

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

**EFFECTO 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**

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía,
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

MARVIN QUESADA QUESADA

2019



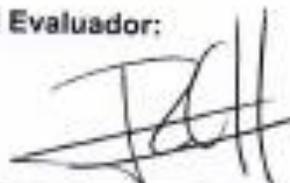
Carrera de Ingeniería en Agronomía
Tecnológico de Costa Rica
Sede Regional San Carlos
2005-2018

**EFFECTO 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**

MARVIN QUESADA QUESADA

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

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



Asesor principal

Ing. Agr. Milton Villarreal Castro, PhD.



Jurado

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo, M. Sc.



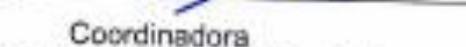
Jurado

Ing. Agr. Carlos Campos Granados.



Jurado

Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MGA.



Coordinadora

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey, M. Sc.



Director

Escuela de Agronomía

2019

DEDICATORIA

A Dios por darme la sabiduría y permitirme terminar esta etapa.

A mis padres, Luis Ángel Quesada y Ana Isabel Quesada, por guiarme y apoyarme en esta etapa de mi vida de manera incondicional, además de enseñarme los valores que me hacen ser la persona que soy.

A mis amigos y compañeros, que formaron parte de mi vida durante esta etapa.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fuerza, salud y sabiduría para terminar esta etapa de mi vida.

A mis padres, por el gran apoyo que me brindaron y ser razón de orgullo.

A Arturo Huertas y Jefry Huertas, por haberme ayudado y acompañado durante esta etapa de investigación.

Al profesor, Ing. Agr. Julio Rodríguez González, M. Sc, por toda la ayuda, apoyo y dedicación.

A los profesores Milton Villarreal, Olger Murillo Bravo, Marlen Camacho, por toda la ayuda y colaboración que me brindaron.

A los profesores, administrativos, asistentes y trabajadores que formaron parte de mi formación académica.

A mis compañeros y amigos, por formar parte de mi vida y acompañarme durante todo este tiempo.

A todos y cada uno de ellos, gracias.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
TABLA DE CONTENIDO	iii
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivo general	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis de investigación	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Ganadería en Costa Rica	5
2.2 Ganado cebú o índico (<i>Bos indicus</i>).....	6
2.3 Raza Brahman.....	6
2.3.1 Patrón racial.....	6
2.4 Cruces raciales.....	7
2.5 Vigor híbrido	8
2.6 Castración	9
2.6.1 Método de castración por cirugía.....	9
2.6.2 Castración y bienestar animal.....	10
2.7 Edad de castración.....	11
2.8 Crecimiento	12
2.9 Desarrollo	12
2.10 Recurso forrajero.....	13
2.10.1 Ratana (<i>Ischaemum indicum</i>)	13

2.10.2	Toledo (<i>Brachiaria brizantha</i>).....	14
2.10.3	Tanner (<i>Brachiaria radicans</i> o <i>B. arrecta</i>).....	14
2.11	Suplementación animal	15
2.12	Semolina de arroz	15
2.13	Lípidos.....	16
2.14	Metabolismo de lípidos en rumiantes	16
2.15	Ácidos grasos.....	17
2.16	Ácido linoleico conjugado (CLA).....	18
2.17	Mediciones ultrasonográficas	19
2.17.1	Profundidad de músculo	20
2.17.2	Espesor de grasa dorsal	20
2.17.3	Grasa de la grupa	20
2.17.4	Marmoleo.....	21
2.18	Calidad de la canal	22
2.19	Conformación muscular.....	22
2.20	Grasa de cobertura.....	22
2.21	Color de grasa de cobertura	23
2.22	Grosor de grasa de cobertura	23
2.23	Rendimiento pie-canal.....	24
2.24	Área del ojo del lomo.....	24
2.25	pH y temperatura de la canal	25
2.26	Longitud de la canal	26
2.27	Rendimiento cárnico.....	27
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1	Ubicación y caracterización del universo de estudio	28
3.2	Período de estudio	28
3.3	Material experimental	29
3.4	Descripción de los tratamientos.....	29
3.5	Unidad y Área experimental	32

3.6	Diseño experimental y arreglo de los tratamientos.....	34
3.6.1	Modelo estadístico	35
3.6.2	Análisis de datos.....	35
3.7	VARIABLES DE RESPUESTA.....	35
3.8	Metodología de toma de datos	38
3.8.1	Ganancia diaria de peso (GDP)	38
3.8.2	Mediciones ultrasonográficas.....	38
3.8.3	Peso pie planta (PPP).....	38
3.8.4	Peso canal caliente (PCC)	39
3.8.5	Conformación muscular (CM)	39
3.8.6	Grasa de cobertura (GC)	39
3.8.7	Color de grasa de cobertura (CGC)	39
3.8.8	Rendimiento pie-canal (RPC)	39
3.8.9	Peso canal frío (PCF)	39
3.8.10	Longitud de canal (LC).....	39
3.8.11	Perímetro de la pierna (PP)	40
3.8.12	Grosor de grasa de cobertura (GrGC)	40
3.8.13	Área del ojo del lomo (AOL).....	40
3.8.14	Marmoleo (M).....	40
3.8.15	pH a las 24 horas (pHu) y Temperatura de la canal (TC)	40
3.8.16	Rendimiento cárnico	41
3.8.17	Perfil lipídico de la carne (PLC).....	41
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1	Ganancia diaria de peso (GDP)	42
4.2	Mediciones ultrasonográficas	45
4.3	Calidad de la canal	47
4.4	Rendimiento cárnico.....	50
4.5	Perfil lipídico de la carne (PLC)	52
5.	CONCLUSIONES	58

6.	RECOMENDACIONES	60
7.	BIBLIOGRAFÍA	61
8.	ANEXOS	78

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Composición química de la semolina de arroz.	16
2	Valores de marmoleo de acuerdo con la escala del software para ultrasonografía de la Universidad Estatal de Kansas.	21
3	Composición de cada dieta para los novillos de engorde en pastoreo de finca “La Vega”, San Carlos, 2017, según tratamiento.	30
4	Composición nutricional de las dietas para los novillos de engorde en pastoreo de finca “La Vega”, San Carlos, 2017, según tratamiento.	31
5	Valores nutricionales promedio de la pastura obtenidos del análisis bromatológico realizado por el CINA, para el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.	34
6	Descripción de las fuentes de variación y grados de libertad para el experimento.	35
7	Descripción de las variables de respuesta medidas en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.	36
8	Media (error estándar), mínimo y máximo, de los pesos iniciales y finales, ganancia diaria y edad al sacrificio de los novillos evaluados en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.	43
9	Valores promedio (DE) de las variables ultrasonográficas medidas en finca, obtenidos en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.	47
10	Medias de peso de novillos en planta de cosecha y valores asociados a la canal obtenidos en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.	48
11	Valores de las mediciones correspondientes a la canal en la planta de cosecha para el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.	50

12	Composición de los principales componentes tisulares estimados en media canal de los novillos cosechados en la planta de Coopemontecillos RL. para el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.	51
13	Peso de los cortes de carne y su porcentaje de participación en la canal de novillos evaluados en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.	52
14	Valores en gramos por cada 100 gramos de ácidos grasos totales de ácidos grasos encontrados en el lomo ancho (Longissimus dorsi lumborum), de los novillos evaluados en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman, La Vega, San Carlos. 2017.	54
15	Valores medios de grupos de ácidos grasos encontrados en el lomo ancho (Longissimus dorsi lumborum), de los novillos evaluados en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Tipo de incisiones para el método de castración de cirugía en bovinos.	10
2	Ondas de crecimiento en ganado bovino. A) Axial, B) Apendicular, C) Descendente.	13
3	Digestión de los lípidos en el rumen y origen de ácidos grasos en carne y leche.	17
4	Estados de contracción del músculo	26
5	Grupo de novillos de encaste Brahman utilizados con suplementación de semolina de arroz. La Vega, San Carlos, 2017.	29
6	Diseño de los comederos para la suplementación de las dietas durante el experimento en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos, 2017.	32
7	Dosificación de las dietas por cada compartimento del módulo de engorde en el experimento en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos, 2017.	32
8	Diseño de los 21 potreros del módulo con su respectiva área (m ²).	33
9	A) Vista general de la pastura, B) Toma de muestra de forraje.	33
10	Distribución mensual de la precipitación durante el año del periodo experimental (2017).	44
11	Distribución mensual de la temperatura promedio durante el año del periodo (2017).	44
12	Distribución mensual de la humedad relativa promedio durante el año del periodo experimental (2017)	45

RESUMEN

Se evaluó el efecto de dos dietas en el desarrollo, calidad, composición de la canal y perfil lipídico de la carne en novillos de encaste Brahman en pastoreo. El experimento se llevó a cabo en finca La Vega ubicada en el cantón de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Se utilizaron 32 animales, dos tratamientos, donde tratamiento uno: suplementación convencional y tratamiento dos: suplementación a base de semolina de arroz. Se determinó la ganancia diaria de peso (GDP) y peso final. Se realizaron mediciones ultrasonográficas de grasa dorsal, profundidad muscular y grasa intermuscular. En la etapa de planta de cosecha, se evaluó el rendimiento pie a canal y características asociadas a calidad de la canal como: conformación muscular (CM), grosor de grasa de cobertura (GrGC), área del ojo del lomo (AOL), longitud de canal (LC), perímetro de la pierna (PP), temperatura de la canal (TC), pH último (pHu), además. Adicionalmente, se determinó la composición de la canal y de carne vendible. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) en la ganancia diaria de peso (GDP). No se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$), en variables de calidad de la canal, rendimiento cárnico y perfil de ácidos grasos. Se encontró una concentración de CLA (Ácido linoleico conjugado) en el tratamiento uno de 0,47 g/100 g de ácidos grasos y en el tratamiento dos de 0,34 g/100 g de ácidos grasos. Esta investigación contribuye a la mejor toma decisiones en la dieta de animales de carne en condiciones tropicales ante los retos que ofrecen las nuevas tendencias de mercado en el sector cárnico.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of two diets over development, quality and composition traits of the carcass and the lipid profile of beef in grass fed Brahman breed steers. The experiment was conducted in Finca La Vega, San Carlos, Alajuela Costa Rica. 32 steers divided into two treatments T1: conventional supplementation diet and T2: rice semolina-based supplementation diet. Daily weight gain (GDP), animal final weight and ultrasound measurements of backfat, muscle depth and intermuscular fat were recorded. At the packing plant dressing percentage and carcass quality traits were assessed, such as muscle conformation (CM), carcass yield, fat thickness (GrGC), ribeye area (AOL), carcass length (LC) round perimeter (LP), carcass temperature, ultimate pH (pHu) and salable beef. Significant differences were found in the daily weight gain between treatments. No significant differences were found in quality traits of carcass, meat yield and lipid profile among treatments. However, a higher concentration of linoleic conjugated acid (CLA) was observed in T1 0,47 g/100 g fatty acids, compared to T2 0,34 g/ 100 g of fatty acids. This work contributes as input for better on farm decision making on beef animals' diet in tropical conditions facing new challenges of meat market trends and public health awareness.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Costa Rica es un país con una economía pequeña y con dependencia comercial externa. La ganadería es una de las principales actividades económicas del país, ocupando una quinta parte del territorio nacional, con un 28,5% de las fincas, además, es la fuente principal de ingresos de muchas familias y contribuye en gran parte en la dinámica económica nacional (Chacón *et al.* 2015, Barboza 2017). Sin embargo, a partir de los años 80's ha presentado un descenso aproximadamente del 38%, pasando de 2 046 476 cabezas en 1984 a 1 278 817 en el 2014 (Barboza 2017).

Los sistemas de producción de carne representan alrededor del 42% del hato nacional, ocupando las provincias de Guanacaste, Alajuela y Puntarenas, principalmente. En total se cuenta con 538 593 cabezas de ganado para carne, de las cuales el 52,77% son machos y el 47,23% son hembras. El 41% de los machos poseen edades entre uno y dos años, mientras que el 54% de las hembras poseen dos años y más (Barboza 2017).

El comercio de carne bovina en el país ha estado lleno de desafíos. Durante el 2016 se presentó un alza en la importación de carne de países como Chile y Nicaragua, ocasionando un desbalance en los precios. Además, en este mismo año se presentaron condiciones climáticas que afectaron la producción en zonas como Pacífico Norte y Pacífico Central (SEPSA 2018).

1.2 Justificación

La apertura de los mercados mundiales ha hecho que Costa Rica se vea obligado a realizar cambios en los sistemas ganaderos, tanto de carne como de leche. Los cambios deben de ir en busca de una mayor productividad y rentabilidad y que garanticen la conservación de los recursos naturales (Rojas y Campos 2015). La ganadería de carne en Costa Rica presenta varios problemas que la hacen ser poco productiva, algunos de los más importantes son: estacionalidad de la

disponibilidad de los forrajes, incidencia de parásitos, edad avanzada al sacrificio y baja o nula suplementación mineral (Holmann *et al.* 2007). Rojas y Campos (2015) mencionan que la ganadería de carne puede ser más productiva mediante la estabulación, semiestabulación y la suplementación estratégica en pastoreo. En la ganadería de engorde una herramienta útil es la suplementación, ya que permite a los animales en pastoreo obtener mayores ganancias de peso diario, sin embargo, es importante saber si esta ganancia cubre los costos de la suplementación (Videa y Salgado 2013).

La carne aporta nutrientes esenciales a la dieta diaria que benefician de manera importante el crecimiento y el desarrollo humano, tales como proteínas, vitaminas, minerales, micronutrientes, carbohidratos, grasas y ácidos grasos (FAO 2016). El consumo per cápita de carne a nivel mundial es variado, mientras que en países industrializados se consumen altas cantidades, en los países en desarrollo los consumos no superan los 10 kg. Se calcula que más de 2 000 millones de personas sufren desnutrición, y carecen de vitaminas y minerales, principalmente vitamina A, yodo, hierro y zinc (FAO 2014).

Según la Comisión Europea (2015), en su informe “Prospects for EU agricultural markets and income 2015-2025”, el consumo de carne a nivel mundial tendrá un aumento del 15% entre los años 2015 y 2025, mientras que Murcia (2016) cita que este consumo será de un 1,4% hasta el año 2025 de forma constante, alcanzando los 5 millones de toneladas comercializadas ese año, siendo los países del sudeste asiático los que mayor consumo presentarán. Este aumento de consumo irá ligado a carnes de mejor calidad, más sanas y nuevos cortes preparados lo más naturalmente posible.

El consumo de carne bovina a nivel mundial ha tenido una variación importante, pasando de un 43,3% en los años 60's a un 23,7% en el año 2012 (Ponce 2013), esta variación representa casi un 50% de disminución. En Costa Rica, el consumo de este tipo de carne ha tenido un descenso importante. La Federación de Cámaras de Ganaderos de Guanacaste, en su Plan Estratégico para el desarrollo de la agrocadena de la ganadería bovina de carne en la Región Chorotega (2007),

menciona una disminución en el consumo per cápita de 52 kg del año 1994 (19,3 kg) al 2005 (14,1 kg), y para el año 2016 CORFOGA (2017) reporta un consumo de 13,7 kg. CORFOGA (2013) indica que algunos de los factores responsables de esta disminución son la mentalidad de que la carne es dañina y posee un alto costo, además de las recomendaciones médicas para eliminar o disminuir el consumo y la preferencia de los cortes finos por parte de la clase alta.

A nivel mundial uno de los problemas que causan más muertes son los problemas cardiovasculares (OMS 2017), y según la OMS (2002), existe una relación entre los niveles de colesterol sanguíneo y enfermedades del corazón. Los consumidores buscan cada vez más alimentos que beneficien su salud, de manera que procuran adquirir productos más saludables que les ayuden al equilibrio nutricional del organismo (Tate & Lyle 2014).

