos para el espesor de grasa dorsal (EGD) en este estudio. Aunque no existieron diferencias estadísticamente significativas en el análisis de la interacción, si se obtuvieron en el análisis del efecto del sexo en cada dieta sobre la variable, lo cual indica que las hembras de la dieta nueva presentaron valores mayores de EGD (1,7 cm) que los machos (1,0 cm) de la misma dieta.



Resultados similares obtuvieron Lucero *et al.* (2013) al comparar el efecto del sexo sobre características de calidad del músculo *Longissimus dorsi* en hembras y machos en pastoreo, sus resultados demostraron que las hembras presentaban mayor cantidad de EGD (0,7 cm) en comparación a los machos (0,5 cm). Así mismo, Mears *et al.* (2001) encontraron diferencias significativas entre machos y hembras Wagyu para la variable EGD (1,23 cm vrs 1,44 cm respectivamente). Busquets *et al.* (2015) mencionan que el sexo es un factor influyente en la cantidad de depósito de grasa en los animales, siendo las hembras quienes depositan más grasa, seguido de los novillos castrados y por último los toros, esto se puede deber a la influencia que ejercen los andrógenos, especialmente la testosterona, sobre la síntesis y el depósito de proteína sobre el músculo y subsecuentemente el detrimento de las grasas en el cuerpo del animal (Alonso 2015, Salas y Rodríguez 2019)

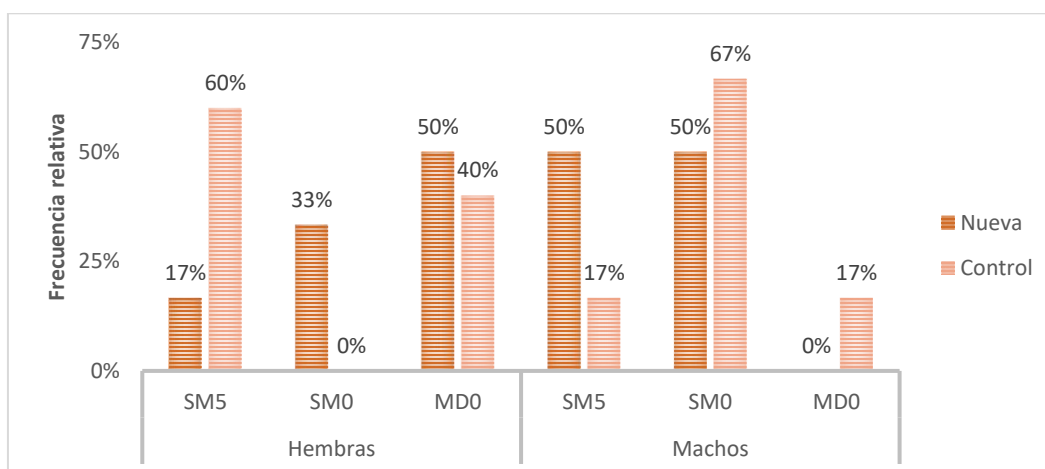
Así mismo se puede observar que tanto para machos como para hembras, los valores del EGD fueron mayores comparados con diversos estudios realizados en Costa Rica. Caetano *et al.* (2013) encontró valores de 0,24 cm para la variable EGD en novillos Nelore en pastoreo, Quesada (2019) investigó el efecto de la suplementación en machos Brahman en pastoreo y encontró valores de 0,37 cm; Salas y Rodríguez (2019) obtuvieron valores de 0,7 cm al evaluar novillos Brahman estabulados. Por su parte Fernández (2021) realizó un estudio en hembras Brahman en pastoreo y obtuvo EGD 0,43 cm. Rodríguez *et al.* (2018) menciona que las razas europeas tienden a presentar una mayor cobertura de grasa dorsal, esto dado que su crecimiento acelerado se correlaciona positivamente con el engrasamiento en general de la canal, lo cual explicaría los valores elevados de EGD en los animales de este proyecto, los cuales poseen un 50% de genética *Bos taurus*, comparado con los estudios antes mencionados en donde la genética que predomina es la *Bos indicus*.

En este estudio se evaluaron machos Wagyu x Brahman en pastoreo de 32 meses de edad y se obtuvo un EGD de 1,5 cm, valor que resulta inferior si se compara con un estudio realizado por Kahi *et al.* (2007) donde se evaluaron toros

estabulados, de raza pura Wagyu de 25 meses de edad y encontraron EGD de 2,5 cm. Esta diferencia puede deberse a dos factores principalmente, la raza y la alimentación. Dentro del primer factor se puede mencionar que los animales evaluados en esta investigación provenían de un cruce F1 de Wagyu x Brahman, no siendo así para el estudio de Kahi *et al.* (2007), en donde los animales utilizados provenían de la raza Wagyu pura. En una zona tropical como Costa Rica, es común utilizar cruces *Bos indicus* x *Bos taurus*, ya que la genética *Bos indicus* puede aportar adaptabilidad a los climas cálidos, sin embargo, al utilizar el cruce, las características de calidad de la carne que aporta la genética del *Bos taurus*, se pueden ver reducidas. En cuanto a la alimentación, es importante recordar que los animales utilizados en la investigación de Kahi *et al.* (2007) se encontraban estabulados, y su dieta se basaba principalmente en el consumo de concentrado ad libitum, cuya composición consistía en cebada molida, maíz molido y salvado de trigo; mientras que la dieta de los animales utilizados en este estudio se basó en pastoreo, con una suplementación en canoa de semolina y harina de coquito. La energía aportada por los alimentos es importante para el desarrollo muscular y la deposición de grasa en la canal (Gallo *et al.* 2013), Rojas-Bourillón (1995) menciona que la cantidad de energía aportada por granos como el maíz es mayor en comparación a la energía aportada por los forrajes (Horcada y Polvillo 2010), especialmente en Costa Rica, en donde los forrajes son de muy baja calidad, esto puede explicar el hecho de que los animales pertenecientes a la dieta con mayor cantidad de energía posean mayor cantidad de EGD en comparación con los animales pertenecientes a la dieta basada en forrajes.

La importancia de la grasa dorsal radica en que tiene un efecto protector contra el “Cold shortening” o acortamiento por frío, protegiendo así las canales de las temperaturas bajas (Teira 2004). Según el sistema de Auditoría Nacional de la Calidad de la Carne de Bovino de Estados Unidos (2005) o NBQA por sus siglas en inglés, citado por Torrescano *et al.* (2010), las canales deberían presentar una grasa dorsal de 1 cm a 1,2 cm para que se considere óptima; observando así que las canales evaluadas en este estudio pertenecen al rango óptimo de grasa dorsal según esta institución.

En la Figura 24 se observa los valores obtenidos para la variable marmoleo. En el eje “X” se muestran las combinaciones (Dieta×Sexo), mientras que en el eje “Y” se observan las frecuencias relativas. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la variable marmoleo entre ninguna de las combinaciones evaluadas ( $X^2$ ,  $p=0,1598$ ). Así mismo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el efecto de la dieta sobre los machos ( $X^2$ ,  $p=0,3425$ ) o sobre las hembras ( $X^2$ ,  $p=0,2086$ ).



**Figura 24.** Frecuencia relativa valorada por grado de marmoleo (SM0, SM5 y MD0) por cada combinación (Dieta×Sexo) en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

Los grados de marmoleo estuvieron bien distribuidos entre todos los animales evaluados en este estudio, comprendiendo así los machos de la dieta control (MC), hembras de la dieta control (HC), machos de la dieta nueva (MN) y hembras de la dieta nueva (HN), como se puede observar en la Figura 24. La mayor cantidad de animales observados en el grado Small<sup>0</sup> son los MC (67%), seguido de los MN (50%), por otro lado, en el grado Small<sup>5</sup> hubo mayor cantidad de HC (60%) seguidas de los MN (50%) y, por último, en el grado Moderate<sup>0</sup> los animales predominantes fueron las HN (50%) seguido de las HV (40%).

En el estudio realizado por Murillo (2021), quien evaluó animales Wagyu x Brahman de 47 meses de edad, en pastoreo y con suplementación adicional, se evaluaron 12 muestras de carne, seis de ellas pertenecieron a la categoría Small

(SM), dos a la categoría Modest (MT), tres a Slightly abundant (SA) y una a Moderately abundant (MA). Los resultados obtenidos por Murillo (2021) muestran una similitud con este estudio, esto debido a que la mayor cantidad de muestras para ambas investigaciones, se encuentran en la categoría SM. Sin embargo, también se observaron dos categorías de marmoleo que resultan superiores a las encontradas en este estudio (SA y MA). Esta diferencia se puede deber a la edad de los animales, dado que, aunque en los dos estudios la raza utilizada era Wagyu x Brahman, los animales utilizados en el estudio de Murillo (2021) eran 12 meses superiores en edad a los animales de la presente investigación.

Smith (2015) menciona que la infiltración de grasa en la raza Wagyu se da de manera tardía, por eso es común observar la cosecha de animales mayores a 30 meses de edad. Así mismo, Zembayashi *et al.* (1999) demostraron en su estudio que conforme aumenta la edad de los animales Wagyu, se aumenta la acumulación de lípidos intramusculares en el músculo *Longissimus dorsi*.

Los grados de marmoleo obtenidos en este estudio resultan superiores si se comparan con el estudio realizado por Fernández (2021) quien evaluó hembras Brahman en pastoreo y obtuvo que todas sus canales puntuaban en el grado "Slight". Como lo menciona Alayón *et al.* (2018) la principal característica del ganado Wagyu es su capacidad para la infiltración de grasa intramuscular o marmoleo, haciéndola la raza que posee la mayor cantidad de marmoleo en el mundo (Shibu 2011), una de las características del marmoleo en esta raza es que posee una manera particular en la disposición de los adipocitos dentro del músculo, se disponen en grupos grandes, en forma de racimo de uva, mientras que para las otras razas, los adipocitos se disponen en forma de collares de perlas (Smith 2015), además poseen una alta proporción de ácidos grasos insaturados (Shibu 2011). Esta capacidad de infiltración de marmoleo perteneciente a la raza Wagyu, puede explicar los grados más altos de categorización de este proyecto, en comparación con los animales de Fernández (2021).

## Composición de la canal

En el Cuadro 16 se observa que el porcentaje de la canal representado por la región delantera (RD), la región central (RC) y la región trasera (RT) no presentaron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las interacciones (Dieta×Sexo). Así mismo, no se encontraron interacciones significativas para las variables hueso, grasa, músculo, recorte rojo (BSCH) y carne vendible.

De igual manera, no se obtuvieron diferencias significativas al evaluar el efecto de la dieta sobre los machos, en las variables RD ( $p=0,2744$ ), RC ( $p=0,4753$ ), RT ( $p=0,6290$ ), hueso ( $p= 0,3710$ ), grasa ( $p=0,6785$ ) músculo ( $p= 0,5541$ ), BSCH ( $p=0,4202$ ) y carne vendible ( $p=0,9803$ ) o sobre las hembras en las variables anteriormente descritas ( $p=0,0571$ ;  $p=0,1127$ ;  $p=0,5958$ ;  $p=0,5450$ ;  $p=0,3522$ ;  $p= 0,3804$ ;  $p= 0,9166$ ;  $p= 0,2096$  respectivamente).

**Cuadro 16.** Distribución relativa por regiones de la canal y de los tejidos que la componen en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

Región delantera (%) Sexo	Dieta (Media ± E.E)		Grasa (%) Sexo	Dieta (Media ± E.E)	
	Control	Nueva		Control	Nueva
Machos	41,1 ± 0,7	41,8 ± 0,3	Machos	11,9 ± 0,9	11,3 ± 1,2
Hembras	40,6 ± 0,4	39,4 ± 0,3	Hembras	15,6 ± 0,4	14,8 ± 0,6
p-valor	0,0706		p-valor	0,9375	
Región central (%) Sexo	Dieta (Media ± E.E)		Músculo (%) Sexo	Dieta (Media ± E.E)	
	Control	Nueva		Control	Nueva
Machos	19,1 ± 1,3	17,8 ± 0,1	Machos	54,2 ± 1,2	53,4 ± 0,7
Hembras	18,6 ± 0,4	19,5 ± 0,4	Hembras	50,6 ± 0,8	51,8 ± 0,4
p-valor	0,1321		p-valor	0,3105	
Región trasera (%) Sexo	Dieta (Media ± E.E)		BSCH (%) Sexo	Dieta (Media ± E.E)	
	Control	Nueva		Control	Nueva
Machos	39,7 ± 0,7	40,2 ± 0,4	Machos	15,2 ± 0,4	16,0 ± 0,4
Hembras	40,6 ± 0,4	40,9 ± 0,2	Hembras	15,1 ± 0,8	15,2 ± 0,2
p-valor	0,8494		p-valor	0,5462	
Hueso (%) Sexo	Dieta (Media ± E.E)		Carne Total Vendible (%) Sexo	Dieta (Media ± E.E)	
	Control	Nueva		Control	Nueva
Machos	18,6 ± 0,6	19,2 ± 0,6	Machos	69,4 ± 1,3	69,4 ± 0,6
Hembras	18,5 ± 0,4	18,0 ± 0,5	Hembras	65,8 ± 0,4	67,1 ± 0,4
p-valor	0,2455		p-valor	0,4876	

De acuerdo con el cuadro 16, se puede observar el porcentaje de músculo que corresponden a la región delantera (cuarto delantero), región central (lomo y costillar) y región trasera (cuarto trasero). Aunque no se encontraron diferencias significativas entre las interacciones evaluadas, se puede observar una tendencia a que la mayor cantidad de cortes se encuentran distribuidos entre la región delantera y la región trasera. De manera similar se puede observar en los resultados obtenidos por Fernández (2021) y Murillo (2021) quienes encontraron porcentajes mayores de carne vendible en las regiones delanteras y traseras en comparación con el lomo y costillar.

El porcentaje de hueso en la canal osciló entre el 18-19%, mientras que el porcentaje de grasa rondó entre 11% para machos y 15% para hembras, observándose una tendencia al aumento en la cantidad de grasa en las hembras vrs los machos. Por otro lado, el porcentaje de músculo estuvo ubicado entre el 53%-54% para machos y 50%-51% para las hembras y, por último, el porcentaje de recorte o BSCH osciló entre 15%-16%. Así mismo, se puede observar una tendencia en el aumento de la cantidad de carne vendible en los machos (69%) en comparación con las hembras (65%-67%).

Quesada (2019) tampoco encontró diferencias significativas al evaluar el efecto de la suplementación de semolina de arroz sobre novillos Brahman en pastoreo, encontrando valores de 16%, 2% y 80% para las variables hueso, grasa y músculo respectivamente, en los animales suplementados. Sin embargo, se puede observar que el porcentaje de grasa fue menor y el porcentaje de músculo fue mayor en el estudio de Quesada (2019) en comparación con el presente estudio. Estas diferencias podrían estar relacionadas a la edad de los animales utilizados en ambos proyectos, ya que los animales de este proyecto eran aproximadamente 10 meses superiores en edad a los animales utilizados por Quesada (2019).

Así mismo, Fernández (2021) evaluó hembras Brahman en pastoreo, con edades que oscilaron los 24 meses y obtuvo valores de 19%, 0,6%, 77% y 26% para las variables hueso, grasa, músculo y BSCH respectivamente. Encontrando

así la misma tendencia en el estudio antes mencionado, en donde los animales utilizados por Fernández (2021) presentaban menor edad que los animales utilizados en el presente estudio.

Algunos autores concuerdan en que el porcentaje de cada componente de la canal, hállese de tejido óseo, tejido graso y tejido muscular, puede depender de diversos factores dentro de los cuales se destaca la edad (do Carmo *et al.* 2017). Cada tejido crece de manera distinta y en diferentes etapas del desarrollo del animal, observándose primero el crecimiento del tejido óseo en las primeras etapas de vida del becerro, seguido del desarrollo del tejido muscular y por último el tejido graso, el cual empieza a crecer después de la pubertad del animal y crece en proporción a su tamaño, provocando de igual manera una reducción en el crecimiento del músculo conforme crece la grasa, logrando así mayores porcentajes de grasa y menores proporciones de músculo en los animales que presentan una edad avanzada (Bavera *et al.* 2005).

En un estudio realizado por Iraola *et al.* (2016) en donde evaluaron la composición de la canal de bovinos machos engordados bajo sistemas silvopastoriles, se realizaron tres ciclos productivos, los cuales estaban compuestos de dietas diferentes y fueron evaluados en animales diferentes. Los animales pertenecientes al primer ciclo obtuvieron mayor porcentaje de grasa en comparación con el ciclo II y III, los autores atribuyen esta diferencia a la diferencia de edad, esto porque los animales evaluados en el ciclo I presentaban mayor edad que el resto de los animales evaluados.

Por su parte, Murillo (2021) al evaluar machos Wagyu x Brahman, en pastoreo, con una suplementación adicional basada en harina de coquito, semolina y melaza, similar a la de este estudio, encontró valores muy similares en cuanto a la composición de la canal, obteniendo 16% en hueso, 15% en grasa, 21% en BSCH y un porcentaje de carne vendible de 68%. Así mismo, Nade *et al.* (2003) evaluaron el efecto de la suplementación con vitamina A sobre la composición de la canal de novillos Wagyu de 25 meses de edad terminados en

un sistema de estabulación y obtuvo valores de 9,5% de hueso, 37,3% de grasa y 50% de músculo.

#### 4.4 IV Etapa: Laboratorio de carnes

##### Calidad de la carne

En el cuadro 17 se observan los valores obtenidos para los espectros de color L\*, a\* y b\*. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la variable color y sus espectros en la interacción Dieta\*Sexo.

Se realizó, además, un análisis para determinar el efecto de la dieta sobre las variables L\*, a\* y b\* en los machos y se obtuvieron diferencias significativas en el espectro L\* ( $p=0,0251$ ), indicando así valores más altos para los machos pertenecientes a la dieta nueva en comparación con los machos pertenecientes a la dieta control.

**Cuadro 17.** Valores obtenidos en la evaluación del color en el músculo *Longissimus dorsi* en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

L*	Dieta (Media ± E.E)	
	Control	Nueva
Machos	37,6 ± 0,5	39,2 ± 0,2
Hembras	38,2 ± 0,2	37,9 ± 0,7
p-valor	0,0656	
a*	Dieta (Media ± E.E)	
	Control	Nueva
Machos	14,3 ± 1,3	15,6 ± 1,2
Hembras	14,2 ± 0,7	14,9 ± 1,0
p-valor	0,8058	
b*	Dieta (Media ± E.E)	
	Control	Nueva
Machos	13,1 ± 0,6	14,3 ± 0,4
Hembras	13,0 ± 0,1	13,3 ± 0,5
p-valor	0,3615	

Con respecto a la variable L\* se puede observar que se encontraron diferencias significativas entre los machos de las dos diferentes dietas, obteniendo valores más altos, es decir, carnes con más luminosidad, los machos presentes en



la dieta nueva. Horcada y Polvillo (2010) mencionan que el color puede depender de factores como el estado químico, el estado físico de las proteínas y la cantidad de grasa intramuscular presente en el músculo; por lo que es posible inferir que el aumento en el espectro L\* de los animales de la dieta nueva, se puede deber a un incremento en la cantidad de grasa ocasionada por esta (Torrescano *et al.* 2010).

Algunos autores concuerdan en que las dietas que presentan mayor cantidad de energía pueden influir positivamente en el color de la carne, por ejemplo, Hughes *et al.* (2014) realizaron un experimento para mejorar las calificaciones de color en la carne de res en la clasificación de canales, se obtuvieron datos de 1512 canales de diferentes plantas de matanza y se clasificaron de acuerdo a su sistema de alimentación, sus resultados demuestran que los animales alimentados a base de pasturas presentaron un porcentaje más bajo (26%) de colores claros en la carne en comparación con los animales alimentados a base de granos (43%-53%), los autores justifican estos resultados debido a la alta estabilidad de la mioglobina, el bajo nivel de lípidos y el bajo nivel de oxidación de las proteínas de los animales alimentados con forrajes.

Así mismo, Priolo *et al.* (2001) realizaron una revisión de 35 trabajos bibliográficos basados en el efecto de la dieta sobre las características de la calidad de carne, específicamente en el color, y encontraron que los animales que fueron terminados en sistemas de alimentación con pasturas presentaban menor luminosidad en la carne, es decir, valores para L\* menores, que los animales alimentados con concentrados. Los autores atribuyen estas diferencias a varios factores incluyendo la grasa en la canal, el pH, la actividad física, la edad, el peso al sacrificio y la grasa intramuscular.

Es importante recordar que aunque la alimentación de los animales de este estudio se basó en pastoreo, también se les suministro una suplementación extra a base de semolina y harina de coquito, la diferencia entre las dos dietas utilizadas radica en el nivel de inclusión de los dos ingredientes antes mencionados, la dieta nueva está conformada por una mayor cantidad de semolina que la dieta control, lo que le atribuye una mayor cantidad de energía, por lo que se podría asumir que

las diferencias encontradas en la variable  $L^*$  se podrían deber a la alimentación y su posible efecto en el incremento de la cantidad de grasa en los animales; valores superiores al 2,5% de marmoleo, se relacionan con la reflectancia de la luz, lo que a su vez puede producir carnes más luminosas (Barton-Gade 1981 citado por Horcada y Polvillo 2010)

El color es uno de los parámetros principales que utilizan los consumidores para calificar la carne con respecto a su calidad (Hughes *et al.* 2014, CORFOGA 2017). Los resultados de este estudio muestran rangos normales del espectro  $L^*$  según lo indicado por Torrescano *et al.* (2010) quien menciona que valores mayores a 33 se encuentran en el rango de lo “normal”; siendo los valores de este proyecto  $>37$  se puede inferir que se encuentran dentro de un nivel aceptable para el consumidor.

Valores similares fueron encontrados por autores como Fernández (2021) quien encontró un promedio de 43 para la variable  $L^*$ , en muestras de carne maduradas 28 días en húmedo, provenientes de hembras Brahman en pastoreo, por su parte, Murillo (2021) obtuvo un promedio para  $L^*$  de 38 en machos Wagyu x Brahman en pastoreo. Valores de 38 fueron encontrados por Aragonés (2021) quien evaluó animales Girolando, cuyas muestras fueron maduradas en húmedo por 28 días; en el estudio realizado por Salas y Rodríguez (2019) obtuvieron promedios de 45 en muestras, maduradas en húmedo por 14 días, de novillos Brahman estabulados.