De acuerdo con Larraín y Bello (2013), muchos nutricionistas recomiendan disminuir el consumo de carnes rojas en la dieta de las personas, aun sabiendo que la cantidad de ácidos grasos en sangre no varía si se consumen carnes blancas o carnes rojas magras. Además, la cantidad de grasa que poseen las carnes animales es variable, ya que esta está influenciada por el tipo de alimentación y el manejo que se les dé a estos en la producción (Kraft *et al.* 2008).

Chavarría (2015) menciona la existencia de varios estudios que relacionan el ácido linoleico con un efecto positivo en la salud humana, el cual tiene propiedades anticancerígenas y actúa en la estimulación del sistema inmunológico. Larraín y Bello (2013) mencionan que en humanos se ha demostrado que evita la multiplicación de células cancerígenas en colon, piel y recto, además, ayuda a controlar la obesidad, ya que reduce la cantidad de grasa del cuerpo.

La importancia de este proyecto se basa en que la suplementación tiene efectos positivos en el desarrollo y rendimiento en canal en novillos pastoreo y, dependiendo de las materias primas que se utilicen en la suplementación, esta podrá tener un efecto directo en el perfil lipídico de la carne. Además, con la elaboración de este

proyecto se pondrán a disposición de los ganaderos e industriales los efectos de esta materia prima en el desarrollo y rendimiento de los animales.

1.3 Objetivo general

- Evaluar el efecto de dos dietas en el desarrollo, calidad y composición de la canal y perfil lipídico de la carne en novillos de encaste Brahman en pastoreo, La Vega, San Carlos.

1.4 Objetivos específicos

- Comparar el efecto de una suplementación a base de semolina de arroz y una suplementación sin dicha materia prima en el desarrollo de novillos de encaste Brahman en pastoreo.
- Determinar el efecto de una suplementación a base de semolina de arroz y una suplementación sin dicha materia prima en la composición y calidad de la canal de novillos de encaste Brahman en pastoreo.
- Determinar el efecto de una suplementación a base de semolina de arroz y una suplementación sin dicha materia prima en el perfil lipídico de la carne de novillos de encaste Brahman en pastoreo.

1.5 Hipótesis de investigación

- La semolina de arroz tiene efecto positivo en el desarrollo, composición de la canal y perfil lipídico de la carne en novillos de encaste Brahman en pastoreo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Ganadería en Costa Rica

La ganadería de carne en Costa Rica se caracteriza por ser de tipo extensiva, haciendo un uso ineficiente del recurso suelo. La carga animal es de aproximadamente un animal por hectárea (Holmann *et al.* 2007), la cual está caracterizada por el mayor uso de animales de tipo cebuino (*Bos indicus*), en menor cantidad animales europeos y los cruces de estos (Ramírez 2014). En el país existen alrededor de 93 017 fincas agropecuarias, de estas, 37 171 cuentan con ganado y 26 489 poseen la actividad ganadera como su principal fuente de ingreso. La ganadería ocupa una extensión 1 044 909 hectáreas, y el hato nacional está compuesto por 1 278 817 animales, de los cuales el 42,1% está representado en el sistema productivo de carne (Quesada y Chacón 2015).

Con respecto al total de fincas, la ganadería de doble propósito ocupa el primer lugar con un 38%, seguida por la ganadería de carne con un 34,1%, la actividad lechera con un 20,9 y el 7,1% se dedica a la cría y selección. La región Huetar Norte es la que mayor cantidad de fincas posee, con un 26,3%, seguida por la región Central y la Huetar Brunca con un 20,8 y 16,2%, respectivamente (Ramírez 2014).

En el año 2014 el ganado vacuno aportaba 90 113 millones de colones al valor agregado, de las actividades primarias del sector agropecuario, representando un 6,8% de participación (Sepsa 2015), con lo cual se demuestra la importancia del sector en la economía nacional. Sin embargo, existen factores que limitan la actividad ganadera en la actualidad como: cambio climático, incrementos en el costo de materias primas, el creciente mercado, la necesidad de diferenciación en el mercado, mal manejo de los sistemas productivos y la fluctuación en los precios, estos han hecho que esta actividad sea cada vez más difícil (Ramírez 2014). Por otro lado, Rodríguez (2014), menciona que los factores que más afectan la producción de ganado de carne son los pastos de baja calidad y su variable disponibilidad durante todo el año, las condiciones nutricionales de los animales, el mal manejo del hato y la baja fertilidad de los suelos.

2.2 Ganado cebú o índico (*Bos indicus*)

Este tipo de ganado se caracteriza por tener giba en la cruz. El prepucio y ombligo se encuentran en forma suspendida y presentan papada debido a la piel que poseen. Son animales resistentes a enfermedades y a parásitos, tanto externos como internos. Alcanzan la madurez sexual a edades mayores que las razas europeas. Los partos son más seguros, ya que la región pélvica es más ancha y el canal de parto presenta mejor ubicación que en razas europeas, sin embargo, las crías tienen menor peso al nacer y son de conformación delgada. Su sistema digestivo posee buena conversión de forrajes altos en fibra (Bavera 2011).

Este ganado no tolera el frío intenso, ni días fríos y lluviosos, las temperaturas menores a 0°C pueden ocasionarle muerte por hipotermia, principalmente en terneros jóvenes. Posee una mejor adaptación a condiciones de sequía, por lo que sufren menos estrés hídrico que las razas europeas, así como una buena adaptabilidad al clima de los trópicos, soportando temperaturas y estrés nutricional (Bavera 2011, Rodríguez 2012).

2.3 Raza Brahman

La raza Brahman es originaria de Estados Unidos. Surgió de la selección de ganado con giba de la India (*Bos indicus*). Las razas que dieron su origen fueron Guzerá, Nelore, Gir, Sindhi, Krishna, Valley y Sahiwal. Este animal, se caracteriza por poseer un mejor desarrollo que los animales europeos (Castro 2009).

2.3.1 Patrón racial

Esta raza posee la cabeza mediana, por lo que su cara es corta, es de frente plana y vista lateralmente debe de ser ligeramente convexa. Las orejas son medianas, con las puntas redondeadas y los ollares grandes y dilatados de color negro. La boca es amplia, con mandíbulas fuertes que le permiten una buena aprehensión de forraje. Los ojos deben de estar protegidos con arrugas de piel. Los cuernos están separados en la base y son gruesos. El cuello es corto, y a sus costados posee piel suelta, que en algunos animales es abundante. Posee un pecho profundo, pero no ancho ni saliente, este está cubierto por piel suelta,

formando pliegues, tanto en machos como en hembras. La giba es de forma arriñonada, los machos la poseen bien desarrollada y colocada en la cruz, mientras que en las hembras es poco desarrollada y de una forma oval. La piel en ambos sexos es suave y elástica, de grosor medio, pigmentación negra, con pelos untuosos al tacto. El color del pelaje varía, pudiendo ser blanco, plateado, gris, rojo y en algunas ocasiones posee combinaciones de blanco y rojo con algunas manchas blancas o rojas. El peso promedio en los machos es 900 kg y de 700 kg en las hembras. Son animales de temperamento nervioso, pero dóciles. La raza Brahman es utilizada para la producción de carne, principalmente en zonas calientes. Se cruza con animales europeos y regionales con el fin de obtener individuos con varios tipos de sangre y así tener una alta heterosis (Castro 2009, Gómez 2013).

2.4 Cruces raciales

En los sistemas de producción de bovinos es importante tener en cuenta un programa de cruzamientos, ya que de este depende el tipo de animales que van a constituir el pie de cría. Por esta razón, se deben elegir razas que aporten características como adaptabilidad, rusticidad, productividad, entre otras (Atencio 2008). El objetivo de realizar cruces está en aumentar el vigor híbrido, y complementar las características de interés para el sistema de producción. La cantidad de razas que se utilizarán para los cruzamientos es de suma importancia, ya que el vigor híbrido aumenta con el incremento en la cantidad de estas, pero se debe tener en consideración las condiciones con las que cuenta la finca, como infraestructura y conocimiento técnico del manejo del hato (Bavera 2011). Este tipo de cruces puede mejorar aspectos de importancia económica, tales como natalidad, sobrevivencia y pesos a diferentes edades (Bolívar *et al.* 2009). Los cruces de ganado europeo con ganado tropical *Bos indicus*, principalmente la raza Brahman, son importantes, ya que elevan el vigor híbrido, permitiendo obtener animales adaptados a climas calientes (Córdoba 2005).

Carro y González (2012) definen la productividad como la relación entre lo producido en un sistema (productos) y los recursos que se utilizaron para generarlos (insumos). En un sistema de ganadería de carne la productividad está dada por la

cantidad de kilogramos de carne producidos en un área y tiempo definidos con el menor uso de insumos. Esta producción está relacionada con factores como alimentación, sanidad, manejo y genética. Este último aspecto está dado por los cruzamientos que se realicen en el hato. En nuestro país, se realizan cruces de bovinos *Bos indicus* X *Bos taurus* para mejorar la genética de los animales y así obtener individuos con mejor adaptación al cambio climático, mejores rendimientos y lograr aumentar así la productividad de la actividad (Ramírez 2014).

2.5 Vigor híbrido

La heterosis o vigor híbrido es el aumento de las características de desempeño de la descendencia con respecto a sus progenitores. Esta se utiliza cuando se quiere mejorar la genética en un sistema productivo y así aumentar la expresión de alguna característica de interés. Se realiza mediante cruces de genéticas diferentes, ya que entre más diferentes sean estas, la expresión de heterosis es mayor (Pulgarín 2012).

Los impactos que tiene la heterosis en características productivas han sido evaluados por muchos años, es por esto que se han diseñado programas de cruzamiento para obtener los mejores resultados en las explotaciones ganaderas. Sin embargo, existe muy poca información sobre los beneficios que esta tiene en características de la carne y el perfil lipídico de esta (Gama *et al.* 2013). Castillo *et al.* (2015) indican que con los cruces de ganado *Bos indicus* y *Bos taurus* se han obtenido mayores rendimientos gracias a la heterosis, como por ejemplo animales con un crecimiento más rápido, mejores rendimientos, más precoces y mayor producción de leche.

Elzo *et al.* (2012) estimaron las diferencias genéticas de bovinos Brahman y Angus y el cruce de estos para características de canal y calidad de la carne. En su estudio encontraron que los novillos Brahman tenían menos grasa sobre el lomo, la carne era menos tierna, con más tejido conectivo y menos jugosa que los Angus. En cuanto a los cruces, encontraron mayor peso de la canal caliente, mayor grasa

sobre el lomo, mayor área del ojo del lomo y mayor grasa renal, pélvica y cardíaca. Los autores concluyen que la heterosis maximizó el rendimiento de la carne.

2.6 Castración

Existen dos métodos de castración, físicos y químicos. Los físicos utilizan bandas elásticas, emasculación con Burdizzo y cirugía, mientras que el método químico utiliza la aplicación de sustancias tóxicas e inmunocastración (Mach *et al.* 2010). Esta práctica tiene efectos en el comportamiento y la calidad de la carne. Los animales castrados presentan mejor calidad de carne y se reducen las conductas de agresividad y sexuales, lo cual facilita el manejo del hato (Mach *et al.* 2010, Lambertz *et al.* 2014, Arias *et al.* 2016.).

En Costa Rica, la práctica de castración se dejó de realizar en los años setenta, debido a las tendencias del mercado internacional y a las necesidades de las plantas empacadoras, las cuales preferían animales de mayor tamaño que produjeran más cantidad de carne. Además, se ha generalizado el concepto de que los terneros no castrados, provistos de una buena alimentación, crecen más rápido y su deposición de grasa es menor que los terneros castrados (Rodríguez 2012).

Bretschneider (2009) menciona que, si la castración se realiza a edades avanzadas, la pérdida de peso es mayor en comparación con realizarla al nacimiento o a edades tempranas. Arboleda *et al.* (2015) indican que los terneros a edades entre el mes cuatro y nueve de vida tienden a bajar la ganancia diaria de peso, la cual se da por factores como marcación, manejo, cambios en el amamantamiento, castración y otros. Mach *et al.* (2010) recomiendan realizar la castración antes de los tres meses de edad, ya que a este momento las pérdidas de peso asociadas al dolor se disminuyen, debido a que este es menos intenso a menor edad.

2.6.1 Método de castración por cirugía

Este método consiste en la eliminación total de las gónadas y conductos espermáticos. Posee un 100% de efectividad, se puede realizar a cualquier edad, sin embargo, puede presentar complicaciones como hemorragias, edemas,

pudiendo provocar infecciones y dolor crónico al animal (Mach *et al.* 2010). En este método, el animal pierde mucha sangre, pero es el más utilizado en las explotaciones ganaderas. En esta técnica, se utiliza un bisturí o un cuchillo muy afilado para realizar una incisión en la base del escroto de forma longitudinal. La incisión puede ser del lado del escroto y adyacente a la pata, o puede ser debajo de los testículos (Figura 1) (Bavera y Peñafort 2006).



Figura 1. Tipo de incisiones para el método de castración de cirugías en bovinos.

Fuente: Modificado de Bavera y Peñafort (2006).

2.6.2 Castración y bienestar animal

El bienestar animal posee varias definiciones, sin embargo, uno de los más fáciles de entender es el que menciona que el bienestar es el estado en el que el animal puede estar en armonía con el ambiente, y estar en completa salud física y mental. A nivel internacional se han adoptado cinco libertades que deben de tener todos los animales, estas son:

- libertad de sed, hambre y mala nutrición, acceso libre a agua y una dieta saludable
- libertad de incomodidades, suministrándoles un lugar apropiado para descansar y con protección
- libertad de dolor, lesiones y enfermedad, mediante la prevención, diagnósticos y tratamientos oportunos
- libertad para expresar su comportamiento normal, con espacio suficiente y animales de la misma especie

- libertad de estrés y miedos, para proporcionarles salud mental (Aluja 2011).

Los métodos de castración usados convencionalmente no cumplen la libertad de dolor, por lo que están fuera de las libertades del bienestar animal, ya que todas las técnicas producen dolor, reducción en el rendimiento y disminución en la conversión alimenticia durante el proceso de recuperación de la castración (Huertas 2011).

En los Estados Unidos, la castración es una práctica muy utilizada, sin embargo, más del 80% de los productores no utilizan ningún fármaco para aliviar el dolor al momento de la castración. La humanidad ha comenzado a preocuparse por el bienestar animal, de manera que las investigaciones para fortalecer el desarrollo de políticas de bienestar animal son fundamentales (Dockweiler *et al.* 2013).

2.7 Edad de castración

La edad a la que se realiza la castración en terneros tiene efectos en la calidad de la carne. Castrar animales muy jóvenes puede provocar una acumulación no deseada de grasa intramuscular y un sobreengrasamiento, así como una reducción en el potencial de crecimiento antes de la pubertad (Marti *et al.* 2011). Si la castración se realiza a edades tempranas (dos meses) puede permitir un mayor marmoleo en las razas con capacidad de hacerlo, en comparación con aquellos que se castren a edades más tardías (diez meses). Animales castrados a edades tempranas pueden aumentar la terneza de la carne, debido a que la producción de testosterona es menor (Zamora 2016).

Zhang *et al.* (2015) encontraron que la castración después de la pubertad no afecta la ganancia diaria de peso y la concentración de hormonas en sangre en ganado Wannan.

Rodríguez (2014) encontró que la castración a los tres meses de edad proporciona una mejor calidad de cortes de lomo ancho (*Longissimus dorsi lumborum*), en comparación con animales castrados a los siete y doce meses de edad y animales sin castrar.