La maduración de la carne también posee un efecto sobre la variable color. Insausti *et al.* (1999), en su estudio realizado, el cual se basaba en evaluar el efecto de dos sistemas de maduración (empacado al vacío y bajo atmosfera controlada) sobre el color de la carne en diferentes razas presentes en España, encontraron que las carnes empacadas al vacío presentaban valores menores de  $L^*$  pero mayores de  $a^*$  que las muestras maduradas bajo atmosferas controladas, el color rojo de la carne ( $a^*$ ) decreció bajo la atmosfera controlada, así mismo, Eikelenboom *et al.* (2000) encontraron diferencias significativas al evaluar el color de la carne en animales Piemontese x Holstein Friesian de muestras maduradas

en comparación con muestras de carne “frescas”, los datos obtenidos muestran valores de  $a^*$  menores en las muestras frescas vrs las muestras maduras, los autores atribuyen estas diferencias a un posible aumento en la dispersión debido al proceso de maduración así como también a una mejor oxigenación dado que la respiración muscular se encuentra ausente en el músculo madurado.

Dentro de los factores que más afectan el color de la carne se puede mencionar la cantidad y el estado de la mioglobina debido a su relación con el color rojo de la carne, así mismo, estos dos factores, dependen a su vez de variables como la edad, la especie y el tipo de músculo presente en el animal (Oyagüe 2007). Para la variable  $a^*$  la cual es la encargada de mostrar el índice del color rojo, no se encontraron diferencias al evaluar el efecto de la suplementación en los machos y en las hembras. Eikelenboom *et al.* (2000) tampoco encontraron diferencias significativas al evaluar el efecto de la inclusión de la vitamina E en la dieta, sobre las características del color en el músculo *Longissimus dorsi*, obteniendo valores para  $a^*$  de 20 a los 5 días de madurado.

Holman *et al.* (2007) aseguran que valores superiores a 14,4 para la variable  $a^*$  se encuentran dentro de un rango aceptable para consumidores, en este estudio se obtuvo un promedio de 14,7. Resultados superiores a los presentes fueron encontrados por Murillo (2021) con un promedio de 17, 5, además de Fernández (2021) quien encontró valores de 15,3 y Aragonés (2021) quien reportó valores de 14,8 para la misma variable.

En cuanto a la variable  $b^*$ , la cual se encuentra relacionada con los colores amarillos, se obtuvo un promedio de 13,4 en este estudio. Oyagüe (2007) menciona que otros factores influyentes en el color se encuentran asociados a la alimentación, por ejemplo, la presencia de carotenoides, principalmente xantofilas, influyen las coloraciones amarillas debido a su presencia en la grasa y en la carne, los carotenoides son pigmentos que se encuentran principalmente en las plantas y son absorbidos en el animal por medio de su ingesta (Meléndez *et al.* 2004).

En el Cuadro 18 se observan los valores obtenidos para la variable fuerza de corte (FC) y pérdidas por cocción (PC). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables antes mencionadas según el análisis estadístico de interacción (Dieta×Sexo).

Además del análisis de interacción, se realizó también un análisis para observar el efecto de la dieta (control o nueva) sobre las hembras y el efecto de la dieta (control o nueva) sobre los machos para las variables FC y PC. Diferencias estadísticas fueron encontradas para la variable fuerza de corte en hembras ( $p=0,0180$ ) y en machos ( $0,0318$ ), indicando así que las hembras de la dieta control presentaron mayor FC que las hembras de la dieta nueva y de igual manera, los machos de la dieta control presentaron mayor FC que los machos de la dieta nueva. Así mismo, los machos pertenecientes a la dieta control presentaron mayor cantidad de pérdidas por cocción que los machos pertenecientes a la dieta nueva ( $p=0,0410$ ).

También se realizó una comparación de las dietas sin considerar el sexo del animal, y se obtuvo que, en general, los animales de la dieta control presentaron mayor fuerza de corte ( $p=0,0028$ ) y mayor porcentaje de pérdidas por cocción ( $0,0180$ ) que los animales pertenecientes a la dieta nueva.

**Cuadro 18.** Resultados obtenidos para fuerza de corte (kg) y pérdidas por cocción (%) evaluadas en el músculo *Longissimus dorsi* en machos castrados y hembras Wagyu x Brahman. Hacienda Sur, Parrita, Puntarenas, Costa Rica, 2021.

Fuerza de corte (kg)	Dieta (Media ± E.E)		
	Sexo	Control	Nueva
Machos		2,2 ± 0,1	1,8 ± 0,03
Hembras		2,8 ± 0,1	1,8 ± 0,2
p-valor		0,1082	
Pérdidas por cocción (%)	Dieta (Media ± E.E)		
	Sexo	Control	Nueva
Machos		30,3 ± 1,5	25,3 ± 1,1
Hembras		29,8 ± 1,3	27,4 ± 1,5
p-valor		0,3715	

Existen muchos factores tanto externos como internos que pueden influir en la terneza de la carne. La edad, el componente racial, el sexo, el tipo de músculo y la localización de este, así como el temperamento del animal y los procesos industriales posterior al sacrificio de los animales, pueden ser algunos factores externos influyentes en la suavidad de la carne (Horcada y Polvillo 2010). Algunos autores concuerdan en que la alimentación no es factor influyente en la suavidad (Sinclair *et al.* 1998 citado por Chacón 2004) sin embargo, en la presente investigación quedó demostrado el efecto de la dieta sobre la variable fuerza de corte (FC). Se evaluó una dieta control (7166 Kcal/EM) y una dieta nueva (7292 Kcal/EM) sobre animales F1 Wagyu x Brahman en un sistema de pastoreo con suplementación extra y los resultados demostraron que los animales pertenecientes a la dieta más energética (dieta nueva), tanto hembras como machos, obtuvieron FC menores que los animales pertenecientes a la dieta control.

French *at al.* (2000) y Horcada y Polvillo (2010) mencionan que la alimentación puede influir en la cantidad de grasa presente en el organismo, es por esta razón que en los sistemas de producción se ha implementado la utilización de granos como suplementación, esto porque la presencia de granos en la dieta está correlacionada con el aumento de grasa en la canal, caso contrario sucede cuando la dieta está basada solo en forrajes, los cuales tienen una correlación negativa con la cantidad de grasa. Así mismo, la cantidad de grasa en la carne está correlacionada con la suavidad y la jugosidad de esta, Chacón (2004) y Nishimura (2010) explican que su relación se debe a que el depósito de grasa intramuscular puede producir el debilitamiento del tejido conectivo, mejorando así la textura de la carne. Es por esto por lo que las relaciones existentes entre dietas energéticas-cantidad de grasa en la canal y cantidad de grasa en la carne-suavidad pueden explicar las diferencias encontradas entre la variable FC para las dietas utilizadas en este estudio.

Existen otros factores que pueden influir en las fuerzas de corte, Rodríguez *et al.* (2014) mencionan que las FC pueden diferir dependiendo del tipo de

músculo que se esté evaluando, por ejemplo, en su estudio se observa que el músculo *Longissimus dorsi lumborum* obtuvo las fuerzas de corte más altas, mientras que el *Psoas major* obtuvo las fuerzas de corte menores y por ende la carne más suave. Los autores sugieren que la terneza en el corte Tenderloin (proveniente de los músculos *Psoas major* y *Psoas minor*) se debe a la poca cantidad de colágeno y la longitud de los sarcómeros presentes en el músculo (Rhee *et al.* 2004).

Por otro lado, el tipo y el tiempo de maduración son factores influyentes en la suavidad de la carne. Rodríguez *et al.* (2014) encontraron diferencias significativas al evaluar la fuerza de corte sobre diferentes músculos y diferentes tiempos de maduración; los músculos *Longissimus dorsi lumborum* y *Gluteus medius* aumentaron su suavidad conforme aumentaban los días de maduración, además, Fernández (2021) demostró también que conforme se aumentan los días de maduración se aumenta la suavidad de la carne de hembras Brahman.

Según un estudio realizado por Huffman *et al.* (1996) en donde se evaluaba el efecto de la suavidad de carne en la satisfacción del consumidor, encontraron datos que demuestran que el 98% de las personas muestreadas encuentran aceptable, en términos de suavidad, una fuerza de corte en el Warner-Bratzler de 4,1 kg. Los datos obtenidos en este estudio se encuentran muy por debajo de lo que se considera aceptable para el 98% de las personas, se podría inferir que la suavidad de carne obtenida en este estudio cumple con los estándares de casi el 100% de los consumidores, haciéndola apetecible y fácil de comercializar en un mercado de calidad más exigente.

La fuerza de corte (FC) obtenida en este estudio resulta inferior a la encontrada por diversos autores. En el Cuadro 19, se pueden observar las fuerzas de corte obtenidas por diferentes autores en Costa Rica, algunos estudios difieren en las razas utilizadas, edades, sexo, el tipo de alimentación y los métodos utilizados para la maduración de la carne. Sin embargo, se puede observar como la suavidad de carne que presentaron los animales en esta investigación, supera a todas las demás investigaciones.

**Cuadro 19.** Valores de fuerza de corte obtenidos en diversos estudios de terneza en el músculo *Longissimus dorsi lumborum* en bovinos y bufalinos en Costa Rica.

<i>Longissimus dorsi</i> (Lomo ancho)	Fuerza Corte Maduración en Húmedo (2 días, Kg)	Fuerza Corte Maduración en Húmedo (14 días, Kg)	Fuerza Corte Maduración en Húmedo (28 días, Kg)	Fuerza Corte Maduración en Seco (45 días, Kg)
Arce (2006) <sup>1</sup>	9.4	6.2	5.2	ND
Rodríguez et al. (2012) <sup>2</sup>	10.5	10.5	9.0	ND
Rodríguez et al. (2014) <sup>3</sup>	10.2	9.6	7.6	ND
Arguedas y Rodríguez (2017) <sup>4</sup>	6.9	5.6	5.8	ND
López y Rodríguez (2017) <sup>5</sup>	9.2	8.2	6.2	ND
Pérez y Rodríguez (2019) <sup>6</sup>	6.2	5.1	ND	ND
Salas y Rodríguez (2019) <sup>7</sup>	ND	5.0	ND	ND
Quirós y Rodríguez (2020) <sup>8</sup>	6.7	5.5	ND	ND
Vargas y Rodríguez (2020) <sup>9*</sup>	9.3	8.5	ND	ND
Fernández y Rodríguez (2020) <sup>10</sup>	11.0	7.0	4.9	ND
Murillo (2021) <sup>11</sup>	ND	ND	ND	2.8
Villalobos (2022) <sup>12</sup>	ND	ND	ND	1.8

ND: No hay dato, no fue evaluado para dicha investigación

9\*(Tesis privada, no publicada)

1-Brahman - toros

2- Brahman - toros

3- Brahman×Charolais

4- Búfalos - castrados

5- Búfalos - castrados

6- Brangus - toretes

7- Brahman – toretes estabulados

8- Brahman – terneros (7 meses)

9- Bovinos de razas variadas – toros

10- Brahman - novillas

11- Wagyu×Brahman - toretes

12- Wagyu×Brahman - toretes

Dentro de las ventajas que presentaban los animales de este estudio en comparación con algunas de las investigaciones anteriores, se encuentra la raza, que, aunque en este investigación se utilizó un cruce *Bos indicus x Bos taurus*, la raza Wagyu aporta una predisposición a la deposición de grasa intramuscular; además la edad de los animales oscilaba los 36 meses, por lo que es bien reconocido que, al aumentar la edad en este tipo de razas tardías, se aumenta la

suavidad de carne por un efecto de la deposición de grasa intramuscular. Por otro lado, la alimentación de los animales estudiados estaba basada en pastoreo, sin embargo, la suplementación extra proporcionada contenía una alta porción de energía, ayudando ésta a la deposición de grasa de cobertura e intramuscular en las canales. Estos factores en conjunto con el manejo adecuado que recibieron estos animales pre y post sacrificio podrían explicar la alta suavidad de carne encontrada en esta investigación.

Diversos autores concuerdan en que existe una correlación negativa entre la cantidad de grasa presente en el músculo y las pérdidas por cocción ( $P_c$ ), es decir, a mayor cantidad de grasa, menor serán las pérdidas por cocción (Chacón 2004, Ueda *et al.* 2007), Fernández (2021) obtuvo menores  $P_c$  en muestras a las cuales no se les retiró la grasa superficial, en comparación con aquellas a las cuales si se les retiró la grasa previo a la cocción (T1 vrs T2 y T3 respectivamente). Esto es explicado por la capacidad aislante que presenta la grasa, permitiendo así que la carne sea sometida a procesos térmicos y evitando la gran pérdida de agua de esta (Camacho 2008, Horcada y Polvillo 2010).

Los resultados de este estudio mostraron que los machos pertenecientes a la dieta nueva, presentaron menores  $P_c$  que los machos pertenecientes a la dieta control (25,3% vrs 30,3% respectivamente), esto podría explicarse por lo mencionado anteriormente; es posible que la dieta nueva haya influenciado positivamente la cantidad de grasa en la canal, provocando así que existiera un efecto aislante y que se retuviera mayor cantidad de líquidos a la hora de la cocción en aquellas muestras pertenecientes a los animales de la dieta nueva, sin embargo, esto es solo una hipótesis, ya que no se puede saber a ciencia cierta si la dieta nueva presentaba mayor cantidad de grasa que la dieta vieja dado que no se realizó un análisis de extracto etéreo.

En un estudio realizado por Ripoll *et al.* (2013) en donde se evaluó el efecto de la dieta: alimentación a base de pasturas o suplementación con concentrados, sobre la calidad de la carne de terneros, encontraron que la carne de los terneros criados con la dieta suplementada, indiferentemente del tiempo de maduración,



presentaron menores pérdidas por cocción que los terneros criados a base de forrajes. Los autores explican que dichas diferencias se pueden deber a la mayor humedad y la menor cantidad de grasa intramuscular de los terneros alimentados con pasturas vrs los terneros alimentados con concentrados. Además, diferencias estadísticas significativas para la variable Pc fueron encontradas por Brown *et al.* (2007) al evaluar novillos alimentados en “feedlots” vrs novillos alimentados en pasturas, en donde los engordados en corral obtuvieron menores Pc y FC que los novillos alimentados con forrajes.

Chiofalo *et al.* (2020) encontraron que, al aumentar el nivel de inclusión de energía en la dieta, se aumenta la cantidad de grasa intramuscular, así como también se disminuye las pérdidas por cocción y la fuerza de corte en toros Limousin. Sin embargo, Razminowicz *et al.* (2006) no pudieron encontrar diferencias significativas en la variable pérdidas por cocción entre dos sistemas de alimentación diferentes (uno a base de pasturas y otro convencional).

Las pérdidas por cocción están negativamente correlacionadas con la jugosidad y la terneza (Serra *et al.* 2008), esto se demuestra en este estudio en donde se observó una correlación positiva ( $r_s$ , 0,66,  $p=0,0056$ ,  $n=16$ ) entre las pérdidas por cocción y la fuerza de corte, así mismo, los machos pertenecientes a la dieta control, presentaron mayores pérdidas de cocción y también mayores fuerzas de corte, influyendo así negativamente en la suavidad de la carne. El estudio realizado por Chávez *et al.* (2012) también muestra una relación entre la fuerza de corte y las pérdidas por cocción; evaluaron las propiedades de cocción de diferentes músculos en diferentes razas presentes en el país de México y encontraron que el músculo (*Infraespinatus*) que presentaba la mayor suavidad de carne, también presentaba la menor cantidad de pérdidas por cocción.

Ueda *et al.* (2007) evaluaron el efecto de la deposición de grasa intramuscular sobre las características de la carne en novillos negros japoneses (Wagyu) y mostraron que existe una correlación negativa entre el contenido de grasa y las pérdidas por cocción, además, otra correlación negativa fue encontrada entre la cantidad de grasa y la fuerza de corte ( $r^2= -0,83$ ), a mayor

cantidad de grasa, menor fuerza de corte. Los autores atribuyen estas correlaciones a la descomposición estructural de las fibras musculares o el tejido conectivo afectado por la acción de la calpaína.

La importancia de las pérdidas por cocción radica en que la jugosidad de la carne es uno de los principales atributos que los consumidores consideran a la hora de comprar el producto, es por esto que lo ideal es obtener menores  $P_c$  para obtener así carnes más jugosas (CORFOGA 2017). Es posible obtener un producto diferenciado si se cuenta con características de calidad de la carne como la suavidad, la jugosidad y un color agradable que demuestre frescura; enfocarse en la mejora de estas cualidades puede concederle al productor la oportunidad de participar en sectores del mercado más exclusivos que buscan la calidad antes que la cantidad.

## 5. CONCLUSIONES

La interacción Dieta×Sexo no tuvo efecto significativo sobre la variable de ganancia de peso (GDP). Sin embargo, si se evidenció el efecto de la dieta sobre la GDP en las hembras (0,68 kg dieta nueva vrs 0,53 kg dieta control).

Para las variables evaluadas por medio de ultrasonido tales como el EGD, PM, marmoleo y EGG, no se obtuvieron diferencias significativas debidas a la interacción Dieta×Sexo. Sin embargo, se demostró el efecto del sexo sobre las variables EGD y EGG en donde las hembras depositaron más grasa en ambas secciones en comparación con los machos.

No se encontraron diferencias significativas en la interacción Dieta×Sexo para las variables de rendimiento de la canal, PPF, PPP, PCC, merma por transporte, RPC, dentición, conformación muscular, distribución de la grasa y color de la grasa.

Las variables asociadas a la calidad de canal (pH, temperatura, AOL, EGD) no presentaron diferencias significativas según la interacción Dieta×Sexo. Sin embargo, se logró observar una diferencia significativa para la variable AOL entre cada sexo, mostrándose así mayores valores de AOL en los machos de ambas dietas, en comparación con las hembras de ambas dietas.

El marmoleo se encontró distribuido principalmente en tres categorías (Small<sup>0</sup>, Small<sup>5</sup> y Moderate<sup>0</sup>). Sin embargo, no se encontró efecto de la interacción Dieta×Sexo para esta variable.

No se encontraron diferencias significativas para la interacción Dieta×Sexo sobre las características de composición de la canal, presentándose valores similares entre las combinaciones para las variables, RD, RC, RT, hueso, grasa, músculo, BSCH y rendimiento de carne vendible.

El rendimiento de carne vendible en la región trasera y delantera fue similar en machos y hembras. Sin embargo, hubo una tendencia a encontrar mayor

porcentaje de carne vendible en machos, esto influenciado, posiblemente, por el incremento en el porcentaje de grasa en las hembras.

En cuanto a la variable color de la carne, se pudo observar el efecto de la dieta sobre el espectro  $L^*$ , obteniendo así valores mayores en los machos pertenecientes a la dieta nueva en comparación a los machos de la dieta control.

Los valores obtenidos para las variables  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  se encontraron dentro del rango normal para la carne de res.

Se encontraron diferencias significativas para la variable fuerza de corte por efecto de la dieta sobre los machos y sobre las hembras. Obteniendo así valores mayores de FC para los machos y hembras pertenecientes a la dieta control (2,2 kg y 2,8 kg respectivamente) en comparación con los machos y hembras pertenecientes a la dieta nueva (1,8 kg y 1,8 kg respectivamente).

Los machos pertenecientes a la dieta nueva presentaron menores pérdidas por cocción que los machos pertenecientes a la dieta control. Así mismo, se encontró una correlación positiva ( $r_s$ , 0,66,  $p=0,0056$ ,  $n=16$ ) entre las pérdidas por cocción y la fuerza de corte.

Los valores de fuerza de corte encontrados en este estudio, comparados con otras investigaciones realizadas en Costa Rica, demuestran valores muy altos en cuanto a terniza en la carne. Pudiendo ubicar así a Hacienda Sur dentro de las mejores empresas productoras de carne de res de calidad en el país.

## 6. RECOMENDACIONES

Evaluar una dieta nueva, con los mismos ingredientes, pero diferentes proporciones de cada uno, basada en los requerimientos de los animales.

Determinar por medio de diferentes edades de matanza, el cambio en las características de la canal y la calidad de la carne para así establecer la edad adecuada que proporcione calidad tanto de la canal como de la carne.

Realizar evaluaciones del extracto etéreo y perfil de lípidos en la carne para cuantificar la cantidad de grasa y los tipos de ácidos grasos presentes en la misma con la dieta nueva.

Realizar estudios de colágeno en el músculo *Longissimus dorsi* para caracterizarlo de una mejor manera y analizar su relación con la suavidad de la carne.

Evaluar los atributos de calidad de la carne como la suavidad, jugosidad, color, sabor y aroma mediante un panel sensorial especializado.

Evaluar diferentes tiempos de maduración en seco sobre las características de la calidad de la carne en el músculo *Longissimus dorsi*.

Utilizar los valores de fuerza de corte obtenidos en este estudio para fines de mercadeo y así elevar el potencial de comercialización del producto.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo, G; Cerón, M; Restrepo, L. 2008. Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 21:39-58.
- Ahnström, ML; Seyfert, M; Hunt, MC; Johnson, DE. 2006. Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Sci.* 73(4):674–679. doi:10.1016/j.meatsci.2006.03.006.
- Alayón, S; Cavia, N; Ciganda, F. 2018. Crecimiento y caracterización morfológica de toros de la raza Wagyu en sistemas pastoriles. Tesis Lic. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. 35p.
- Alonso, E. 2015. Comparación de datos productivos entre novillos y machos enteros jóvenes en engorde a corral. Tesis Med. Vet. Tandil, Argentina. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). 17p.
- Alvarado, M. 2016. 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. Tesis Lic, San Pedro, San José. Universidad de Costa Rica. 75p.
- Álvarez, R; Valera, M; Alcalde, M. 2014. Nota técnica: Carne de vacuno normal vs. DFD: valoración por un panel de consumidores y comparación mediante pH y color. *Información Técnica Económica Agraria (ITEA).* 110(4):368-373.
- Aragonés, P. 2021. Caracterización de la canal y calidad de la carne bovina en toretes de raza Girolando (Gyr x Holstein) estabulados en Altamira de Aguas Zarcas, San Carlos, 2021. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 121p.