2.8 Crecimiento

La calidad y cantidad de la carne están relacionadas con el crecimiento de los animales, de manera que el estudio de esta variable es de suma importancia. Además, permite hacer selección de los animales con mayor ganancia de peso en menor tiempo, significando esto un mayor beneficio económico para la finca (Posada *et al.* 2011).

El crecimiento inicia en la fase prenatal desde el momento que se da la formación del cigoto, finalizando cuando se llega a la conformación propia de la especie con el peso adulto. El crecimiento es por tanto un incremento de peso, que se da por la división celular (hiperplasia) y elongación celular (hipertrofia) (Gatius *et al.* 2013, Sánchez 2015).

2.9 Desarrollo

El desarrollo se define como el cambio en composición y forma del organismo antes de llegar a la madurez. En esta fase se da una diferenciación funcional de los tejidos, órganos y sistemas (Gatius *et al.* 2013, Sánchez 2015).

En la fase de desarrollo se llevan a cabo tres ondas de crecimiento: axial o primaria, apendicular y descendente (Figura 2).

Onda axial: es prioritaria sobre las demás, corre a lo largo del raquis, siendo la encargada del crecimiento en el largo del animal. Comienza en el cerebro y se divide en dos direcciones, la primera hacia adelante, en la que se da el aumento de tamaño de la cabeza, y hacia atrás, en donde se da un desarrollo longitudinal del animal, el cual incluye el desarrollo del cuello, tórax, riñones y cadera (Gatius *et al.* 2013).

Onda apendicular: comienza en la parte media de las cañas y posee dos direcciones, hacia abajo para dar el tamaño del pie y hacia arriba para dar el crecimiento en altura (Gatius *et al.* 2013).

Onda descendente: su proceso inicia con el decrecimiento del efecto de las dos anteriores. Es la encargada del desarrollo longitudinal de las costillas, brindándole profundidad al animal (Gatius *et al.* 2013).

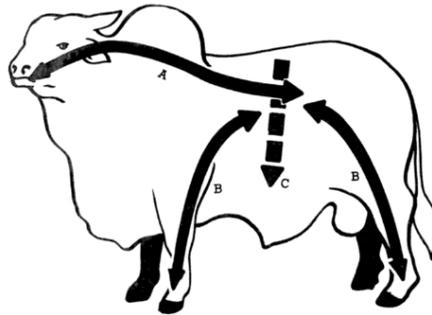


Figura 2. Ondas de crecimiento en ganado bovino. A) Axial, B) Apendicular, C) Descendente.

Fuente: Castro (1984)

2.10 Recurso forrajero

Los pastos son la base alimenticia de la ganadería en Costa Rica, sin embargo, a pesar de su gran importancia para esta actividad, no se han considerado como un cultivo; debido a esto presentan baja productividad y una deficiente calidad nutricional (Arronis 2008).

La calidad de un forraje está determinada por factores como: digestibilidad in Vitro de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutra (FDN) y proteína bruta (PB). Para que un forraje se considere de calidad debe de tener un 70% de DIVMS, menos de un 50% FDN y más de un 15% PB. Y un forraje de baja calidad es aquel que tiene menos de un 50% de DIVMS, más de un 65% de FDN y menos del 8% de PB (Di Marco 2011).

2.10.1 Ratana (*Ischaemum indicum*)

El pasto Ratana se originó en Asia Tropical. Es una especie agresiva y palatable, que se adapta bien a terrenos pobres y húmedos, en los cuales logra crear una densa vegetación y dominar a las otras gramíneas (Villareal *et al.* 2010).

Villalobos (2010) y Boschini *et al.* (2014) mencionan que este pasto puede llegar a producir en la zona de San Carlos, Costa Rica, en promedio entre 283 y 462 kg de materia seca por hectárea por corte, en sistemas de cosecha cada 35 días, en la época de máxima y mínima precipitación, respectivamente.

2.10.2 Toledo (*Brachiaria brizantha*)

Este pasto es originario de África Tropical (Ducca *et al.* 2009). El Toledo es una planta perenne, formadora de cepas semipostradas, la cual puede alcanzar una altura de metro y medio. Posee alto valor nutritivo y alta digestibilidad. Requiere de suelos de media a alta fertilidad con buen drenaje. Se puede usar en asocio con leguminosas, especialmente con maní forrajero (*Arachis* sp). Es tolerante a *Prosopis* sp y *Aenolamia* sp. (Arronis 2008, INTA 2014). Este forraje se adapta desde los cero hasta los 1500 msnm, con precipitaciones desde los 600 hasta los 4500 mm anuales, razón por la cual se adapta bien a las condiciones climáticas de la Región Huetar Norte (Ducca *et al.* 2009).

2.10.3 Tanner (*Brachiaria radicans* o *B. arrecta*).

El Tanner es una planta perenne, posee una altura entre los 100 y 150 cm. Es uno de los forrajes más comunes en los trópicos (Luce *et al.* 2016). Es originaria de África Tropical. Los tallos son decumbentes, enraizadores y ramificados (estoloníferos). Se utiliza como pasto de corta, heno, ensilaje, control de erosión y pastoreo (Noreña 2014). Es un forraje que se adapta bien a zonas con problemas de encharcamiento, adaptándose en zonas con precipitaciones de 1500 a 2000 mm anuales. Su producción de materia seca oscila entre 25 y 30 toneladas por hectárea por año, con valores de PB de 8% a 12% y una digestibilidad de 55% a 60% (Guerra y Lagos 2014).

Los forrajes no suplen los requerimientos de energía, proteína y minerales de los bovinos, por lo que es necesario la suplementación de estos (Miranda y Osorio 2012). En zonas tropicales, los pastos presentan bajas cantidades de energía y altos niveles de fibra con respecto a los forrajes de zonas templadas, por

lo que la energía es el nutrimento limitante en los sistemas productivos del trópico (MAG sf, Barahona 2015).

2.11 Suplementación animal

La suplementación animal consiste en el suministro de uno o varios nutrientes a la dieta base. Este suministro busca aumentar el nivel de producción, mejorar la eficiencia de utilización del alimento base, aumentar la carga animal, prevenir enfermedades y aprovechar los subproductos de otras actividades (Pasinato 2016). En la etapa final de engorde de novillos (350 kg a más), la suplementación es una herramienta frecuente, ya que permite acelerar el engorde y disminuir el período en el que los costos energéticos son más altos (Rodríguez y Gámez 2015).

En el trópico, los sistemas productivos de carne y leche se sustentan en el uso de pasturas, ya sea de pastos nativos o introducidos, debido a los bajos costos de producción (González *et al.* 2013). La mayoría de estas pasturas son de bajo valor nutricional, provocando que la conversión alimenticia de productos de origen animal sea baja. Además, las condiciones climáticas como precipitación, temperatura y horas luz, determinan la disponibilidad y contenido nutricional de los pastos. Debido a estas condiciones, es que se vuelve necesaria la suplementación para lograr buenos niveles de producción (Ramírez 2014).

Lagomarsino y Montossi (2014) encontraron que el mejor aprovechamiento de las pasturas y la inclusión de suplementos, mejoran las características de la canal y el rendimiento en vacas de engorde raza Hereford.

2.12 Semolina de arroz

La semolina de arroz proviene del pulido del grano de arroz (*Oryza sativa*), en el que las capas externas ubicadas entre la cáscara y el endospermo del grano de arroz (palea y lema) son eliminadas luego del proceso de industrialización de este. Al finalizar este proceso se obtiene una harina pajosa, color crema y de composición ligeramente grasosa (FAO sf, Centeno 2016). En el siguiente cuadro se especifica una parte de la composición química que posee esta materia prima.

Cuadro 1. Composición química de la semolina de arroz.

Ingrediente	Unidad	Mínimo	Máximo
Materia seca	%	86,2	94,7
Proteína cruda (PC)	%	8,7	17,8
Extracto etéreo	%	8,5	25,4
Fibra cruda	%	5,1	14,6
Fibra neutro detergente (FND)	%	16,8	39,2
Fibra ácido detergente (FAD)	%	8,0	19,5
Energía digestible (ED)	Kcal/kg	3315	3901
Energía metabolizable (EM)	Kcal/kg	2899	3490

Fuente: Modificado de Mata (2011).

2.13 Lípidos

Los lípidos son compuestos orgánicos insolubles en agua, que cumplen funciones importantes en la nutrición de los mamíferos. Algunos de estos se consideran esenciales, debido a que el organismo no tiene las enzimas para sintetizarlos, por lo que es necesario el consumo de estos por medio de fuentes externas. Los lípidos forman parte principal de las membranas celulares, actúan en el metabolismo celular como reserva de energía, aportando más energía que otras biomoléculas. Además, participan en el transporte de vitaminas, mejorando su absorción. Dentro de estos se encuentran algunos ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoleico (León *et al.* 2014).

2.14 Metabolismo de lípidos en rumiantes

El metabolismo de lípidos en los rumiantes es muy distinto al de los monogástricos, debido a la fermentación microbiana que sufren estos en el rumen. Existen dos procesos importantes que sufren las grasas en el rumen: lipólisis y biohidrogenación. En el primer proceso, se da una liberación de los ácidos grasos de los ésteres que se encuentran en los lípidos de la dieta, mientras que en la biohidrogenación se produce una saturación de los enlaces dobles presentes en los ácidos grasos insaturados (Martínez *et al.* 2010, Osorio y Vinazco 2010).

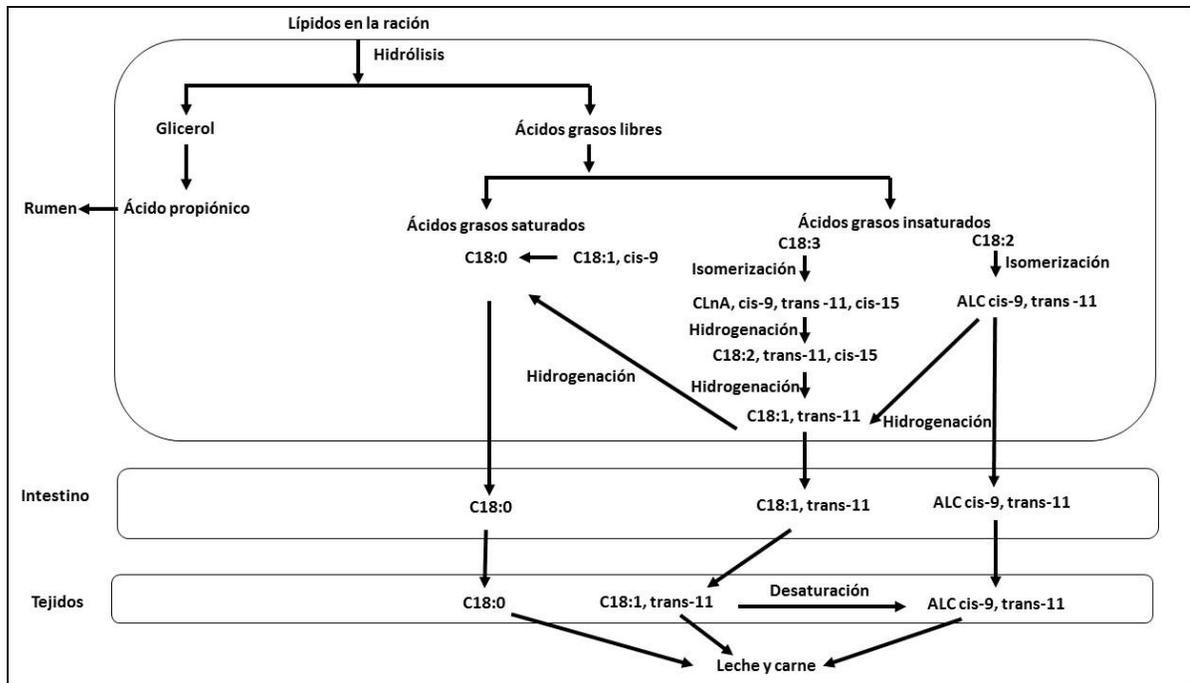


Figura 3. Digestión de los lípidos en el rumen y origen de ácidos grasos en carne y leche.

Leyenda: C18:0, ácido esteárico; C18:1, ácido oleico; C18:1trans-11, ácido vaccénico; C18:2, ácido linoleico; C18:2cis-9, trans-11, ácido ruménico; C18:3, ácido linolénico.

Fuente: Modificado de Martínez *et al.* 2010

2.15 Ácidos grasos

Los ácidos grasos son los constituyentes principales de los lípidos. Estos se clasifican de acuerdo con la presencia o no de enlaces dobles en su cadena. Cuando solo presentan enlaces simples, se les conoce como saturados, pero si cuentan con enlaces dobles se llaman insaturados o no saturados. Estos últimos se pueden encontrar en dos configuraciones distintas, a saber: isómero cis e isómero trans. El isómero cis está presente en la naturaleza, pudiendo estar conjugado en su cadena de átomos o separado por un grupo funcional metileno (León *et al.* 2014).

Algunos de los ácidos grasos saturados más comunes son: butírico, valérico, caproico, caprílico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico y esteárico. Por otra parte, los ácidos grasos insaturados se clasifican en monoinsaturados (presencia de un enlace doble) y poliinsaturados (presencia de dos o más enlaces dobles). Dentro de

los monoinsaturados tenemos: palmitoleico, oleico y elaídico, y en los poliinsaturados tenemos: linoleico, linoleico conjugado, araquidónico, g-linolénico, a linolénico, entre otros (Castro *et al.* 2010).

Las grasas saturadas son de consistencia sólida a temperatura ambiente. Están presentes en productos de origen animal como leche, natilla, manteca, sebo, carne y en algunos aceites vegetales de palma y coco. Su consumo en exceso produce un aumento en el colesterol sanguíneo. Por otro lado, las grasas insaturadas son líquidas a temperatura ambiente, y su consumo favorece la disminución del colesterol. Las grasas monoinsaturadas se pueden encontrar en el aceite de oliva, y poseen la ventaja de disminuir el colesterol LDL (malo) y aumentar el colesterol HDL (bueno), ayudando así a prevenir enfermedades cardiovasculares. Por último, tenemos las grasas poliinsaturadas, estas se pueden encontrar en aceites de semillas (girasol, soya y maíz) y pescado. Dentro de este grupo se encuentran las grasas Omega 3 y Omega 6, las cuales disminuyen tanto el colesterol LDL como el HDL, por lo que un alto consumo de estas no es saludable (Monge y Campos 2006).

La carne de vacuno es una fuente rica en lípidos, vitaminas, minerales y proteínas. El 50% de las grasas que ésta posee son ácidos grasos monoinsaturados, los cuales tienen la capacidad de disminuir algunos problemas relacionados con el cáncer y enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, su consumo ha tenido una disminución importante, debido a la posible relación de las grasas con cardiopatías (Vázquez *et al.* 2008).

2.16 Ácido linoleico conjugado (CLA)

Los aceites insaturados se clasifican en monoinsaturados y poliinsaturados. El ácido linoleico (LA) se encuentra en el grupo de los poliinsaturados. Su nombre sistemático es ácido cis-9, cis-12 -octadecadienoico. Posee 18 átomos de carbono y cuenta con dos dobles enlaces. Su principal fuente son los aceites vegetales (FAO 2012). Este ácido graso posee el primer enlace doble en el carbono seis a partir del grupo metilo. Pertenece a la familia omega 6. Los principales isómeros pertenecientes al grupo CLA son los cis 9, trans 11 y trans 10, cis 12, los cuales

representan aproximadamente un 80% de los CLA conocidos. Estos isómeros poseen propiedades anticancerígenas y tienen la capacidad de inhibir la deposición de grasas (Paz 2009).