- Arce, E. 2006. Efecto de la maduración sobre la suavidad de la carne de animales cebuinos bajo condiciones de pastoreo. Tesis Lic. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica.
- Arias, E. 2021. Pérdidas de peso en animales bovinos (*Bos indicus* y *Bos taurus*) que fueron transportados, alojados y subastados. Tesis Lic, San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 73p.
- Arguedas, K. 2017. Características de la canal, el rendimiento y calidad de la carne de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en La Vega de Florencia, San Carlos. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 98p.
- ASOCEBU. 2021. Razas. Consultado el 19 de oct. 2021. Disponible en <https://www.asocebu.com/index.php/razas>
- Atencio-Valladares, O; Huerta-Leidenz, N; Jereztimeure, N. 2008. Predicción del rendimiento en cortes de carnicería de bovinos venezolanos. Rev. Científ. FCV-LUZ XVIII. (6): 704-714.
- Barrera, R; Franco, J; Bianchi, G; Feed, O; Bentancur, O; Benia, P. Stefanell, V. 2008. Efecto de la temperatura de refrigeración sobre la calidad de la carne de novillos Holstein a lo largo de la maduración. Técnica Pecuaria en México. 46(2):137-145.
- Bavera, G. 2005. Cronometría dentaria. Cursos de Producción Bovina de Carne. Facultad de Agronomía y Veterinaria Universidad Nacional de Río Cuarto (en línea, sitio web). Consultado 17 de feb. 2022. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/denticion\\_y\\_protosis/08-cronometria\\_dentaria.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/denticion_y_protosis/08-cronometria_dentaria.pdf)
- Bavera, G. 2011. Razas Bovinas y Bufalinas de la Argentina. Imberti-Bavera. Río Cuarto. Argentina. 270p.

- Bavera, G; Bocco, O; Beguet, H; Petryna, A. 2005. Crecimiento, desarrollo y precocidad. Sitio Argentino de Producción Animal (En línea, sitio web). Consultado el 14 de marzo de 2022. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/externo/05-crecimiento\\_desarrollo\\_y\\_precocidad.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/externo/05-crecimiento_desarrollo_y_precocidad.pdf)
- Berman, J. 2011. Desarrollo de alimento animal melazado, y enriquecido a partir de insumos no-convencionales y subproductos de la caña de azúcar para engorda de ganado bovino en la etapa de finalización. Tesis M. SC, Altamira, México. Instituto Politécnico Nacional. 99 p.
- Blanco, M. 2004. Valoración de la terneza de la carne bovina: Influencia del colágeno de tipo I y III. Cuadernos del CEAgr. 6: 127-132.
- Boles, J; Pegg, R. 2010. Meat color. Montana State University and Saskatchewan Food Product Innovation (en línea, sitio web). Consultado 5 de oct. 2021. Disponible en <http://safespectrum.com/pdfs/meatcolor.pdf>
- Braña, D; Ramírez, E; Rubio, M; Sánchez, A; Torrescano, G; Arenas, M; Partida, J; Ponce, E; Ríos, F. 2011. Manual de análisis de calidad en muestras de carne. Folleto técnico No. 11. Querétaro, México. 83p.
- Bretschneider, G. 2005. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle. Liv. Prod. Sci. 97:89-100.
- Brown, A; Camfield, P; Rowe, C; Rakes, L; Pohlman, F; Johnson, Z; Sandelin, B. 2007. Effect of beef growth type on cooking loss, tenderness, and chemical composition of pasture-or feedlot-developed steers. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. 20(11):1746-1753.
- Busquets, I; Perdigón, L; Pérez, I. 2015. Medición del espesor de grasa subcutánea y su correlación con la condición corporal mediante apreciación visual. Tesis Lic. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. 42p.



- Caetano, S.L; Savegnago, R; Boligon, A; Ramos, S; Chud, T; Lôbo, R; Munari, D. 2013. Estimates of genetic parameters for carcass, growth, and reproductive traits in nellore cattle. *Liv. Sci.* 155:1-7.
- Calvo, J. 2010. Comparación de características productivas y de la canal de híbridos Wagyu con las razas maternas Overo colorado, Hereford y Angus en Aisén. *Med Veterinario*. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 53p.
- Camacho, R. 2008. Evaluación del efecto de algunas características inherentes al animal sobre la terniza de la carne bovina. *Comunicaciones en estadística*. 1(1):43-54.
- Campbell, R; Hunt, M; Levis, P; Chambers, E. 2001. Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *J Food Sci.* 66:196–9.
- Capucille, D; Poore, M; Rogers, G. 2002. Castration in Cattle: Techniques and Animal Welfare Issues. *Compendium*. 24(9):66-73.
- Cardona, J. 2011. Informe de proyecto de investigación: Efecto de la castración y la pseudocastración con elastrador al nacimiento, sobre el crecimiento, calidad la carne y de la canal, en ganado cebú comercial, bajo condiciones de trópico húmedo en la Zona Norte de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 86p. Código VIE 5402-2151-8901.
- Castro, A. 2002. Ganadería de carne. Gestión empresarial. Producción Bovina. Tomo II. EUNED, Costa Rica. 259p.
- Cerino, G. 2010. Factores relacionados con los grados de calidad y rendimiento de la canal de novillos engordados en corral. Tesis M.SC. Buenavista, México, UAAAN. 43p.
- Chacón, A. 2004. La suavidad de la carne: implicaciones físicas y Bioquímicas asociadas al manejo y proceso Agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*. 15(2): 225-243.

- Chávez, A; Pérez, E; Rubio, M; Méndez, R; Delgado, E; Díaz, D. 2012. Chemical composition and cooking properties of beef forequarter muscles of Mexican cattle from different genotypes. *Meat Science*. 91(2):160-164.
- Chiofalo, V; Liotta, L; Lo Presti, V; Gresta, F; Di Rosa, A; Chiofalo, B. 2020. Effect of dietary olive cake supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of beef cattle. *Animals*. 10(7):1176.
- Colin, C. 2010. Caracterización del crecimiento y de la canal en bovinos machos cruzados *Bos taurus* / *Bos indicus* en pastoreo en el trópico. Tesis M. SC. México. Universidad Veracruzana. 79p
- Corea, M; Naredo, C. 2020. Nutrición mineral en ganadería. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (en línea, sitio web). Consultado 21 de dic. 2021. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/nutricion\\_mineral\\_en\\_ganaderia.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/nutricion_mineral_en_ganaderia.pdf)
- CORFOGA (Corporación fomento ganadero). 2012. Datos estadísticos: Clasificación de Canales Bovinas. (en línea, sitio web). Consultado 17 de dic. 2021. Disponible en <https://www.corfoga.org/download/datos-estadisticos-clasificacion-de-canales-bovinas/>
- CORFOGA (Corporación fomento ganadero). 2015. Situación actual y perspectivas de la ganadería costarricense. (en línea, sitio web). Consultado 23 de jul. 2020. Disponible en <https://www.corfoga.org/download/situacion-actual-y-perspectivas-de-la-ganaderia-costarricense/>
- CORFOGA (Corporación fomento ganadero). 2017. Informe estadístico anual 2017 (en línea, sitio web). Consultado 23 de jul. 2020. Disponible en <https://www.corfoga.org/download/informe-estadistico-anual-2017/>
- CORFOGA (Corporación fomento ganadero). 2019. Informe estadístico anual 2019 (en línea, sitio web). Consultado 23 de jul. 2020. Disponible en <https://www.corfoga.org/download/informe-estadistico-anual-2019/>

- CORFOGA (Corporación fomento ganadero). 2020. Informe estadístico anual 2020 (en línea, sitio web). Consultado 23 de jul. 2020. Disponible en <https://www.corfoga.org/download/informe-estadistico-anual-2020/>
- CORFOGA (Corporación Ganadera Nacional). 2017. Informe de Consumo, Uso y Actitudes al Consumo de Carne de Res (CUAS 2017). San José, Costa Rica, API360. 63p.
- Correia, B; Carvalho, G; Oliveira, R; Pires, A; Ribeiro, O; Silva, R; Leão, A; Simionato, J; Carvalho, B. 2016. Production and quality of beef from young bulls fed diets supplemented with peanut cake. *Meat Sci.* 118:157-163. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.03.017
- Cuadro, F; Prieto, D. 2012. Alternativas tecnológicas ante y post mortem para mejorar la terneza de la carne en novillos Holando. Tesis Doc. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. 57p.
- Dashdorj, D; Tripathi, V.K; Cho, S; Kim, Y; Hwang, I. 2016. Dry aging of beef; Review. *J Anim Sci Technol* 58(20). <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0101-9>
- Desdémona, E. 2017. Mejorando la terneza de la carne del ganado bovino. *Revista Veterinaria.* 52(5): 90-100.
- do Carmo, T; Peripolli, V; Gonçalves, J; Bergmann, C; Soares, M; Restle, J; Kindlein, L; McManus, C. 2017. Carcass characteristics and meat evaluation of Nelore cattle subjected to different antioxidant treatments. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 46(2): 138-146.
- Dunne, P; Monahan, F; O'Mara, F; Moloney, A. 2009. Colour of bovine subcutaneous adipose tissue: A review of contributory factors, associations with carcass and meat quality and its potential utility in authentication of dietary history. *Meat Science.* 81(1):0–45. doi: 10.1016/j.meatsci.

- Eikelenboom, G; Hoving-Bolink, A; Kluitman, I; Houben, J; Klont, R. 2000. Effect of dietary vitamin E supplementation on beef colour stability 54(1):0-22. doi:10.1016/s0309-1740(99)00054-6
- El-Dean, A; Morton, J; Fayaz, Z; Kong, L. 2017. Meat color: Factors affecting color stability. Encyclopedia of Food Chemistry. 1:202-210.
- Elizondo, J. 2017. Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. Agronomía Mesoamericana. 28(2):329-340.
- FAO. 2007. Buenas prácticas para la industria de la carne (en línea, sitio web). Consultado 21 de dic. 2021. Disponible en <https://www.fao.org/3/y5454s/y5454s.pdf>
- Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). s. f. Salvado de arroz blanco (en línea, sitio web). Consultado 26 de ago. 2021. Disponible en [http://fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/salvado-de-arroz-blanco-14-ee](http://fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/salvado-de-arroz-blanco-14-ee)
- Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). s. f. Melazas de caña (en línea, sitio web). Consultado 3 de ene. 2022. Disponible en [http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/melazas-de-ca%C3%B1a](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/melazas-de-ca%C3%B1a)
- Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). 2015. Harina de extracción de palmiste (en línea, sitio web). Consultado 26 de ago. 2021. Disponible en <http://fundacionfedna.org/node/440>
- Federación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). s. f. Melazas de caña (en línea, sitio web). Consultado 26 de ago. 2021. Disponible en [http://fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/melazas-de-ca%C3%B1a](http://fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/melazas-de-ca%C3%B1a)

- Ferguson, D; Warner, R. 2008. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants?. *Meat Sci.* 80(1):0–19.
- Fernández, A. 2021. Rendimiento y calidad de la carne de ganado cebú finalizado en sistemas de estabulación y pastoreo; La Fortuna, San Carlos, 2020. Tesis Lic. Alajuela, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 117p.
- Ferreira, F; Bernardo, APS; Gomes, CL; Pflanzner, SB. 2018. Effect of aging temperature on the physicochemical quality of dry- and wet-aged beef. *Meat and Muscle Biology.* 2(2):121. doi:10.22175/rmc2018.108.
- Fitzhugh, H. 1976. Análisis de curvas de crecimiento y estrategias para alterar su forma. *J. Anim. Sci.* 42:1036-1051.
- Franco, J; Bianchi, G; Feed, O; Garibotto, G; Ballesteros, F; Betancur, O. Carrere, M. Chiruchi, J. 2009. Efecto de la estimulación eléctrica de la canal sobre la calidad de la carne de vacunos de pastoreo. *Separata ITEA.* 105(4):313-323.
- French, P; O’Riordan, E; Monahan, F; Caffrey, P; Vidal, M; Money, M; Troy, D; Moloney, A. 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate based diets. *Meat Science.* 56: 173-180.
- Gallo, C; Apaoblaza, A; Pulido, R; Jerez-Timaure, N. 2013. Efecto de una suplementación energética en base a maíz roleado sobre las características de la calidad de la canal y la incidencia de corte oscuro en novillos. *Arch. Med. Vet.* 45(3).
- Galuh, T; Baatar, D; Joshi, N; Gu, S. 2018. Development of marbling in beef cattle can be modulated through the control of adipogenic activity. Atlantis Press. 172p.
- García, J. 2020. Maduración de carne vacuna: beneficios, prácticas y retos en la industria cárnica: Revisión de Literatura. Tesis Lic. Francisco Morazán, Honduras. Universidad Zamorano. 38p

- Gardón, J. 2017. Predicción de parámetros asociados a la calidad de carne en ganado vacuno mediante ecografía (en línea, sitio web). Consultado el 18 de marzo del 2022. Disponible en <https://www.portalveterinaria.com/articoli/articulos/12276/prediccion-de-parametros-asociados-a-calidad-de-carne-en-ganado-vacuno-mediante-ecografia.html>
- Gauttier, M. 2003. Avaliacao do ganho de peso corpóreo, características da carcaca e qualidade da carne em bezerros submetidos a orquiectomía. Tesis Ms.C. Botucatu, BR. FMVZ-UNESP. 100p.
- Genther, O; Hansen, S. 2012. Investigation of the impact of mineral status and use of an injectable mineral on beef cattle performance (en línea, sitio web). Consultado 31 de ago. 2021. Disponible en [https://lib.dr.iastate.edu/ans\\_air/vol658/iss1/25/](https://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol658/iss1/25/)
- Gotoh, T; Nishimura, T; Kuchida, K; Mannen, H. 2018. The Japanese Wagyu beef industry: Current situation and prospects - A review. Asian-Australasian Journal of animal sciences. 31(7):933.
- Griffin, P; Ginther, O. 1992. Research applications of ultrasonic imaging in reproductive biology. Journal of animal science. 70(3):953-972.
- Guerra-Martínez, P; Salvador De Gracia-Gálvez, M; Bernal-Rosas, J. L; Martínez-Delgado, C. I; Villarreal-Ruíz, A. A; Gracia-Victoria, M. M; Ibarra-Guerra, O. 2020. Condición calórica corporal de cruces wagyu-brahman en un clima del bosque húmedo tropical, Panamá. Revista Ciencia Agropecuaria. 30:1-26.
- Hale, D; Goodson, K; Savell, J. 2013. USDA Beef Quality and Yield Grades. Texas A&M. (en línea, sitio web). Consultado 3 de ene. 2022. Disponible en <https://meat.tamu.edu/beefgrading/>
- Holman, F; Rivas, L; Pérez, E; Castro, C; Shuetz, P; Rodríguez, J. 2007. Cadena de Carne Bovina en Costa Rica: Identificación de Temas Críticos para

Impulsar su Modernización, Eficiencia y Competitividad. Cali, Colombia, CIAT. 23p.

Horcada, A; Polvillo, O. 2010. La producción de carne en Andalucía: Conceptos básicos de la carne. Polvillo, M. Andalucía, España, Jirones de Azul, S.L. 431p.

Huffman, K; Miller, M; Hoover, L; Wu, C; Brittin, H; Ramsey, C. 1996. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of animal science*. 74(1):91-97.

Hughes, J; Kearney, G; Warner, R. 2014. Improving beef meat colour scores at carcass grading. *Animal Production Science* 54(4):422. doi:10.1071/AN13454

Insausti, K; Beriain, M; Purroy, A; Alberti, P; Lizaso, L; Hernandez, B. 1999. Colour stability of beef from different Spanish native cattle breeds stored under vacuum and modified atmosphere 53(4):0–249. doi:10.1016/s0309-1740(99)00063-7

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). 2001. Ultrasonido y otras medidas fenotípicas para la predicción de composición de la carcasa (en línea, sitio web). Consultado 10 de dic. 2021. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14432230209155402.pdf>

Iraola, J; Fraga, L; García, Y; Hernández, J; Tuero, O. 2016. Evaluación de canales de bovinos machos engordados en sistemas silvopastoriles. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 20(1):29-40.

Japan Meat Grading Association (JMGA). 2014. JMGA Beef Marbling Standard (en línea, sitio web). Consultado 10 de dic. 2021. Disponible en <https://wagyu.org/japan>

- Jaramillo, A. 2016. Efecto de dos métodos de maduración en las características físicas, microbiológicas y sensoriales del músculo *Longissimus dorsi* de res. Tesis Lic. Francisco Morazán, Honduras. Universidad El Zamorano. 23p.
- Kahi, A; Oguni, T; Sumio, Y; Hirooka, H. 2007. Genetic relationships between growth and carcass traits and profitability in Japanese Brown cattle. *Journal of Animal Science*. 85(2):348–355. doi:10.2527/jas.2005-657
- Kemp, D; Herring, W; Kaiser, C. 2002. Genetic and environmental parameters for steer ultrasound and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 80:1489–1496.
- Killinger, K.M; Calkins, C.R; Umberger, W.J; Feuz, D.M; Eskridge, K.M. 2004. Consumer visual preference and value for beef steaks differing in marbling level and color. *J. Anim. Sci.* 82:3288-3293.
- Knight, T; Death, A; Lambert, M; McDougall, D. 2001. The rate of reduction in carotenoid concentration in fat of steers fed a low carotenoid ration, and the role of increasing carcass fatness. *Crop and Pasture Science*. 52:1023-1032.
- Koch, R.M; Dikeman, M; Lipsey, R; Allen, D; Crouse, J. 1982. Characterization of Biological Types of Cattle (Cycle III). III. Carcass Composition, Quality and Palatability. *J. Anim. Sci.* 54:35-41.
- Koohmaraie, M. 1994. Muscle proteinases and meat aging. *Meat science*. 36:93-104.
- Kruk, Z; Malau-Aduli, A; Pitchford, W; Bottema, C. 1998. Genetics of fat colour in cattle. In *Proceedings of the Sixth World Congress in Genetics Applied to Livestock Production*. 23:121-124.
- Kucsevska, C; Balbuena, O. 2012. Suplementación de bovinos para carne: Aspectos prácticos. INTA (en línea, sitio web). Consultado 24 de ago. 2021. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-suplementacion\\_bovinos\\_para\\_carne.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-suplementacion_bovinos_para_carne.pdf)



- Lagos, E; Castro, E. 2019. Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*. 30(3):917-933.
- Lee, H; Yoon, J; Kim, M; Oh, H; Yoon, Y; Jo, C. 2019. Changes in microbial composition on the crust by different air flow velocities and their effect on sensory properties of dry-aged beef. *Meat Science*. 153:152–158. doi:10.1016/j.meatsci.2019.03.019.
- Lombardi, C; Fontes, C; Rocha, T; Processi, E; Bendia, L; Filho, C; Oliveira, R; Bezerra, L. 2016. Growth performance, body composition, carcass traits and meat quality of young Nelore bulls fed freshly cut or ensiled sugar cane. *Anim. Feed Sci. Technol.* 219:102-110.
- López, L. 2019. Evaluación del crecimiento, composición de la canal y calidad de la carne de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en La Vega de Florencia, San Carlos. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 107p.
- Lucero, J; Pouzo, L; Langman, L; Carduza, F; Corva, P; Santini, F; Pavan, E. 2013. Producción de vaquillonas pesadas en condiciones de pastoreo y su impacto en la terneza de la carne. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); *Avances en la calidad de carne bovina*. 6:70-75.
- Luengo, Juan; Aros, Carlos; Gómez, Lautaro. 1990. Determinación de la edad del bovino según las características morfológicas de los dientes incisivos. Contribución a la aplicación de la norma chilena 1423 Of. 84. Terminología y clasificación. *Avances en Medicina Veterinaria*. 5(1).
- Mach, N; Bach, A; Realini, C; Font-Furnols, M; Velarde, A; Devant, M. 2010. Efecto de la castración en terneros; rendimientos productivos y calidad de la canal y la carne. (en línea, sitio web). Consultado 20 de ago. 2021. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/cria/128-efectos\\_castracion.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/128-efectos_castracion.pdf)

- Mach, N; Bach, A; Velarde, A; Devant, M. 2008. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*. 78(3): 232-238.
- Madrigal-Valverde, M; Camacho, J; Salas, C. 2019. Efecto del cruzamiento sobre características de crecimiento en ganado cebuino de la región Chorotega. *Agronomía Mesoamericana*. 30(1):195-207.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2007. Plan Estratégico para el desarrollo de la agrocadena de la ganadería bovina de carne en la Región Chorotega (en línea, sitio web). Consultado 23 de jul. 2020. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9228.pdf>
- Magnabosco, C; Sainz, R; Faria, C; Yokoo, M; Manicardi, F; Barbosa, V; Guedes, C; Leme, P; Pereira, A; Araújo, F; Sanches, A; Lôbo, R. 2006. Avaliação genética e critérios de seleção para características de carcaça em Zebuínos: Relevância econômica para mercados globalizados. Em: C.U. Magnabosco, editor, V Simpósio de Produção de Gado de Corte, e I Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte. UFV, e Suprema Gráfica e Editora LTDA., Viçosa, BRA. p. 239-271
- Mancini, R; Hunt, M. 2005. Current research in meat color. *Meat Science*. 71(1):0-121.
- Manuchar, S; Omer, M; Rahman, H. 2015. Differentiation between Normal and Abnormal Yellow Colour of Beef Carcasses in Sulaimani New Slaughterhouse. *Nutr Food Technol* 1(1): doi <http://dx.doi.org/10.16966/2470-6086.105>
- Marcelo, A. 2015. Prótesis Dentales Bovinas: Una herramienta para evitar el descarte precoz de la vaca de cría. Universidad Nacional de la Pampa (en línea, sitio web). Consultado 17 de feb. 2022. Disponible en [http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tespo/v\\_ierpro023.pdf](http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tespo/v_ierpro023.pdf)