Oliveira *et al.* (2011) realizaron un estudio en 31 novillos cebú, en el que evaluaron el efecto de la suplementación de semillas oleaginosas molidas de soya, algodón y linaza, y no encontraron un aumento en el CLA del músculo *Longissimus dorsi thoracis*. De igual forma He *et al.* (2014) analizaron la concentración de ácidos grasos en el mismo músculo en bovinos de engorde, alimentados con grano de cebada con o sin semilla oleaginosa, y no encontraron un aumento en el CLA en ninguno de los tratamientos.

Por otro lado, Domingues *et al.* (2015) encontraron que la suplementación de maíz con alto contenido de aceite en novillos Nelore, mejoró el perfil de ácidos grasos en el músculo *Longissimus dorsi*, de igual manera Kim *et al.* (2016) encontraron que el suministro de soya en la dieta de novillos Hanwoo aumentó los ácidos grasos insaturados totales (ácido oleico, linoleico y linolénico) y disminuyó el nivel de ácidos saturados totales. Además, estos autores indican que se produjo un incremento en los niveles de CLA y su principal precursor (ácido trans-vacénico). Carvalho *et al.* (2016) encontraron que la suplementación de aceite de linaza en novillos Nelore, aumentó significativamente la concentración de CLA en carne ($P=0,036$) y en grasa ($P=0,049$) que en el grupo control. Domingues *et al.* (2015) y Kim *et al.* (2016) indican que esta carne podría ser más saludable para los consumidores.

2.17 Mediciones ultrasonográficas

La ultrasonografía es un método *in vivo* para realizar mediciones del grado de engrasamiento y desarrollo muscular en ganado bovino (Villa *et al.* 2012). Además, López (2011) menciona que el uso de la ultrasonografía se ha utilizado para el análisis de los órganos reproductivos de varias especies, esto gracias a que es un método no invasivo.

Ferrario y Fernández (2007) mencionan que la ultrasonografía puede ser usada como una herramienta precisa para la medición de características en ganado en pie, por ejemplo: profundidad muscular, grosor de grasa dorsal, área del ojo del lomo. De igual forma, Velázquez y Ríos (2010) encontraron una correlación entre las medidas ecográficas y las visuales de la grasa, utilizando la condición corporal, concluyeron que ambos métodos son válidos en vacas Cebú.

La ultrasonografía permite realizar mediciones en animales vivos, con el fin de hacer cambios en el manejo, para mejorar el rendimiento y la calidad de las canales y disminuir las posibles pérdidas al momento del sacrificio de los animales (Colin 2010).

2.17.1 Profundidad de músculo

La profundidad muscular es una variable de suma importancia en las mediciones ultrasonográficas, ya que es un indicador de la composición de la canal (Blanco *et al.* 2008).

2.17.2 Espesor de grasa dorsal

El espesor de grasa dorsal es la grasa que se encuentra recubriendo la canal, y está asociada a la cantidad de grasa que será eliminada al momento del deshuese. Esta medida se realiza con una regla y se expresa en mm, en un corte transversal a nivel de la 12° y 13° costilla (Cardona 2016). El tejido graso es parte de la ganancia de peso vivo, la acumulación de esta requiere de más energía que la deposición de proteína, y esta no varía hasta que el bovino alcance la mitad de su madurez fisiológica (Ramírez 2014).

2.17.3 Grasa de la grupa

La grasa de la grupa es una variable importante en las mediciones *in vivo*, ya que está altamente relacionada con la grasa dorsal (correlación genética superior a 0,70). Es usada para mejorar la estimación de la grasa externa de los bovinos (Troxel *sf.*). Knee (2006) y Mirzaei *et al.* (2009) mencionan que el grosor de grasa de la grupa es un indicador del porcentaje de grasa en la canal y por lo tanto afectará

o no el rendimiento cárnico posterior. Hamilton (2006) menciona que canales con profundidades de grasa de 0,1 a 2 mm se consideran canales demasiado magras, mientras que canales con más de 12 o 15 mm se pueden considerar demasiado grasas.

2.17.4 Marmoleo

El marmoleo es una variable de mucha importancia, ya que es un indicador de la cantidad de grasa intramuscular. En países como Canadá y los Estados Unidos es una característica de mucho peso a la hora de clasificar canales (Cardona 2016). Es la grasa presente entre las fibras del músculo, la cual se observa como pecas blancas, la distribución y tamaño de estas poseen un efecto en la calidad de la carne (Angus 2010).

Rodríguez *et al.* (2018) en un estudio realizado sobre el efecto del genotipo y alimentación final sobre cortes cárnicos comerciales y calidad de canal en novillos, encontraron una media de 3.22 para los novillos raza Brahman, para los novillos Charolais una media de 3.34, y para el cruce de estos una media de 3.02, y de acuerdo con la escala de software para ultrasonografía de la Universidad Estatal de Kansas, estos valores se encuentran dentro del rango de trazas (cuadro 2), según los grados de calidad del sistema de clasificación de USA.

Cuadro 2. Valores de marmoleo de acuerdo con la escala del software para ultrasonografía de la Universidad Estatal de Kansas.

Grado de Calidad	Valor
Desprovisto	1,0 - 1,9
Prácticamente desprovisto	2,0 - 2,9
Trazas	3,0 - 3,9
Ligero	4,0 - 4,9
Poco	5,0 - 5,9
Modesto	6,0 - 6,9
Moderado	7,0 - 7,9
Ligeramente abundante	8,0 - 8,9
Moderadamente abundante	9,0 - 9,9
Abundante	10,0 - 10,9

Fuente: Modificado de Rodríguez *et al.* 2018.

2.18 Calidad de la canal

La canal es el cuerpo del animal sacrificado, eviscerado, sangrado, sin cabeza, sin extremidades y piel. Esta podrá o no contener los riñones y la grasa de estos y de la cavidad pelviana, carecerá de órganos sexuales y sus músculos, de ubre y grasa mamaria. La calidad de esta se rige de acuerdo con el peso en caliente, la conformación y el nivel de grasa. Estos parámetros brindan información de las piezas, cantidad de tendones y la constitución de músculos y la grasa (Gigena 2008). Canales con una mejor proporción de cortes de primera categoría y de músculo, con mínima cantidad de hueso y un nivel adecuado de grasa de acuerdo a las exigencias del mercado serían las deseables (Schaller 2011).

2.19 Conformación muscular

La conformación muscular es una medida indirecta de la cantidad de carne que posee una canal. En Europa, existe un sistema de clasificación de canales en el que, además de esta medida, utilizan el sexo, estado fisiológico y cobertura de grasa. Para la toma de esta medición, se considera el desarrollo de todos los perfiles de la canal, pero principalmente el de la cadera, lomo y paletilla (Rubio *et al.* 2013).

Delfa *et al.* (2007) utilizaron 69 canales bovinas para determinar la relación entre el peso de la canal caliente y la clasificación de la Unión Europea (conformación y cobertura de grasa de la canal), y encontraron un 97%, 60% y 85% de correlación con la cantidad de carne, grasa y hueso, respectivamente.

2.20 Grasa de cobertura

La grasa posee una fase inicial de crecimiento (“growing phase”) y otra fase final de acumulación (“fattening phase”). Durante la fase final, la grasa subcutánea se acumula más rápido que la grasa intermuscular. En etapas tempranas de crecimiento, el tejido adiposo no se desarrolla antes de que exista una disponibilidad de nutrientes que exceda los requerimientos para la formación de huesos y músculos. La grasa subcutánea se elimina durante la comercialización, y parte de

la que queda adherida en la carne se pierde en los procesos de cocción o es separada por el consumidor (Garriz 2012).

Gallo *et al.* (2013) encontraron en un estudio que novillos en pastoreo, suplementados con hojuelas de maíz, obtuvieron una mayor cobertura de grasa que los novillos del grupo control ($1,25\pm 0,09$ y $0,96\pm 0,08$ respectivamente).

Jerez y Huerta (2009) en un estudio realizado en Venezuela con 71 toros de seis razas diferentes, en el que evaluaron el efecto de la raza y la suplementación durante el pastoreo sobre características de canal y calidad de la carne, encontraron que los toros de raza Angus y Brahman obtuvieron un mejor acabado de la grasa de cobertura que los toros de las demás razas y del grupo control.

2.21 Color de grasa de cobertura

La coloración del tejido adiposo está relacionada con el tipo de alimentación que se le brinde al animal. Los carotenoides y carotenos presentes en los pastos pueden ocasionar una coloración casi amarilla en la grasa de cobertura del animal, por lo que animales en pastoreo presentan colores amarillos más intensos que los animales en estabulación (Mora y Shimada 2001, Cruz 2012). Estos autores indican que esta característica no afecta el sabor ni el valor nutricional de la carne.

Contreras (2005) realizó un estudio en el que evaluó el efecto de dos dietas sobre características de la canal y calidad de carne, dieta uno: ensilaje de pastura y un kilogramo de avena; dieta dos: ensilaje de pastura más 2 kg de cebada, 2 kg de maíz y 1 kg de afrecho de soya, y no obtuvo diferencias significativas en el color de la grasa de cobertura en los dos tratamientos.

2.22 Grosor de grasa de cobertura

Rubio *et al.* (2013) definen la grasa de cobertura como la grasa que tiene que ser separada de los cortes secundarios para su comercialización, además, indican que esta se mide en la 12va costilla, a tres cuartos de la distancia del eje largo del músculo *Longissimus dorsi* desde la línea media (unión de la costilla y el lomo).

El manejo adecuado de las canales bovinas, luego del sacrificio del animal es de mucha importancia, ya que se puede producir un acortamiento por frío de las fibras musculares, produciendo carnes duras. Esto sucede cuando las canales se enfrían muy rápido y la temperatura baja por debajo de los 10 °C antes de alcanzar el *rigor mortis*. La cobertura de grasa en las canales debe ser la adecuada para evitar que este proceso suceda de forma conveniente, ya que evita un enfriamiento acelerado (Serrano *et al.* 2012).

Gallo *et al.* (2013) encontraron en sus estudios que novillos en pastoreo, suplementados con hojuelas de maíz, obtuvieron un mayor grosor de grasa de cobertura que los novillos del grupo control ($3,85\pm 0,39$ y $3,06\pm 0,35$ respectivamente).

2.23 Rendimiento pie-canal

El rendimiento es un factor importante a la hora de evaluar una canal. Este se expresa en porcentaje y representa la relación del peso de la canal con respecto al peso del animal en pie. Sin embargo, este valor es importante a nivel económico, pero no permite valorar la calidad de las canales (Schaller 2011). Gallo *et al.* (2013) encontraron en un estudio que novillos en pastoreo suplementados con hojuelas de maíz obtuvieron un mayor peso de canal caliente, en comparación con los novillos del grupo control ($271,78\pm 3,03$ y $262,96\pm 2,95$ respectivamente). De igual forma, Jerez y Huerta (2009), en el estudio mencionado anteriormente, encontraron que el grupo de toros con suplementación (n=35) obtuvo un mayor rendimiento canal que el grupo de toros control (n=36).

2.24 Área del ojo del lomo

Rodríguez (2014) menciona que ésta es una variable cuantitativa para evaluar una canal, y que se determina en el músculo *Longissimus dorsi lumborum*, el cual se ubica entre la 12va y 13va costilla, y se realiza un corte transversal para su medición que se expresa en cm².

Gallo *et al.* (2013) encontraron, en un estudio, que novillos en pastoreo suplementados obtuvieron una mayor área del ojo del lomo que los novillos del

grupo control ($49,35 \pm 1,64 \text{ cm}^2$ y $45,23 \pm 1,44 \text{ cm}^2$ respectivamente) ($p=0,02$). Sin embargo, Carvalho *et al.* (2017) realizó un experimento en que suministró cinco dietas diferentes con base en fuentes de ácidos grasos, y no encontraron diferencias significativas en los cinco tratamientos ($71,3 \text{ cm}^2$, $73,0 \text{ cm}^2$, $73,2 \text{ cm}^2$, $73,3 \text{ cm}^2$, $766, \text{ cm}^2$). De igual forma, Jerez y Huerta (2009) no encontraron diferencias significativas para esta misma variable.

2.25 pH y temperatura de la canal

El nivel de pH del músculo vivo es alrededor de 7,2, sin embargo, luego de la cosecha, se producen procesos de degradación bioquímica en los que el glucógeno es degradado a ácido láctico (glucólisis o glucogenólisis) (Contreras 2005). French *et al.* (2001) mencionan que un animal estresado sumado, a un período de ayuno antes del sacrificio, presentará mayores niveles de pH, debido a que se usa el glucógeno de los músculos como fuente de energía para el trabajo muscular, y esto reduce la producción de ácido láctico durante el *rigor mortis*.

La variación en los niveles de pH puede darse por muchos factores, dentro de los que destacan los intrínsecos del animal como: genética, metabolismo, susceptibilidad al estrés, entre otros, sin embargo, los más importantes son los factores ambientales que se presentan durante el manejo del animal y su canal durante 24 horas antes y después del sacrificio (Rubio *et al.* 2013).

Gallo *et al.* (2013) indican que el pH de la carne es un factor importante, ya que si este es igual o mayor a 5,8 disminuye la vida útil de la carne empacada al vacío. Estos mismos autores, en un estudio, evaluaron el efecto de la suplementación energética con base en hojuelas de maíz sobre características de calidad de la canal, y encontraron que los novillos que recibieron la suplementación presentaron niveles más bajos de pH y sin sobrepasar el valor máximo de 5,8, mientras que el grupo control sí excedió este valor.

Contreras (2005) menciona que existe una relación del pH con el color, jugosidad y textura de la carne, ya que cortes con valores de pH por encima de seis presentan una coloración oscura, son secos y de texturas firmes.

El manejo de la temperatura de la canal es un factor de suma importancia, debido a que si no se realiza un enfriamiento adecuado luego del sacrificio del animal, se produce un proceso llamado acortamiento por frío. El acortamiento por frío se da cuando la carne se enfría rápidamente y la temperatura baja por debajo de los 10 C antes de que se dé el *rigor mortis*, esto provoca que el frío estimule una contracción muscular muy intensa, superior a la que se da en el *rigor mortis*, y los sarcómeros (estructuras que se alargan y se acortan en el proceso de contracción-relajación) se acortan más de lo normal, siendo este proceso irreversible y dando como resultado carnes muy duras (Figura 4) (Serrano *et al.* 2012).

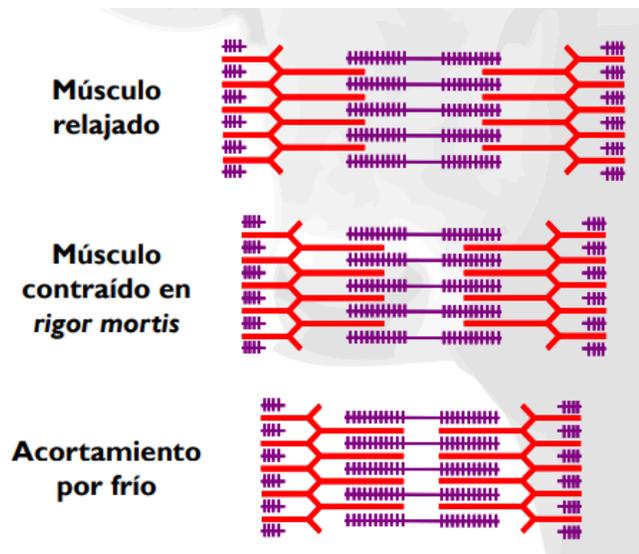


Figura 4. Estados de contracción del músculo

Fuente: Serrano *et al.* 2012

El enfriamiento de la canal deber ser lo suficientemente rápido para evitar el crecimiento de bacterias, pero no tanto para no provocar un acortamiento por frío. Se recomienda bajar la temperatura lo más rápido posible a 15°C y mantenerla hasta que se alcance el *rigor mortis* (Serrano *et al.* 2012).

2.26 Longitud de la canal

La longitud de la canal es la distancia en centímetros tomada desde el borde anterior y medial de la primera costilla, hasta el borde anterior de la sínfisis púbica

medida en línea recta. Esta medida debe tomarse en la media canal izquierda fría. (Rubio *et al.* 2013).

2.27 Rendimiento cárnico

El rendimiento cárnico es la cantidad, distribución y proporción de los principales componentes corporales que son: músculo, grasa y hueso, así como el peso de la canal y se expresa en porcentaje. Se puede entender un rendimiento ideal en el que exista más músculo que hueso con un nivel óptimo de grasa. No existe un nivel adecuado de grasa, pero en general este valor oscila entre $15\pm 2\%$ a $20\pm 2\%$ de grasa (Garriz 2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación y caracterización del universo de estudio

El estudio constó de tres etapas, para un total de 148 días de duración. La primera etapa se realizó en la finca “La Vega”, ubicada según las coordenadas CRTM05 443327.02 este y 1152767.25 norte, propiedad de la Unidad de Ganado de Carne, del Programa de Producción Agropecuaria (PPA) de la Escuela de Agronomía del Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. Esta finca se encuentra a una altura aproximada de 85 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 26 °C, una humedad relativa del 85% y una precipitación media de 3400 mm anuales (Rodríguez *et al.* 2014).

La segunda etapa se llevó a cabo en la planta de cosecha Coopemontecillos R.L., ubicada en el distrito San Antonio del Tejar de la provincia de Alajuela.

La tercera y última etapa, se realizó en el Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica.

3.2 Período de estudio

El periodo de estudio fue de julio a noviembre de 2017. En la primera etapa, se suplementaron con dos dietas (una con base en semolina de arroz y la otra convencional) a animales en pastoreo en la fase de finalización. En el transcurso de esta fase se midió ganancia diaria de peso (GDP) y se realizaron dos mediciones ultrasonográficas, una al inicio del experimento y otra al final. La duración de esta etapa fue de 146 días.

En la segunda etapa, se realizaron mediciones del peso en pie en planta (PPP) de cada animal. Posteriormente, se evaluó la canal caliente y la canal en frío. Para la canal caliente, se midió el peso canal caliente (PCC), conformación muscular (CM), grado de grasa de cobertura (GGC), color de grasa de cobertura (CGC) y el rendimiento pie canal (RPC); y en la canal en frío, se midió el peso canal frío (PCF), el grosor de grasa de cobertura (GrGC), la longitud de la canal (LC), el pH a las 24 horas posmortem (pHu), la temperatura de la canal a las 24 horas postmortem(TC),

el área del ojo del lomo (AOL) y el perímetro de la pierna (PP). Esta fase tuvo una duración de dos días. En la última etapa, se evaluó el perfil lipídico de la carne.

3.3 Material experimental

Se seleccionaron al azar 32 novillos (animales a los que se les extrajeron los testículos utilizando el método quirúrgico) de encaste Brahman (Figura 5), con un peso promedio de 397 ± 31 kg, y con edades de 26 meses en promedio. Se utilizaron los datos del software ganadero con la finalidad de lograr una mayor homogeneidad de los animales en los dos tratamientos.

Los animales fueron sometidos a una fase de acostumbramiento previo a la administración de las dietas de 30 días, y una vez finalizado este periodo se comenzó con la fase de evaluación y toma de datos experimentales.



Figura 5. Grupo de novillos de encaste Brahman utilizados con suplementación de semolina de arroz. La Vega, San Carlos, 2017.

3.4 Descripción de los tratamientos

En el estudio se evaluaron dos tratamientos:

- tratamiento uno = suplementación convencional
- tratamiento dos = suplementación de una dieta con base en semolina de arroz (Cuadro 3)

Cuadro 3. Composición de cada dieta para los novillos de engorde en pastoreo de finca “La Vega”, San Carlos, 2017, según tratamiento.

Ingrediente	% de Inclusión	
	T1	T2
Maíz amarillo	60	60
Harina de soya	6,20	8,25
Semolina de arroz	--	20
Acemite de trigo	10,40	--
Harina de coquito	12	--
Carbonato de calcio	2	2
Melaza de caña	8	8,40
Sal	0,50	0,50
Urea	0,65	0,65
Premix	0,25	0,25

En el Cuadro 4 se detalla la composición nutricional de las dos dietas evaluadas en el experimento.

Cuadro 4. Composición nutricional de las dietas para los novillos de engorde en pastoreo de finca “La Vega”, San Carlos, 2017, según tratamiento.

Nutriente	Tratamiento	
	T1	T2
Materia seca (%)	86,1	86,5
Proteína cruda (%)	11,9	12,3
Extracto etéreo (%)	2,9	4,6
Fibra Neutro Detergente FND (%)	16,3	8,5
FAD (%)	6	1,8
TND (%)	84,3	87,4
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3,31	3,44
Ácido mirístico (g/100g de grasa)	6,43	1,41
Ácido palmítico (g/100g de grasa)	12,74	15,42
Ácido esteárico (g/100g de grasa)	3,08	3,60
Ácido oleico (g/100g de grasa)	24,10	37,69
Ácido linoleico (g/100g de grasa)	27,28	34,34
Ácidos grasos saturados (%)	47,10	21,02
Ácidos grasos monoinsaturados (%)	24,15	37,76
Ácidos grasos poliinsaturados (%)	28,74	41,22

Fuente: Laboratorio CINA (2017).

Los animales fueron separados de acuerdo con su peso, para obtener mayor uniformidad. De acuerdo con este, se les asignó de forma aleatoria el tratamiento.

La alimentación de los animales se llevó a cabo en un módulo para finalización de bovinos, el cual fue dividido en dos secciones para asegurar la alimentación de cada tratamiento, además cada sección contó con 16 compartimentos (Figura 6). Se suministró diariamente una cantidad de dos kilogramos por animal de cada tratamiento (Figura 7), durante un periodo de 106 días, luego de este periodo se aumentó a tres kilogramos la cantidad de alimento ofrecido durante 41 días. Además, se les suministró suplemento mineral y sal en canoas para que los animales consumieran a libre voluntad.



Figura 6. Diseño de los comederos para la suplementación de las dietas durante el experimento en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos, 2017.



Figura 7. Dosificación de las dietas por cada compartimento del módulo de engorde en el experimento en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos, 2017.

3.5 Unidad y Área experimental

Se trabajaron dos grupos de 16 novillos en 21 apartos (Figura 8). Estos se pesaron al inicio del experimento y se les realizó un control interno y externo de parásitos. Los animales fueron manejados bajo un sistema de pastoreo rotacional, con una duración de tres días por apartado, los cuales estaban compuestos por pastos

como: Ratana (*Ischaemum indicum*), *Brachiaria* sp., Alemán (*Echinochloa polystachya*), Guinea (*Panicum* sp). Se realizó una evaluación nutricional de las pasturas, a las cuales se le tomaron muestras al azar de los apartos para el experimento, mediante el método destructivo (Figura 9). Se utilizó una cuadrícula de 0,25 m², se recolectaron diez puntos de muestreo por cada aparto seleccionado, en el que se cortó el forraje simulando la altura de consumo de los novillos (20 cm). Luego estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos del Tecnológico de Costa Rica, sede San Carlos, para secarlas en un horno a 55 °C durante 72 horas. Posteriormente se trituraron en una trituradora marca THOMAS Wiley Laboratory Mill Model 4. Seguido a esto, se uniformizaron las muestras y se enviaron al Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica, para realizar un análisis bromatológico y determinar la composición nutricional de estas.

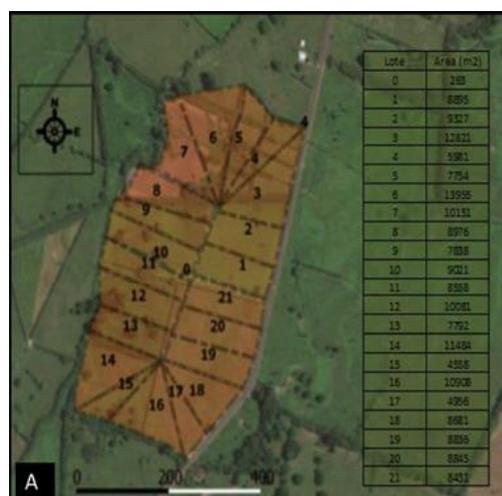


Figura 8. Diseño de los 21 potreros del módulo con su respectiva área (m²).

Fuente Ramírez (2014).



Figura9. A) Vista general de la pastura, B) Toma de muestra de forraje.

En el cuadro 5 se observa la composición nutricional de las pasturas en las que los novillos pastaron durante la etapa del experimento.

Cuadro 5. Valores nutricionales promedio de la pastura obtenidos del análisis bromatológico realizado por el CINA, para el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Nutriente	Valor
Materia seca (%)	25,14
Proteína cruda (%)	9,04
Extracto etéreo (%)	2,21
Cenizas (%)	9,97
FDN (%)	65,47
FDA (%)	35,67
Lignina (%)	2,86
DIVMS (%)	67,88
CNF (%)	18,52
TND (%)	58,83
ED (Mcal/kg)	2,59
EM (Mcal/kg)	2,17
ENg (mcal/kg)	0,74
Ácido mirístico (g/100g de grasa)	2,44
Ácido palmítico (g/100g de grasa)	26,24
Ácido esteárico (g/100g de grasa)	4,81
Ácido oleico (g/100g de grasa)	6,33
Ácidos grasos saturados (%)	53,05
Ácidos grasos monoinsaturados (%)	14,96
Ácidos grasos poliinsaturados (%)	31,19

Fuente: Laboratorio CINA (2017).

3.6 Diseño experimental y arreglo de los tratamientos

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar. Se utilizaron 32 unidades experimentales y dos tratamientos, siendo tratamiento uno: suplementación convencional y tratamiento dos: suplementación con base en semolina de arroz. Cada tratamiento contó con 16 repeticiones. En el Cuadro 6 se presentan las fuentes de variación y los grados de libertad correspondientes.

Cuadro 6. Descripción de las fuentes de variación y grados de libertad para el experimento.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamiento	1
Error experimental	30
Total	31

3.6.1 Modelo estadístico

El modelo estadístico para este experimento fue:

$$Y_i = \mu + T_i + \epsilon_i$$

Donde:

Y_i : variable respuesta del i-ésimo tratamiento

μ : media general

T_i : efecto del i-ésimo tratamiento

ϵ_i : efecto del i-ésimo error experimental

3.6.2 Análisis de datos

Se analizó utilizando los Modelos Lineales Mixtos y Generales, sin necesidad de hacer una corrección de heterocedasticidad, debido a que los datos presentaron varianzas similares.

Se realizó una Comparación Múltiple por la prueba LSD Fisher, con un nivel de significancia de 0,05, con el paquete estadístico InfoStat/P (2017).

3.7 Variables de respuesta

En el Cuadro 7 se describen las variables respuesta evaluadas con sus respectivas abreviaturas, la condición y el lugar en el que fueron medidas, así como el equipo necesario para su respectiva medición.

Cuadro 7. Descripción de las variables de respuesta medidas en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Variable Respuesta (Abreviación)	Unidad	Condición	Lugar	Equipo
Ganancia diaria de peso (GDP)	G	Animal vivo	Campo	Romana electrónica Tru – Test® XR 3000
Profundidad de músculo (PM)	mm			Ultrasonido Aloka SSD 500
Espesor de grasa dorsal (EGD)	mm			
Grasa de la grupa (GG)	mm			
Marmoleo (Mp)	---			
Peso pie planta (PPP)	Kg	Canal caliente	Planta	Romana
Grasa de cobertura (GC)				Guía visual CORFOGA
Conformación muscular (CM)	Escala (1,2,3)			
Color de grasa de cobertura (CGC)				
Peso canal caliente (PCC)	Kg			Romana de canal
Rendimiento pie-canal (RPC)	%		Relación PCC / Peso vivo	

Continuación de Cuadro 7. Descripción de las variables de respuesta medidas en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Peso canal frío (PCF)	Kg			Romana de canal
Longitud de canal (LC)	Cm			Cinta métrica
Perímetro de la pierna	Cm			Plantilla USDA*
Área del ojo del lomo (AOL)	cm ²			Regla de acero inoxidable en milímetros del USDA (Beef Site, 2007)
Grosor de grasa de cobertura (GrGC)	mm			Guía visual USDA
Marmoleo (M)	---	Canal frío	Planta	pH-metro HANNA-HI 99163 (HANNA Instruments, Woonsocket., RI)
pHu	---			Carne deshuesada / PCC
Temperatura de la canal (TC)	°C			Metodología propuesta por Stanton, C., Lawless, G., Kjellmer, D., Harrington, R., Devery, J., Connolly, J., Murphy, J. 1997
Rendimiento cárnico (RC)	%			
Perfil lipídico de la carne (PLC)				

*USDA: United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)

3.8 Metodología de toma de datos

Primera etapa

3.8.1 Ganancia diaria de peso (GDP)

Se realizaron seis mediciones de peso, el primer día en que inició el estudio se realizó la primera medición y luego sucesivamente cada mes, se utilizó una romana electrónica Tru – Test® XR 3000 (Anexo 1). Todas las mediciones fueron realizadas a la misma hora del día correspondiente, con el propósito de disminuir cualquier fuente de variación. Además, para la última observación, se realizaron tres mediciones durante los últimos tres días de la etapa de campo, esto para obtener un promedio y así disminuir al máximo cualquier posible fuente de variación para este dato. Con las diferencias de peso obtenidas entre cada una de las observaciones, y los días transcurridos se determinó la GDP entre periodos.

3.8.2 Mediciones ultrasonográficas

Con ayuda del ultrasonido marca Aloka SSD 500, se realizaron dos mediciones ultrasonográficas, una al inicio y otra al final del experimento. Se evaluó el marmoleo (Mp), espesor de grasa dorsal (EGD), grasa de la grupa (GG) y profundidad de músculo (PM), con el software desarrollado por la Universidad de Kansas State. Los novillos fueron colocados en la prensa para el manejo seguro de bovinos, luego se les limpió la región del lomo, ubicada entre la doceava y treceava costilla, se vertió aceite vegetal y seguidamente, se colocó la sonda para ejecutar las mediciones.

Segunda etapa (Planta de cosecha Coopemontecillos R.L.)

3.8.3 Peso pie planta (PPP)

Los animales se pesaron individualmente en una romana justo antes de ingresar a la caja de aturdimiento de la planta de cosecha.

3.8.4 Peso canal caliente (PCC)

Las canales fueron pesadas luego de realizar la remoción de la cabeza, descuerado y eviscerado, remoción de patas a nivel del tarso y manos a nivel del carpo, y se utilizó una romana de canal para dicho procedimiento.

3.8.5 Conformación muscular (CM)

Mediante la guía fotográfica del Programa de Clasificación de Canales de CORFOGA, se determinó la conformación muscular de las canales en el punto de la línea de producción en donde se pesa la canal en caliente.

3.8.6 Grasa de cobertura (GC)

Seguido de realizar la evaluación de la CM, se procedió a realizar la evaluación visual para determinar el grado de grasa de cobertura mediante la guía fotográfica del Programa de Clasificación de Canales de CORFOGA.

3.8.7 Color de grasa de cobertura (CGC)

Se realizó una evaluación visual en el mismo momento de la medición del grado de grasa de cobertura, mediante la guía fotográfica del Programa de Clasificación de Canales de CORFOGA y se determinó el color de la grasa de cobertura (Anexo 2.)

3.8.8 Rendimiento pie-canal (RPC)

Se determinó el rendimiento pie-canal (expresado en porcentaje) por medio del cociente entre el peso de la canal caliente y el peso pie en planta.

3.8.9 Peso canal frío (PCF)

Se pesaron las canales 24 horas postmortem, previo a la entrada a la sala de deshuese (Anexo 5).