- Martínez, A. 2019. Tabla de composición bromatológica de forrajes utilizados para la alimentación de animales en Costa Rica. Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA). (1):78.
- Martínez-González, J; Azuara, A; Hernández, J; Parra, G; Castillo, S. 2008. Características pre-destete de bovinos simmental (*Bos Taurus*) y sus cruces con Brahman (*Bos indicus*) en el trópico mexicano. Colombiana de Ciencias Pecuarias. 21(3): 365-371.
- Mata, L. 2011. Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, 127p.
- Mauri, MS. 2017. Efecto del sistema de aturdimiento con CO<sub>2</sub>, tiempo de desangrado y estimulación eléctrica post-mortem en la calidad de la carne de pavo. Tesis Ph.D. Córdoba, España, Universidad de Córdoba. 241p.
- McEwin, R; Hebart, M; de Bruin, S; Pitchford, W. 2017. Mythbusters: non-additive genetic effects had negligible impact on wagyu carcass quality. Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics. 22:389-392.
- Mears, G; Mir, P; Bailey, D; Jones, S. 2001. Effect of Wagyu genetics on marbling, backfat and circulating hormones in cattle. Canadian Journal of Animal Science. 81(1):65-73.
- Meléndez, K. 2018. Efecto de la incorporación de grasa animal en la calidad de carne de res. Tesis Lic. Francisco Morazán, Honduras. Universidad Zamorano. 31p.
- Meléndez-Martínez, A; Vicario-Romero, I; Heredia-Mira, F. 2004. Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54 (2).
- Mendoza, G; Ricalde, R. 2016. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Universidad Autónoma Mexicana 8(2).

- Micol, D; Oury, M; Picard, B; Hocquette, J; Briand, M; Dumont, R; Egal, D; Jailler, R; Dubroeuq, H; Agabriel, J. 2009. Effect of age at castration on animal performance, muscle characteristics and meat quality traits in 26-month-old Charolais steers. *Livestock Science*. 120:116-126.
- Montoya, C. 2014. Caracterización de algunas variables de calidad de carne en bovinos manejados bajo diferentes condiciones de producción en el trópico colombiano. Tesis M. SC. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Mora, O; Shimada, A. 2001. Causas del color amarillo de la grasa de canales de bovinos finalizados en pastoreo. *Veterinaria México*. 32(3).
- Moreira, Fernanda; Souza, Nilson; Matsushita, Makoto; Prado, Ivanor; Nascimento, Willian. 2003. Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 46(4): 609–616. doi:10.1590/S1516-89132003000400016
- Muller, A; Micol, D; Peccatte, J. R; Dozias, D. 1991. Choix de l'âge à la castration en production de viande bovine semi-intensive. *INRA Prod. Anim*. 4:287-295.
- Murillo, M. 2021. Evaluación de las características cárnicas de un cruce terminal con Wagyu bajo un sistema productivo en el trópico, finca Hacienda del Sur, Parrita, Costa Rica, 2020. Tesis Lic. San Carlos, Alajuela. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 117p.
- Murillo, O. 2012. Programa Nacional de Clasificación de Canales Bovinas. Alajuela, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 47 p. Código 5402 - 2151- 5101.
- Nade, T; Hirabara, S; Okumura, T; Fujita, K. 2003. Effects of vitamin A on carcass composition concerning younger steer fattening of Wagyu cattle. *Asian-australasian journal of animal sciences*. 16(3):353-358.

- Nishimura, T. 2010. The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *Animal Science Journal*. 81(1):21–27.
- Oliván, C; Sierra, V; García, P. 2013. Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. *Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo de SERIDA* (en línea, sitio web). Consultado 9 de set. 2021. Disponible en <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5574>
- Orozco, J; Berrío, 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
- Ouali, A; Herrera, C; Coulis, G; Becila, S; Boudjellal, A. B; Aubry, L; Sentandreu, M. 2006. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science*. 74:44-58.
- Oyagüe, J. 2007. Estabilidad del color de la carne fresca. *Nacameh* 1(1):67-74.
- Page, J K; Wulf, D M; Schwotzer, T R. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79(3): 678-687.
- Perassi, R. 2017. Factores que determinan las características de la res y la calidad de la carne de los bovinos. Argentina. Universidad Nacional de la Pampa. 24p.
- Pérez, D. 2019. Efecto de la maduración en húmedo sobre características físicas y sensoriales en músculos de toretes Brangus, santa Clara, 2018. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 113p.
- Pérez, E. 2017. Manual de manejo: Sistemas intensivos sostenibles de ganadería de engorde. San José, Costa Rica, INTA. 43p
- Pérez-Linares, C; Sánchez-López, E; Ríos-Rincón, F; Olivas-Valdéz, J; Figueroa-Saavedra, F; Barreras-Serrano, A. 2013. Factores de manejo pre y post

- sacrificio asociados a la presencia de carne DFD en ganado bovino durante la época cálida. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*. 4(2):149-160.
- Perry, N. 2012. Dry aging beef. *Inter J Gastronomy and Food Sci*. 1:78–80.
- Piccirillo, D. 2008. Ultrasonido para calidad de carnes. *Rev. Brangus, Bs. As.* 30(57):82-84.
- Priolo, A; Micol, D; Agabriel, J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research* 30(3):185-200.
- Quesada, M. 2019. Efecto de la suplementación con semolina de arroz en el desarrollo, composición de la canal y perfil lipídico de la carne en novillos de encaste Brahman en pastoreo en La Vega, San Carlos. Tesis Lic, Alajuela, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 78p.
- Quirós, R. 2020. Caracterización de la canal y calidad de la carne en terneros de encaste Brahman, Finca La Vega, San Carlos, Costa Rica. Tesis Lic. San Carlos, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 79p.
- Ramírez, I. 2014. Evaluación de niveles crecientes de energía en la suplementación de novillos de engorde en pastoreo. Tesis Lic, Alajuela, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 62 p.
- Razminowicz, RH; Kreuzer, M; Scheeder, MRL. 2006. Quality of retail beef from two grass-based production systems in comparison with conventional beef. *Meat Science*, 73: 351-361.
- Restrepo, D.A; Arango, C.A; Amezquita, A; Restrepo, R.A. 2001. Industria de la carne. Universidad Nacional de Colombia. 76-100p
- Rhee, M; Wheeler, T; Shackelford, S; Koohmaraie, M. 2004. Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. *Journal of Animal Science*. 82:534–550.
- Riaño-Sánchez, A; Sierra-Vargas, 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. Tesis Lic. Bogotá. Universidad de la Salle. 123p.
- 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.
- Ripoll, G; Albertí, P; Casasús, I; Blanco, M. 2013. Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. Meat Science, 93: 336-343.
- Robaina-Piegas, RM; Castro-Díaz, LE. 2004. Valoración de los bovinos, sus canales y sus cortes. (en línea, sitio web). Consultado 21 de dic. 2021. Disponible en [http://www.inia.org.uy/prado/2004/valoracion\\_carnica.htm](http://www.inia.org.uy/prado/2004/valoracion_carnica.htm)
- Rodríguez, J. 2012. Effects of castration on carcass composition, meat quality, and sensory properties of beef produced in a tropical climate. Tesis M. SC, Kansas, USA. Kansas State University. 77 p.
- Rodríguez, J; Unruh, J; Villareal, M; Murillo, O; Rojas, S; Camacho, J; Jaeger, J; Reinhardt, C. 2014. Carcass and meat quality characteristics of Brahman cross bulls and steers finished on tropical pastures in Costa Rica. Meat Science. 96:1340–1344.
- Rodríguez-González, K; Valverde-Abarca, A; Rodríguez-González, J; Murillo-Bravo, O; Camacho-Calvo, M. 2018. Efecto del genotipo y alimentación final sobre cortes cárnicos comerciales y calidad de canal en novillos. Revista Agronomía Mesoamericana. 29(1).
- Rojas-Bourillón, A. 1995. Conceptos básicos en nutrición de rumiantes. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 178p.
- Rubio, MS; Braña, D; Méndez, D; Torrescano, G; Sánchez, A; Pérez, C; Figueroa, F; Delgado, E. 2013. Guía práctica para la estandarización y evaluación de

- las canales bovinas mexicanas. Folleto técnico N°23. Ajuchitlán, México, SAGARPA. 66p.
- Ruíz, E. 2013. Manejo de pastos y rotación de potreros (en línea, sitio web). Consultado 30 de ago. 2021. Disponible en <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/034-c-pasturas.pdf>
- Salamanca, A. 2010. Suplementación de minerales en la producción bovina. Revista Electrónica de Veterinaria. 11(9):1-10.
- Salas, J; Rodríguez-González, J. 2019. Comparación entre toretes y novillos de la raza Brahman sobre el crecimiento, rendimiento y la calidad de la carne en un sistema estabulado en el Pacífico Norte de Costa Rica. Revista AgroInnovación en el Trópico Húmedo. 2(2):27-40.
- Sánchez, G. 1987. Calidad de la carne. El cebú. 19(234):44–47.
- Sansano-Maestre, J; Gardón, J. 2015. El uso de la ecografía: La calidad de la carne. (En línea, sitio web). Consultado 14 dic. 2021. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/317002619\\_El\\_uso\\_de\\_la\\_ecografia\\_la\\_calidad\\_de\\_la\\_carne](https://www.researchgate.net/publication/317002619_El_uso_de_la_ecografia_la_calidad_de_la_carne)
- Schnettler, B; Ciesla, M; Candia, A; Llancañán, F; Sepúlveda, J; Denegri, M; Miranda, H; Sepúlveda, N. 2010. Importancia del color, contenido de grasa y frescura en la compra de la carne bovina en Temuco, región de la Araucanía, Chile. Revista Científica de Veterinaria. 20(6): 623-632.
- Serra, X; Guerrero, L; Guàrdia, MD; Gil, M; Sañudo, C; Panea, B; Campo, MM; Olleta, JL; García-Cachán, MD; Piedrafita, J; Oliver, MA. 2008. Eating quality 76 of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. MeatScience, 79: 98-104.
- Serrano, E; Humada, M; Maestro, M. 2012. Manejo Pre y Post sacrificio: Influencia sobre la calidad de la carne de vacuno. Centro de investigación y formación agrarias (CIFA). Imprenta Regional de Cantabria-Impre 5-419. 28p.



- Shemeis, A; Liboriussen, T; Bech Andersen, B; Abdallah, O. 1994. Changes in carcass and meat quality traits of Danish Friesian cull cows with the increase of their age and body condition. *Meat Science*. 37:161–167.
- Shi, Y; Zhang, W; Zhou, G. 2020. Effects of different moisture-permeable packaging on the quality of aging beef compared with wet aging and dry aging. *Foods*. 9(5). doi:10.3390/foods9050649.
- Shibu, A. 2011. Wagyu beef the finest and most flavorful beef in the world. *JIVA*. 9(1):68-69.
- Smith, S. 2015. The Production of High-Quality Beef with Wagyu Cattle. (en línea, sitio web). Consultado 24 de ene. 2022. Disponible en: [\(PDF\) The Production of High-Quality Beef with Wagyu Cattle \(researchgate.net\)](#)
- Stouffer, J; Wellentine, M; Wellington, G. 1959. Ultrasonic measurement of fat thickness and loin eye area on livecattle and hogs. *J Anim Sci*. 18:1483.
- Strachan, D; Yang, A; Dillon, R. 1993. Effect of grain feeding on fat colour and other carcass characteristics in previously grass-fed *Bos indicus* steers. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 33(3):269. doi:10.1071/ea9930269
- Suksombat, W; Meeprom, C; Mirattanaphrai, R. 2016. Performance, Carcass Quality and Fatty Acid Profile of Crossbred Wagyu Beef Steers Receiving Palm and/or Linseed Oil. *Asian-Australas Journal Animal Science*. 29(10):1432–1442.
- Swatland, H.J. 1999. Growth & structure of meat animals. (en línea, sitio web). Consultado 9 de set. 2021. Disponible en: [https://animalbiosciences.uoguelph.ca/~swatland/old\\_gasman.html](https://animalbiosciences.uoguelph.ca/~swatland/old_gasman.html)
- Tefera, T; Mammed, Y; Kurtu, M; Letta, M; O'Quine, T; Vipham, J.L. 2019. Effect of Age and Breeds of Cattle on Carcass and Meat Characteristics of Arsi, Boran, and Harar Cattle in Ethiopia. *Open Journal of Animal Sciences*. 9:367-383.

- Teira, G. 2004. Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas: La ternera. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 28: 215-244.
- Thürer, S., M. G. Doherr, B. Wechsler, S. Mellema, k. Nuss, M. Kirchhofer, and A. Steiner. 2007. Influence of local anesthesia on short-and long-term pain induced by three bloodless castration methods in calves. *Veterinary Journal*. 173(2):333-342.
- Tobijaszevska, B; Mills, R; Jons, J. 2018.El uso de la espectrometría para la medición simultanea del color y la composición en muestras de alimentos. Barcelona, España, Foss. 13p.
- Torrescano, G; Sánchez, A; Vásquez, M; Paz, R; Pardo, D. 2010. Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1(2).
- Turner, S; Navajas, E; Hyslop, J; Ross, D; Richardson, R; Prieto, N; Bell, M; Jack, M; Roehe, R. 2011. Associations between response to handling and growth and meat quality in frequently handled *Bos taurus* beef cattle. *Journal of Animal Science*. 89(12):4239-4248.
- Ueda, Y; Watanabe, A; Higuchi, M; Shingu, H; Kushibiki, S; Shinoda, M. 2007. Effects of intramuscular fat deposition on the beef traits of Japanese Black steers (Wagyu). *J Anim Sci*. 78:189-194.
- USMEF. 2014. Guidelines for U.S. dry aged beef for international markets. (en línea, sitio web). Consultado 9 de set. 2021. Disponible en <https://www.usmef.org/guidelines-for-u-s-dry-aged-beef-for-international-markets/>
- Vargas, E. 1995. El valor nutritivo de los subproductos del arroz en Costa Rica. Composición Química, disponibilidad y uso. Serie Técnica: Nutrición Animal Tropical. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica.

- Vargas, E; Zumbado, M. 2003. Composición de los subproductos de la industrialización de la palma africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 27(1):07-18.
- Vásquez, R; Ballesteros, H; Muñoz, C. 2007. Factores asociados con la calidad de la carne: la terneza de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio. (en línea, sitio web). *Revista Corpoica*. 8:60-65. Consultado 10 enero 2021. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5624666>
- Veall, F. 1993. Estructura y funcionamiento de mataderos medianos en países en desarrollo. Roma, Italia. Food & Agriculture Org. 206 p.
- Velásquez, R; Noguera, R; Posada, S. 2013. Estimación del rendimiento en canal de novillos Holstein usando ultrasonografía. *Livestock Research for Rural Development*. 25(11).
- Vergara, M. 2015. Beneficios e inconvenientes de la grasa en bovinos de carne (en línea, sitio web). Consultado el 18 de marzo 2022. Disponible en [https://www.produccion-animal.com.ar/genetica\\_seleccion\\_cruzamientos/bovinos\\_de\\_carne/125-Beneficios\\_e\\_inconvenientes.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/genetica_seleccion_cruzamientos/bovinos_de_carne/125-Beneficios_e_inconvenientes.pdf)
- Vilela, G; Lugnani, C; Timich, C; Bertoldo, M; Nunes, V; Rodas-González, A; Bartelli, S. 2019. Effects of combined wet- and dry-aging techniques on the physicochemical and sensory attributes of beef ribeye steaks from grain-fed crossbred Zebu steers. *Can. J. Anim. Sci.* 99:497–504.
- Villalobos, L. 2007. Diagnóstico de carencias en el sistema de transporte de bovinos en Costa Rica en cuanto a medida de bienestar animal. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional, Costa Rica. 56 p
- Villalobos, L; Arce, J. 2014. Evaluación agronómica y nutricional del pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) En la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. Valor nutricional. *Agronomía Costarricense*. 38(1):133-145.

- Villarreal, M; Cochran, R; Rojas, A; Murillo, O; Muñoz, H; Poore, M. 2006. Effect of supplementation with pelleted citrus pulp on digestibility and intake in beef cattle fed a tropical grass-based diet (*Cynodon nlemfuensis*). *Animal Feed Science and Technology*. 125:163-173.
- Walker, P; Warner, R; Winfield, C. 1990. Sources of variation in subcutaneous fat colour of beef carcasses. *Proceedings of the Australian Society of Animal Production*. 18:416.
- Williams, A. 2002. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *Journal of Animal Science*. 80(2): E183–E188.
- Wright, A; Andrae, J; Rosso, C; Miller, M; Pavan, E; Bridges, W; Duckett, S. 2015. Effect of forage type with or without corn supplementation on animal performance, beef fatty acid composition, and palatability. *Journal of Animal Science*. 93(10).
- Yokoo, M; Albuquerque, L; Lôbo, R; Bezerra, L; Araujo, F; Silva, J; Sainz, R. 2008. Genetic and environmental factors affecting ultrasound measures of longissimus muscle area and backfat thickness in Nelore cattle. *Livestock Science*. 117(2-3):147-154.
- Yokoo, M; Werneck, J; Pereira, M; Albuquerque, L; Koury Filho, W; Sainz, R; Lôbo, R; Araujo, F. 2009. Correlações genéticas entre escores visuais e características de carcaça medidas por ultrassom em bovinos de corte. *Pesqui Agropecu Bras*, 44: 197-202.
- Zembayashi, M. 1993. Comparison of growth and distribution of carcass tissues between steers and heifers. *Journal of Animal Science Technol. (Jpn)*. 64:260.
- Zembayashi, M; Lunt, D; Smith, S. 1999. Dietary tea reduces the iron content of beef. *Meat Sci*. 53: 221-226
- Zembayashi, M; Nishimura, K; Lunt, DK; Smith, SB. 1995. Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids

of finishing steers and heifers. *Journal of Animal Science*. 73(11): 3325–3332.

## 8. ANEXOS

**Cuadro A1.** Manejo sanitario del hato durante el periodo de evaluación en finca.

Fecha de aplicación	Tipo de vacuna	Dosis
10/02/2021	Carbunco	2 ml
10/02/2021	Cattle Máster® 4+L5	5 ml
10/02/2021	Ectonil®	1 ml/10 kg PV
19/02/2021	Parasitol®	2 ml/1L agua
27/04/2021	Eprinex®	1 ml/10 kg PV
23/06/2021	UltraChoice® 8	2ml/animal

**Cuadro A2.** Lista de músculos que se deberán pesar durante la evaluación de la composición de la canal.

Clasificación	Corte	Nombre en inglés	Músculos que lo conforman
Cuarto delantero	Cacho de paleta	Mock tender	<i>Supraspinatus</i>
	Paleta	Blade	<i>Trapezius</i>
	Boomerang	Petit tender	<i>Teres major</i>
	Lomo de paleta	Top blade/Flat iron	<i>Infraspinatus</i>
	Pescuezo	Chuck	Múltiples músculos
	Pecho	Brisket	Superficial y medial profundo
	Quititeña	Underblade	<i>Serratus ventralis</i>
	Giba	Hump	<i>Rhomboideus</i>
	Ratones	Foreshink/Shink	Flexores y extensores
	Guitarrilla	Beef chuck arm pot roast	<i>Subescapularis</i>
Lomo y costillar	Cecina	Flap	<i>Oblicuos abdominis</i>
	Oreja de cecina	Flank	<i>Rectus abdominis</i>
	Lomito de entraña	Inside skirt	Pilares del diafragma
	Arrachera	Outside skirt	Diafragma
	Lomo ancho	Strip loin	<i>Longissimus dorsi lumborum</i>
	Lomito	Tenderloin	<i>Psoas major</i>
	Matambre	Fly shanker	<i>Cutaneous trunci</i>
	Delmonico	Ribeye Lip on	<i>Longgisimus dorsi thoracis + Spinalis dorsi</i>
Cuarto trasero	Bolita	Knuckle	<i>Quadriceps femoris</i>
	Vuelta de Lomo	Center-cut top sirloin butt	<i>Gluteus medius</i>
	Posta de cuarto	Top (inside) round	<i>Semimembranosus, Adductor, Sartorius, Gracilis</i>
	Solomo	Bottom (outside) round	<i>Biceps femoris</i>
	Punta de Solomo	Sirloin cap	<i>Biceps femoris</i>
	Cacho vuelta de lomo	Tri-tip	<i>Tensor fasciae latae</i>
	Mano de piedra	Eye of round	<i>Semitendinosus</i>
	Ratón campana	Hindshank/Shank	Gastrocnemio

**Cuadro A3.** Coeficientes de correlación de Spearman encontrados para algunas de las variables evaluadas.

	<b>EGG</b>	<b>Carne Vendible</b>	<b>pH</b>	<b>AOL</b>	<b>EGD</b>	<b>Pérdidas</b>	<b>FC</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
<b>EGG</b>	1	0,02	0,06	0,19	0,11	0,74	0,28	0,12	0,21	0,06
<b>Carne Vendible</b>	-0,58	1	0,55	0,06	0,69	0,26	0,03	0,76	0,85	0,62
<b>pH</b>	0,40	-0,16	1	0,71	0,58	0,37	0,16	0,05	0,13	0,49
<b>AOL</b>	-0,28	0,49	-0,08	1	0,85	0,75	0,20	0,81	0,97	0,29
<b>EGD</b>	0,34	-0,11	0,12	-0,04	1	0,38	0,30	0,17	0,00	0,17
<b>Pérdidas</b>	0,09	-0,30	-0,24	-0,09	0,23	1	0,01	0,13	0,53	0,25
<b>FC</b>	0,29	-0,55	-0,37	-0,34	0,28	0,66	1	0,11	0,09	0,09
<b>L*</b>	-0,41	0,08	0,50	-0,06	-0,36	-0,40	-0,41	1	0,01	0,00
<b>a*</b>	-0,33	0,05	0,40	-0,01	-0,68	-0,17	-0,44	0,60	1	0,02
<b>b*</b>	-0,48	0,14	0,19	0,28	-0,36	-0,30	-0,44	0,68	0,59	1