3.8.10 Longitud de canal (LC)

Con una cinta métrica, se midió la longitud de cada media canal fría izquierda, la cual corresponde a la distancia en centímetros, tomada desde el borde anterior y

medial de la primera esternebra (esternón), hasta el borde anterior de la sínfisis púbica.

3.8.11 Perímetro de la pierna (PP)

Se midió con una cinta métrica plástica el perímetro de la pierna de cada media canal izquierda. Esta medida corresponde a la distancia desde la articulación femuro-tibio-rotuliana (rodilla), perfilando el contorno de la pierna, pasando por la parte media del músculo semitendinoso y regresando hasta la articulación.

3.8.12 Grosor de grasa de cobertura (GrGC)

Transcurrido un periodo de 24 horas del almacenamiento a 4 °C de las canales, se procedió a realizar un corte longitudinal entre la doceava y treceava costilla, y mediante una regla de acero inoxidable especial, graduada en milímetros del USDA (Beef Site 2007), se midió el grosor del tejido adiposo a $\frac{3}{4}$ partes del *Longissimus dorsi lumborum*.

3.8.13 Área del ojo del lomo (AOL)

Esta medición se realizó al momento en que se hizo la medición anterior; en el mismo corte longitudinal, se colocó una cuadrícula transparente USDA, y se contaron los puntos de la plantilla completos que se encontraban dentro del *Longissimus dorsi lumborum*, esto nos determinó el área en pulgadas cuadradas, las cuales fueron transformadas a centímetros cuadrados.

3.8.14 Marmoleo (M)

Luego de haber realizado la medición del AOL, se procedió a realizar la toma de la variable marmoleo. Esta se tomó en el mismo corte en el que se midió el AOL. Se realizó una evaluación visual de acuerdo con la escala USDA.

3.8.15 pH a las 24 horas (pHu) y Temperatura de la canal (TC)

Se midió el pH y la temperatura 24 horas postmortem a media canal izquierda de cada animal. Se introdujo la punta de acero inoxidable de 2,54 cm de longitud

del instrumento Hanna Instruments HI 99163N Meat pH meter en posición horizontal, en la región del *Longissimus dorsi lumborum*. (Anexo 4).

3.8.16 Rendimiento cárnico

Se tomó la media canal izquierda de la canal, y se procedió a realizar una separación de músculos, hueso y grasa. Con la ayuda de una romana se pesó cada uno por separado. Con estos valores se obtuvo el peso y porcentaje de tejido muscular, óseo y grasa, con respecto al peso de la media canal izquierda, y este valor nos indica el rendimiento cárnico para cada canal.

Tercera etapa (Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica)

3.8.17 Perfil lipídico de la carne (PLC)

Se procedió a la toma de una muestra de aproximadamente 150 gramos del músculo *Longissimus dorsi lumborum* de cada media canal de los 32 animales y se enviaron al Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica (Anexo 5). El análisis de ácido linoleico conjugado (ALC) se realizó utilizando la metodología propuesta por Stanton *et al.* (1997).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Ganancia diaria de peso (GDP)

La GDP es una de las variables por considerar al momento de seleccionar animales en sistemas productivos de carne, para obtener altas producciones (Šafus et al. 2006). El ganado B. indicus posee una mejor adaptabilidad a los climas del trópico con respecto a los B. taurus, siendo los primeros más eficientes en condiciones climáticas adversas (Curley 2004). Las razas B. taurus presentan un mejor crecimiento con respecto a los B. indicus. Sin embargo, cuando se realizan cruces entre razas F1, se obtiene un vigor híbrido máximo en las variables de producción (Schiermiester *et al.* 2015).

En el Cuadro 8, se observan las medias (error estándar), mínimo y máximo de peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso y la edad al sacrificio de los novillos evaluados en este experimento. Se encontró diferencias significativas ($p=0,0168$, Cuadro A 1) en la ganancia diaria de peso, según la prueba LSD Fisher.

En la variable GDP, los novillos del tratamiento dos obtuvieron un valor de 0,87 kg, mientras que los del tratamiento uno de 0,79 kg, siendo estos significativamente diferentes. Estos resultados no coinciden con los encontrados por Ramírez (2014), el cual no encontró diferencias significativas con la suplementación en cuatro niveles de energía en novillos de base genética Brahman, en el mismo sitio del experimento. De igual forma, Rodríguez y *et al.* (2018) no encontraron diferencias significativas en su estudio, obteniendo GDP mayores a un kilogramo, para novillos Brahman, Charolais y el cruce de estos (1,07, 1,12, 1,09, respectivamente), en pastoreo rotacional y con suplementación. Carvalho *et al.* (2017) tampoco encontraron diferencias significativas en su experimento. Ellos encontraron GDP inferiores a un kilogramo en los cinco tratamientos evaluados (0,57, 0,60, 0,66, 0,58, 0,59), con suplementaciones a base de aceite de linaza, aceite de palma, planta de *Palmaeae Orbignya olifera*, dieta suplementada con rumen protegido, dieta sin grasa adicional, dieta complementada con soya entera.

Cuadro 8. Media (error estándar), mínimo y máximo, de los pesos iniciales y finales, ganancia diaria y edad al sacrificio de los novillos evaluados en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Variable	Trat	N	Media (EE)	Mín	Máx
Peso inicial (kg)	1	16	390,56 ± 7,31	340,00	455,00
	2		403,50 ± 8,48	364,00	478,00
Peso final (kg)	1	16	506,00 ± 9,79	442,33	566,00
	2		530,79 ± 9,97	480,67	636,00
Ganancia Diaria de Peso (kg/animal/día)	1	16	0,79 ± 0,03 a	0,53	1,12
	2		0,87 ± 0,03 b	0,63	1,08
Edad al sacrificio (días)	1	16	931,88 ± 12,95	790,00	1015,00
	2		923,94 ± 12,26	807,00	999,00

*Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas, según la prueba LSD Fisher $\alpha=0,05$, $p>0,05$

En la Figura 10, se observan las precipitaciones por mes, durante el año en que se llevó a cabo el experimento. En los meses de mayo a diciembre se presentaron precipitaciones altas, con un valor promedio por mes de 375 mm. Esto indica que fue un periodo con lluvias importantes en la zona y en el lugar del experimento. En la Figura 11, se presentan las temperaturas promedio durante el año en que se llevó a cabo el experimento. Se puede observar cómo durante los meses de mayo a diciembre la temperatura promedio por mes fue de 32 °C. En la Figura 12, se presentan los valores promedio de la humedad relativa (HR) durante el año en que se desarrolló el experimento. Se puede observar que, durante los meses de julio a noviembre, período experimental se presentaron los valores más altos de HR. Suárez *et al.* (2012) mencionan que incrementos en la temperatura ambiental y HR, junto con la radiación solar, provocan efectos negativos en el bienestar animal, disminuyendo el consumo y la productividad de estos. Estos mismos autores indican que para las razas bovinas europeas la productividad de estas disminuye cuando las temperaturas son de aproximadamente 25 °C, y los efectos son más marcados cuando estas alcanzan valores entre 29 °C y 32 °C, mientras que los bovinos de razas cebuinas se ven afectados cuando la temperatura es mayor a 32°C. A pesar de que el experimento no fue diseñado para generar datos que

permitieran explicar la variabilidad en el rendimiento de los novillos por factores climáticos, estos factores (precipitación, temperatura y HR) pudieron haber afectado el rendimiento de los novillos evaluados en este experimento, provocando GDP no mayores a un kilogramo.

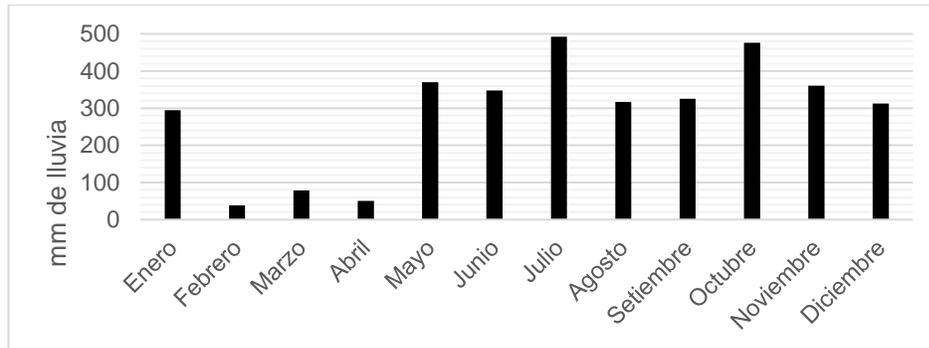


Figura 10. Distribución mensual de la precipitación durante el año del periodo experimental (2017).

Fuente: Elaborado a partir de datos de la estación meteorológica 069579 Santa Clara, Florencia, San Carlos (2018).

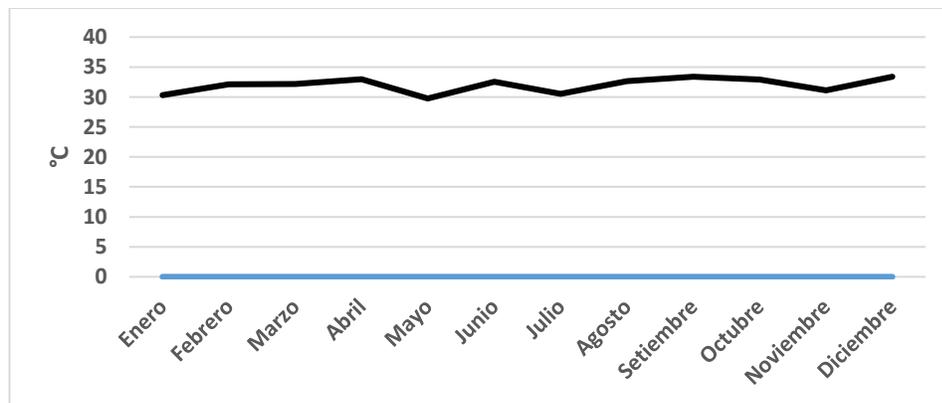


Figura 11. Distribución mensual de la temperatura promedio durante el año del periodo (2017).

Fuente: Elaborado a partir de datos de la estación meteorológica 069579 Santa Clara, Florencia, San Carlos (2018).

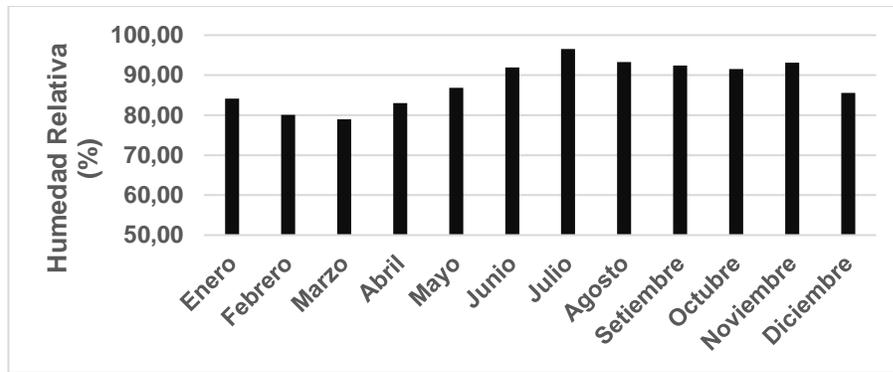


Figura 12. Distribución mensual de la humedad relativa promedio durante el año del periodo experimental (2017)

Fuente: Elaborado a partir de datos de la estación meteorológica 069579 Santa Clara, Florencia, San Carlos (2018).

4.2 Mediciones ultrasonográficas

La ultrasonografía es una herramienta ampliamente utilizada en áreas como la selección genética, permitiendo obtener datos relevantes para el desarrollo de los DEP (diferencia esperada de progenie), en variables como área del ojo de lomo, grasa dorsal y marmoleo.

En el Cuadro 9, se observan los valores encontrados en las mediciones ultrasonográficas realizadas al inicio y al final del experimento. Se observa como todas las variables aumentaron al final del periodo experimental, a excepción del marmoleo, el cual disminuyó. El espesor de grasa dorsal es una variable importante y, según Torrescano *et al.* (2010), valores de 10 mm a 12 mm se consideran óptimos. En el tratamiento uno el valor fue de 5,17mm y para el tratamiento dos de 6,53 mm, estos valores se presentaron por debajo de los óptimos mencionados por Torrescano *et al.* (2010); sin embargo, estos mismos autores mencionan que la tendencia del mercado es producir carnes con menos grasa, y que la utilización de razas *B. indicus* proporcionan carnes más magras, pudiendo deberse estos resultados a la genética utilizada en este experimento.

Con respecto a la grasa de la grupa, Hamilton (2006) menciona que canales con valores inferiores de 0,1 a 2 mm de grosor se consideran muy magras, mientras que canales con valores de 12mm a 15 mm se consideran canales muy grasosas. El

tratamiento uno obtuvo un valor de 9,46 mm, y el tratamiento dos un valor de 12,75 mm. Esto indica que para este experimento los dos grupos de novillos presentan un grosor de grasa de grupa dentro de los rangos óptimos mencionados por Hamilton (2006).

El aumento en todas las variables es un resultado esperable, ya que, al ser animales en crecimiento, los cuales, al estar bajo un manejo diferenciado en la etapa de finalización, aumentan tejidos como el muscular y el graso. La deposición de grasa y el desarrollo muscular compiten por el uso de energía, de modo que son competitivos y a un mayor desarrollo muscular se obtendrá una menor deposición de grasa (Mao *et al.* 2016), lo que se encontró en este estudio en donde al aumentar la profundidad muscular la grasa intramuscular (marmoleo) disminuyó.

Pasinato *et al.* (2013) obtuvieron una disminución del marmoleo de 2,8 a 2,17 en terneros alimentados con un 9% aceite de soya y animales sin este ingrediente, por lo que los resultados de este experimento son similares a los encontrados por estos autores, ya que esta variable disminuyó al final del experimento, pasando de 5,23 a 2,64 en el tratamiento uno y de 5,15 a 3,69 en el tratamiento dos. Rodríguez *et al.* (2018), encontraron valores de marmoleo de 3,22, 3,34 y 3,02, para novillos Brahman, Charolais y el cruce de estos, respectivamente. Los valores encontrados en este experimento para el tratamiento dos son similares a los de Rodríguez *et al.* (2018). De igual forma, Ramírez (2014) encontró valores de 3,76, 3,72 y 3,57, para los tres tratamientos evaluados, y de acuerdo con la escala del software para ultrasonografía de la Universidad Estatal de Kansas, los valores entre 3,0 y 3,9 se encuentran dentro de la categoría "Trazas". El tratamiento uno en este experimento presentó valores finales de 2,64, ubicándose en la categoría de "Prácticamente desprovisto".

Magalhães *et al.* (2016) mencionan que la carne de animales *B. taurus x B. indicus* es de menor calidad en comparación con la de animales *B. taurus x B. taurus* e indican que la calidad está determinada por el consumidor, en donde la ternera y la grasa intramuscular son dos de los atributos de mayor importancia que influyen

en la calidad. Los novillos utilizados en este estudio eran cruces de *B. taurus* x *B. indicus*, de modo que era de esperarse que obtuvieran valores bajos de marmoleo.

Cuadro 9. Valores promedio (DE) de las variables ultrasonográficas medidas en finca, obtenidos en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Variable	Trat	Inicial (DE)	Final (DE)
Espesor de grasa dorsal (mm)	1	3,58 ± 0,89	5,17 ± 1,46
	2	3,92 ± 1,28	6,53 ± 2,90
Grasa de la grupa (mm)	1	4,82 ± 1,60	9,46 ± 2,92
	2	5,43 ± 2,03	12,75 ± 3,04
Profundidad de músculo (mm)	1	65,68 ± 5,94	79,77 ± 9,29
	2	67,87 ± 5,59	81,51 ± 8,10
Marmoleo	1	5,23 ± 1,00	2,64 ± 0,07
	2	5,15 ± 1,12	3,69 ± 1,36

LSD Fisher $\alpha=0,05$, $p>0,05$

4.3 Calidad de la canal

En el Cuadro 10, se presentan el peso medio de novillos en planta, así como los valores de cosecha obtenidos en la planta Coopemontecillos RL. No se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$) en ninguna de las variables evaluadas, según la prueba LSD Fisher. Se observa que el tratamiento dos posee mayor peso pie que el tratamiento uno, y aunque estadísticamente no sean diferentes, esta diferencia representaría un ingreso de dinero mayor al momento de vender el animal.

En la variable Merma peso finca/planta se obtuvieron valores de 7,81% y 7,43% para tratamiento uno y tratamiento dos, respectivamente. Estos valores se encuentran dentro del rango encontrado por Rodríguez *et al.* (2018), quienes obtuvieron mermas de 6,53%, 7,05%, 7,22%, 7,29%, 7,84%, en los tratamientos evaluados.

Con respecto a la Merma canal caliente/canal fría (%), se obtuvieron valores para ambos tratamientos correspondiente a 0,97% y 1,19% respectivamente. Estos valores se ubican dentro del rango mencionado por Ramírez (2014), el cual indica que el peso de la canal caliente sufre una merma entre 1% y 2% en las primeras 25 horas y 28 horas, ocasionada principalmente por evaporación. Por otro lado,

Rodríguez *et al.* (2018) obtuvieron una merma mínima de 1,49% y una máxima de 1,75%, siendo estos más altos que los encontrados en este experimento

El Rendimiento Pie-Canal, el cual es la relación del peso de la canal con respecto al peso del animal en pie, expresada en porcentaje, los novillos alimentados con suplementación convencional presentaron un rendimiento pie-canal correspondiente a 57,74%, y los novillos alimentados con semolina de arroz el rendimiento fue de 56,83%. Estos valores se encuentran dentro del rango obtenido por Rodríguez *et al.* (2018), quienes obtuvieron valores de 56,50%, 59,36%, 59,55%, 58,36%, 58,58%, para los tratamientos evaluados. De igual forma Ramírez (2014), obtuvo valores de 57,34%, 57,48%, 57,90%, 58,04%, 59,03%, 59,64%, para cada uno de los tratamientos evaluados, siendo estos similares a los encontrados en este experimento.

Cuadro 10. Medias de peso de novillos en planta de cosecha y valores asociados a la canal obtenidos en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Variable	Trat	Media (DE)	Mín	Máx
Peso pie (kg)	1	472,25 ± 33,77	411,00	524,00
	2	491,75 ± 39,17	434,50	594,50
Merma peso finca/planta (%)	1	7,81 ± 1,06	5,14	9,08
	2	7,43 ± 1,57	4,46	9,84
Peso canal caliente (kg)	1	278,17 ± 14,69	252,00	299,00
	2	279,75 ± 27,77	244,00	358,00
Rendimiento Pie-Canal (%)	1	57,74 ± 1,78	55,23	60,34
	2	56,83 ± 1,72	53,98	60,22
Peso canal fría (kg)*	1	275,49 ± 14,93	248,60	297,40
	2	276,40 ± 27,32	240,80	353,00
Merma canal caliente/canal fría (%)	1	0,97 ± 0,28	0,54	1,52
	2	1,19 ± 0,14	0,86	1,42

LSD Fisher $\alpha=0,05$, $p>0,05$

*Peso de la canal fría tomado a las 24 horas postmortem

En el Cuadro 11 se observan las medias de las variables tomadas en planta para las canales de los novillos de los dos tratamientos. El largo de canal, el grosor de grasa de cobertura y pHu presentaron valores más altos en novillos alimentados con semolina, sin embargo, las diferencias no fueron significativas con la prueba

LSD Fisher ($P>0,05$), mientras que para la variable perímetro de la pierna si se encontraron diferencias significativas con la prueba LSD Fisher ($P=0,0228$).

Los novillos alimentados con semolina de arroz obtuvieron un mayor grosor de grasa de cobertura que los novillos alimentados con suplementación convencional, 4,75 y 3,75 mm, respectivamente, por lo tanto, se puede decir que la semolina de arroz aumenta el grado de grasa dorsal, sin embargo, como ya se mencionó en el párrafo anterior, estadísticamente los dos tratamientos no son diferentes. Ramírez (2014) tampoco encontró diferencias significativas para esta misma variable, él obtuvo medias de 2,66 mm, 3,02 mm, 3,41 mm, 3,60 mm, 3,70 mm, 4,43 mm, en los tratamientos evaluados. Mientras que Gallo *et al.* (2013) si encontraron diferencias significativas en los dos grupos evaluados para esta misma variable, para el tratamiento control obtuvieron una media de 3,06 mm y para el tratamiento con suplementación una media de 3,85 mm.

Con respecto al área del ojo del lomo (AOL), las diferencias fueron no significativas, pero el tratamiento uno el AOL presentó un valor más alto ($63,16 \pm 5,74 \text{ cm}^2$). Estos valores de AOL encontrados en este experimento son más bajos que los reportados por Rodríguez *et al.* (2018), quienes encontraron medias de $65,96 \text{ cm}^2$, $70,29 \text{ cm}^2$, $67,04 \text{ cm}^2$, $67,00 \text{ cm}^2$, $68,53 \text{ cm}^2$, para los tratamientos evaluados, y no obtuvieron diferencias significativas. Carvalho *et al.* (2017) tampoco encontraron diferencias significativas en esta misma variable en cinco tratamientos evaluados ($71,3 \text{ cm}^2$, $73,0 \text{ cm}^2$, $73,2 \text{ cm}^2$, $73,3 \text{ cm}^2$, $76,6 \text{ cm}^2$), pero con valores más altos, mientras que Marshall (1994) encontró valores para ganado *Bos indicus* de las razas Brahman, Sahiwal y Nelore (74.2 cm^2 , 74.4 cm^2 y 77.8 cm^2 respectivamente), y para ganado *Bos taurus* de las razas Angus, Shortorn y Simmental, valores de $76,1 \text{ cm}^2$, $76,2 \text{ cm}^2$ y $82,0 \text{ cm}^2$ respectivamente.

En cuanto a la variable pHu, los dos tratamientos presentaron valores muy similares, tratamiento uno: 5,92 y tratamiento dos 5,93, indicando que la semolina de arroz no tuvo efecto sobre esta variable. Rodríguez (2012) evaluó el efecto de la castración en la composición, calidad y propiedades sensoriales de la carne en

novillos producidos en un clima tropical y encontró una media de 5.6 para esta misma variable.

De acuerdo con Gallo *et al.* (2013), estos valores de pHu encontrados es este experimento no son los ideales, ya que, si este valor se encuentra por encima de 5.8, la vida útil de la carne empacada al vacío disminuye considerablemente. Estos autores encontraron una media de pHu de 5,69 y 5,50 para los dos grupos de novillos evaluados (T0 control y tratamiento uno suplementación). Por otro lado, Contreras (2005) menciona que el valor máximo de pHu permitido es de 6,0.

Cuadro 11. Valores de las mediciones correspondientes a la canal en la planta de cosecha para el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Variable	Trat	Media (DE)	Mín	Máx
Largo de canal (cm)	1	157,83 ± 5,89	150,00	168,00
	2	160,25 ± 7,03	145,00	170,00
Perímetro de pierna (cm)	1	113,17 ± 3,27 a	108,00	119,00
	2	116,41 ± 3,67 b	111,00	123,00
Grosor de grasa de cobertura (mm)	1	3,75 ± 1,71	2,00	7,00
	2	4,75 ± 2,91	2,00	12,00
Área del ojo del lomo (cm ²)	1	63,16 ± 5,74	56,12	75,47
	2	59,05 ± 7,68	48,38	79,98
Temperatura °C (24h)	1	3,01 ± 0,71	2,00	4,20
	2	2,86 ± 1,06	2,00	6,60
pHu (24h)	1	5,92 ± 0,15	5,61	6,10
	2	5,93 ± 0,21	5,30	6,24

*Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas, según la prueba LSD Fisher $\alpha=0,05$, $p>0,05$

4.4 Rendimiento cárnico

Carvalho *et al.* (2017) mencionan que animales contemporáneos alimentados con dietas diferentes con base en lípidos, obtendrán similares características de canal. Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con lo reportado por estos anteriores autores, ya que no se presentaron diferencias significativas ($p>0.05$), según la prueba LSD Fisher.

En el Cuadro 12, se presentan los valores de tejido muscular, tejido graso y tejido óseo, encontrados en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. Novillos tratados con suplementación convencional presentaron valores ligeramente más altos 110,31 kg, los novillos alimentados con semolina presentaron 109,90 kg. En ese mismo orden respecto al tejido graso presentaron 3,38 kg y 3,34 kg respectivamente. En el tejido óseo, los novillos con suplementación convencional presentaron 23,45 kg, mientras que los novillos alimentados con semolina presentaron 23,11 kg. La suplementación con base en semolina de arroz no presentó un efecto sobre la composición física de los tres principales tejidos que componen la canal en novillos de encaste Brahman en pastoreo, en finca La Vega, San Carlos.

Cuadro 12. Composición de los principales componentes tisulares estimados en media canal de los novillos cosechados en la planta de Coopemontecillos RL. para el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Composición de la canal	Trat	Media (kg) (DE)	% canal	Mín	Máx
Peso canal fría	1	137,67 ± 7,90	--	123,60	148,40
	2	137,07 ± 13,48	--	118,90	174,00
Tejido muscular*	1	110,31 ± 6,46	80,43	99,26	120,22
	2	109,90 ± 11,92	80,60	93,02	142,14
Tejido graso	1	3,38 ± 0,57	2,46	2,70	4,47
	2	3,34 ± 0,72	2,44	2,25	4,40
Tejido óseo	1	23,45 ± 1,70	17,09	20,35	26,30
	2	23,11 ± 1,38	16,94	19,90	25,10
Relación Músculo/Hueso	1	4,72 ± 0,30	--	4,16	5,21
	2	4,76 ± 0,50	--	3,93	5,66
Relación Músculo/Grasa	1	33,56 ± 6,36	--	24,73	43,88
	2	34,11 ± 6,87	--	25,16	46,22

LSD Fisher $\alpha=0,05$, $p>0,05$

*El costillar y pescuezo no se deshuesaron por motivos de logística en la sala de deshuese.

En el Cuadro 13 se presentan los valores medios de los cortes de carne agrupados de acuerdo con su ubicación en la canal, así como las pérdidas que se presentan en el proceso de deshuese en la planta de cosecha. No se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos, según la prueba LSD Fisher.

Estos resultados indican que la suplementación con base en semolina de arroz no presentó un efecto sobre el peso de los cortes de carne, de acuerdo con su porcentaje de participación en el peso total de la canal.

Cuadro 13. Peso de los cortes de carne y su porcentaje de participación en la canal de novillos evaluados en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Sección	Trat	Media (kg) (DE)	% canal	Mín	Máx
Lomo y Costillar	1	18,43 ± 1,59	13,38	15,24	20,82
	2	18,09 ± 2,90	13,14	13,78	25,46
Cuarto trasero	1	32,78 ± 2,27	23,80	29,14	36,02
	2	32,75 ± 2,95	23,92	28,40	39,96
Cuarto delantero	1	30,74 ± 2,41	22,34	27,38	35,82
	2	29,11 ± 4,41	21,18	25,06	42,30
Recortes	1	28,36 ± 2,34	20,62	24,40	31,86
	2	29,95 ± 2,95	21,87	25,52	34,42
Pérdidas del proceso	1	0,53 ± 1,39	0,36	-1,86	2,51
	2	0,72 ± 1,11	0,49	-1,44	2,36

LSD Fisher $\alpha=0,05$, $p>0,05$

4.5 Perfil lipídico de la carne (PLC)

El perfil lipídico de la carne está determinado por factores como la dieta, el sexo, la raza, sistema de producción, entre otros (Vásquez *et al.* 2008, Montoya *et al.* 2015). Montoya *et al.* (2015) mencionan que animales en pastoreo presentan valores más altos en el perfil lipídico con respecto a los animales en estabulación.

En el Cuadro 14, se presentan los valores medios respecto a los ácidos grasos encontrados en el lomo ancho (*Longissimus dorsi lumborum*) de los novillos evaluados en el experimento en novillos de encaste Brahman en pastoreo. No se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$) en ninguno de los ácidos grasos, según la prueba LSD Fisher, indicando así que la semolina de arroz no presentó un efecto sobre el perfil lipídico de la carne de bovinos de encaste Brahman en pastoreo en finca La Vega, San Carlos, Costa Rica.

Montoya *et al.* (2015) obtuvieron valores muy similares a los encontrados en este experimento. En su ensayo mantuvieron animales en pastoreo, con diferentes forrajes, y no suministraron ningún tipo de suplementación. Los valores más altos encontrados por ellos para cada tipo de ácido fueron los siguientes: Mirístico 3,65, Palmítico 32,62, Esteárico 23,56, Oleico 36,31 y Linoleico 8,87 (g/100 g de ácidos grasos). Los resultados obtenidos en este experimento son un poco menores a los reportados por estos anteriores autores, únicamente el ácido Mirístico es el que presenta un valor más alto (tratamiento uno: 4,02 y tratamiento dos: 4,43). Oliveira *et al.* (2014) en su estudio de suplementación con diferentes dietas con base en semillas oleaginosas, encontraron valores de 3,66 para el ácido Mirístico, 25,53 para el Palmítico, 25,84 para el Esteárico, 32,21 para el Oleico y 3,64 para el Linoleico (g/100 g de ácidos grasos).

El tratamiento uno presentó un valor más alto de CLA (0,47), con respecto al tratamiento dos (0,34); sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas, por lo tanto, la suplementación con base en semolina de arroz no presentó un efecto en el CLA, con respecto a la suplementación convencional de finca La Vega, San Carlos. Carvalho *et al.* (2017) obtuvieron valores similares para sus cinco tratamientos (0,44, 0,47, 0,94, 0,57, 0,41 g/100 g de ácidos grasos), siendo la suplementación con aceite de linaza la que obtuvo el mayor valor (0,94 g/100 g de ácidos grasos). Oliveira *et al.* (2014) encontraron valores más bajos en sus cuatro tratamientos (0,27, 0,29, 0,37, 0,30 g/100 g de ácidos grasos), con respecto a Carvalho *et al.* (2017) y a este experimento. Los mejores tratamientos encontrados por Oliveira *et al.* (2014) y Carvalho *et al.* (2017) para aumentar el CLA fueron los que contenían linaza.

Cuadro 14. Valores en gramos por cada 100 gramos de ácidos grasos totales de ácidos grasos encontrados en el lomo ancho (*Longissimus dorsi lumborum*), de los novillos evaluados en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman, La Vega, San Carlos. 2017.

Ácido Graso	Trat	Media (DE) *	Mín	Máx
Ácido mirístico C14:0	1	4,43±1,87	0,94	8,18
	2	4,02±1,06	2,21	6,60
Ácido palmítico C16:0	1	26,93±5,99	18,84	38,70
	2	28,85±4,27	22,77	36,70
Ácido esteárico C18:0	1	19,72±5,21	11,09	28,43
	2	20,57±4,50	13,69	27,48
Ácido oleico C18:1	1	33,76±4,96	21,02	39,35
	2	33,97±4,94	20,21	40,14
Ácido linoleico C18:2	1	1,01±0,60	0,00	1,89
	2	1,36±0,42	0,51	1,99
Ácido linoleico conjugado C18:2 c9, tratamiento uno1	1	0,47±0,59	0,00	1,52
	2	0,34±0,47	0,00	1,23

LSD Fisher $\alpha=0,05$, $p>0,05$

*Concentración de ácidos grasos (g / 100 g de ácidos grasos totales)

En el Cuadro 15 se presentan los valores medios de los grupos de ácidos grasos encontrados en lomo ancho (*Longissimus dorsi lumborum*), de los novillos evaluados en el experimento. No se encontraron diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos según la prueba LSD Fisher.

En este experimento, se encontraron valores de ácidos grasos saturados de 57,81% y 58,47% para el tratamiento uno y el tratamiento dos respectivamente, y de ácidos grasos poliinsaturados de 3,59% y 3,28% para el tratamiento uno y tratamiento dos, respectivamente. Estos resultados, indican que la suplementación con base en semolina de arroz no difiere de la suplementación convencional utilizada en la finca La Vega, San Carlos, en cuanto a ácidos grasos se refiere. Los valores encontrados en este experimento coinciden con lo mencionado por Carvalho *et al.* (2017), quienes mencionan que la carne de res puede contener entre un 40% y 60% de ácidos grasos saturados y alrededor de un 5 % de ácidos grasos poliinsaturados.

Oliveira *et al.* (2014) encontraron valores de ácidos grasos saturados (SFA) de 57,33%, 54,66%, 54,94% y 53,97%, de monoinsaturados (MUFA) de 36,98%, 37,41% 38,99% y 39,21%, y de poliinsaturados (PUFA) de 4,12%, 6,13%, 4,42% y 5,09%, para sus cuatro tratamientos evaluados. Se observa como los valores obtenidos en este experimento son similares a los encontrados por estos anteriores autores.

La dieta de los rumiantes está basada principalmente de forrajes y suplementos. En estos se encuentran altas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados como el ácido linoléico y el ácido alfa-linolénico, los cuales modifican el perfil de ácidos grasos en carne y leche. En el rumen se da el proceso de biohidrogenación donde se producen mayores niveles de ácidos grasos saturados que de ácidos grasos insaturados que se reflejan en el perfil lipídico de la leche y la carne (Castillo *et al.* 2013). Esto concuerda con los resultados obtenidos (Cuadro 15), donde se muestra que en los dos tratamientos se presenta mayor concentración de SFA que de MUFA y PUFA.

Cuadro 15. Valores medios de grupos de ácidos grasos encontrados en el lomo ancho (*Longissimus dorsi lumborum*), de los novillos evaluados en el experimento sobre suplementación en novillos de encaste Brahman. La Vega, San Carlos. 2017.

Ácidos grasos (%)	Trat	Media (DE)	Mín	Máx
Saturados (SFA)	1	57,81 ± 5,17	44,84	69,24
	2	58,47 ± 4,53	53,43	70,23
Monoinsaturados (MUFA)	1	37,39 ± 4,85	27,09	43,19
	2	37,51 ± 4,74	24,94	43,23
Poliinsaturados (PUFA)	1	3,59 ± 1,68	1,46	8,38
	2	3,28 ± 0,96	1,86	4,83
Insaturados/saturados	1	0,72 ± 0,10	0,44	0,86
	2	0,71 ± 0,12	0,42	0,89
Poliinsaturados/saturados	1	0,06 ± 0,03	0,03	0,13
	2	0,06 ± 0,02	0,03	0,08

LSD Fisher $\alpha=0,05$, $p>0,05$

El consumo excesivo de alimentos altos en grasa, aunado a estilos de vida sedentarios, afectan la salud y el peso corporal. Los ácidos grasos trans (AGT) y los ácidos grasos saturados (AGS) están estrechamente relacionados con algunos tipos de cáncer. Además, la disminución en el consumo de grasas saturadas y el aumento de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados podría prevenir eventos cardiovasculares y reducir el colesterol plasmático y colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad) (Aguilera *et al.* 2001, Cabezas *et al.* 2016).

León *et al.* (2014) menciona que el ácido linoleico conjugado (CLA) reduce la hipertensión, inflamación, grasa corporal y aumenta la masa magra, además de estimular el sistema inmunológico, ya que forma parte del proceso de síntesis de inmunoglobulinas IgA, IgG, IgM y ayuda a la disminución de IgE. Este mismo autor reporta que el CLA tiene un efecto anticancerígeno, debido a que posee efectos citotóxicos en cultivos de células cancerígenas.

La cantidad diaria de consumo de grasa debe ser entre un 30% y 35% del ingreso energético total, de la cual el 15%-20% debe corresponder a grasa monoinsaturada, un 5% a grasa poliinsaturada y la grasa saturada debe ser menor al 8%. Esto indica que la relación poliinsaturados/saturados debe de ser de 0,625 (Castillo *et al.* 2017, Gay 2018). Carrillo *et al.* (2011) por otra parte mencionan que el consumo de grasa saturada no debe ser mayor al 10%.

Expertos del comité sobre Dieta, Nutrición y Prevención de las Enfermedades Crónicas de la WHO/ FAO1, recomiendan un consumo diario promedio menor al 1% del aporte energético alimentario de ácidos grasos trans, indicando además que se deben de realizar esfuerzo para aumentar el consumo de grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas, ya que un incremento del 2% de ácidos grasos trans en el consumo diario, puede aumentar en un 23% el riesgo de enfermedades cardiovasculares (Ballesteros *et al.* 2012, Constanza *et al.* 2016).

Larraín y Bello (2013) mencionan que los animales, al aumentar el engrasamiento, depositan principalmente grasa intramuscular, la cual es rica en triglicéridos con una alta concentración de AGS, y la grasa de las membranas

celulares se mantiene constante, siendo esta última rica en ácidos grasos poliinsaturados. Esto provoca que la relación de ácidos grasos poliinsaturados/saturados pase de 0,75 en lomos con 1,00% de grasa a 0,06 en lomos con 11,30% de grasa.

La relación poliinsaturados/saturados encontrada en este experimento fue de 0,06 para los dos grupos de novillos, siendo ésta diez veces menor a la reportada por Cervera y Padró (2005), Gay (2018) y Castillo *et al.* 2017, y con un valor similar al reportado por Larraín y Bello (2013) en lomos con un 11,30% de grasa.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos aportan evidencia que ayuda a dilucidar el rol de las suplementaciones dietéticas en novillos de encaste Brahman en pastoreo, en cuanto a desarrollo, composición de la canal y perfil lipídico de la carne. Esta información puede ayudar a tomar decisiones de manejo, con respecto a los objetivos de la finca, ya sea para producir volumen o calidad de carne, de modo que se seleccione una mejor dieta.

La suplementación con base en semolina de arroz en novillos de encaste Brahman en pastoreo, presenta un efecto significativo ($p < 0,05$) positivo en la GDP, con respecto a la suplementación convencional utilizada en el sistema de engorde de la finca La Vega.

La suplementación con base en semolina de arroz en novillos de encaste Brahman en pastoreo, no presenta un efecto significativo sobre las variables obtenidas a través de mediciones ultrasonográficas (espesor de grasa dorsal (EGD), marmoleo (Mp), profundidad de músculo (PM) y grasa de la grupa (GG)), con relación a la dieta convencional utilizada en el sistema de engorde de finca La Vega.

No se encontraron diferencias significativas respecto al peso canal caliente, peso canal fría, rendimiento pie-canal, merma peso finca/planta y merma canal caliente/canal fría en novillos con suplementación convencional y con suplementación a base de semolina de arroz.

La suplementación con semolina de arroz en novillos de encaste Brahman en pastoreo, presentó un efecto significativo ($p = 0,0228$) positivo en el perímetro de la pierna (PP), con respecto a la suplementación convencional utilizada en el sistema de engorde de la finca La Vega.

En las variables de calidad de canal no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos: el largo de canal, grosor de grasa de cobertura, área del ojo del lomo, temperatura y pHu de la canal 24 horas postmortem en novillos con suplementación convencional y con suplementación a base de semolina de arroz.

No se encontraron diferencias significativas en el rendimiento cárnico, ni en las proporciones entre tejidos en novillos con suplementación convencional y con suplementación a base de semolina de arroz.

No se encontraron diferencias significativas en el perfil de ácidos grasos; sin embargo, el tratamiento uno presentó mayor concentración de CLA que el tratamiento dos (0,47 y 0,34, respectivamente).

No se encontraron diferencias en la relación poliinsaturados/saturados, obteniendo un valor igual en los dos tratamientos (0,06).

6. RECOMENDACIONES

Modificar la infraestructura de los comederos o la forma de suministrar el alimento para garantizar que la dosis respectiva sea consumida en su totalidad por un mismo novillo.

Realizar estudios con otras materias primas ricas en ácidos grasos reportadas en la literatura, que influyen positivamente un aumento el contenido de CLA en la carne bovina y así mejorar su calidad.

Realizar experimentos similares en otras zonas con condiciones climáticas diferentes para disminuir el efecto adverso que produce éste.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, C; Ramírez, M; Mesa, M; Gil, A. 2001. Efectos protectores de los ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados sobre el desarrollo de la enfermedad cardiovascular. Nutr. Hosp. XVI (3) 78-91
- Aluja, AS. 2011. Bienestar animal en la enseñanza de Medicina Veterinaria y Zootecnia: ¿ Por qué y para qué?. Veterinaria México, 42(2):137-147.
- Angus. 2010. Agregando valor a la carne: grados canadienses de calidad Revista Angus, Bs. As., 249:90-92.
- Arboleda, EM; Vergara, OD; Restrepo, LF: 2015. Características de crecimiento en bovinos mestizos en la costa norte Colombiana. Livestock Research for Rural Development 19 (5). 1-10
- Arias, RA; Pérez, JA; Velásquez, AC; Alvarado, CA. 2016. Ganancia de peso diaria de machos castrados vs. machos enteros durante la recría (en línea) Consultado el 14 de mar. 2107. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/invernada_o_engorde_en_general/169-Ganancia_machos.pdf
- Arronis, V. 2008. Descripción y adaptación de forrajes. Instituto Nacional de Transferencia Tecnológica (en línea). Consultado el 30 de mar 2017. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/brochure_victoria.pdf
- Atencio, A. 2008. La Raza Brahman en la producción de ganado doble propósito tropical. (en línea) Consultado el 08 de mar. 2017. Disponible en http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollosost/pdf/capitulo_16.pdf
- Ballesteros, M; Valenzuela, L; Artalejo, E; Robles, A. 2012. Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. Nutr Hosp. Vol. 27. N°1. 54-64

- Barahona, R. 2015. Manejo de forrajes tropicales (en línea) Consultado el 06 de jun 2017. Disponible en <http://proleche.com/recursos/documentos/congreso2015/produccion/Charla12.pdf>
- Barboza, LM. 2017. Fortalecimiento competitivo y organizacional de la ganadería de carne en Costa Rica: Propuesta de mejora para la Corporación Ganadera (CORFOGA). Tesis M. Sc. Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional del Costa Rica. 107 p.
- Bavera, GA. 2011. Razas Bovinas y Bufalinas de la Argentina. Capítulo VI: Clasificación de las razas bovinas y bufalinas; cruzamientos. Imberti-Bavera. Río Cuarto. Argentina. 270 p
- Bavera, GA; Peñafort, C. 2006. Castración de machos y hembras. Cursos de Producción Bovina de Carne. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto (en línea) Consultado el 15 de mar. 2017. Disponible en http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/cria/40-castracion_de_machos_y_hembras.pdf
- Blanco, N; Huba, J; Hetényi, L; Oravcová. 2008. Estimación in vivo de la composición de la canal en Bovinos utilizando mediciones Ultrasonográficas. UNAN-León, Editorial Universitaria. Vol.1. N°2. 58-63.
- Bolívar, D; Ramírez, E; Vergara, O; Restrepo, L; Arboleda, E; Cerón, M. 2009. Parámetros genéticos para el control del peso al nacimiento en bovinos de carne: cruzados en el trópico bajo colombiano. Rev. Lasallista Investig. Vol.6 N°2. 14-23.
- Bó, GA; Caccia, M. 2000. Ultrasonografía reproductiva en el ganado bovino (en línea). Taurus. 2(5):23-39
- Boschini, C, Pineda, L; Chacón, P. 2014. Evaluación del ensilaje del pasto ratana (*Ischaemum indicum* Houtt.) con tres diferentes aditivos. Agronomía Mesoamericana, 25(2), 297-311

- Bretschneider, G. 2009. Castración de Terneros: Tradición versus Eficiencia. REDVET. 10 (7).
- Cabezas, C; Hernández, B; Vargas, M. 2016. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. Rev. Fac. Med. Vol. 64 (4): 761-8
- Cardona, J. 2016. 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. Instituto Tecnológico De Costa Rica. Vicerrectoría de Investigación y Extensión. 132p.
- Carro, R; González, D. 2012. Productividad y Competitividad (en línea). Consultado el 12 de mar. 2017. Disponible en http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- Carrillo, L; Dalmau, J; Martínez, J; Solà, R; Pérez, F. 2011. Grasas de la dieta y salud cardiovascular. Clínica e Investigación en Arteriosclerosis. Vol 23, N°1. 1-36
- Carvalho, I; Fiorentini, G; Lage, J; Messana, J; Canesin, R; Rossi, L; Reis, R; Berchielli, T. 2016. Fatty acid profile, carcass traits and meat quality of Nelore steers following supplementation with various lipid sources. Animal Production Science. 57, 1170–1178
- Castillo, J; Olivera, M; Carulla, J. 2013. Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: una revisión. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 16(2), 459-468.
- Castillo, M; López, M; Montero, A; Soto, H. 2015. Características pre-destete de cruces genéticos de bovinos de carne en el trópico seco costarricense. Nutrición Animal Tropical 9(2): 105-123.
- Castillo, M; Ramos, J; Bosch, M. 2017. Actividad física en relación con la obesidad y el sobrepeso en adolescentes. Dirección General de Juventud y Deporte. Madrid. España. 149 p

- Castro, A. 1984. Producción Bovina. EUNED. San José. Costa Rica. 380 p
- Castro, A. 2009. Ganadería de Carne. EUNED. San José. Costa Rica. 259 p
- Castro, M; Bolado, V; Landa, M; Liceaga, M; Soto, J; López, J. 2010. Ácidos grasos trans de la dieta y sus implicaciones metabólicas. Gac Méd Méx Vol.146 N°4. 281-288p.
- Centeno, O. 2016. Estimación de proteína en semolina de arroz, mediante aplicación de regresiones en el infrarrojo cercano. Agron. Mesoam. 27(2):367-376.
- Cervera, P; Padró, L. 2005. Actuación integral en el paciente con riesgo cardiovascular y dislipémico. Nutrición y dietética. España. 87 p.
- Chacón, M; Reyes, C; Segura, J. 2015. Estrategia para la ganadería baja en carbono en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. 110 p
- Chavarría, A. 2015. Guía descriptiva de los cortes de carne de res y cerdo. INA (Instituto Nacional de Aprendizaje). Costa Rica. 102 p
- Colin, B. 2010. Caracterización del crecimiento y de la canal en bovinos machos cruzados *Bos taurus* / *Bos indicus* en pastoreo en el trópico. Tesis MSc. Veracruz. Universidad Veracruzana. 103p.
- Comisión Europea. 2015. Prospects for EU agricultural markets and income 2015-2025. EU agricultural Outlook. Agriculture and Rural Development. 84 p
- Contreras, SA. 2005. Efecto de la suplementación con cereales y afrecho de soya en la engorda de novillos sobre las características de canal y calidad de carne. Tesis M.V. Valdivia. Chile. Universidad Austral De Chile. Facultad De Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal y Tecnología de Carnes. 67 p
- Constanza, C; Hernández, B; Vargas, M. 2016. Aceites y grasas: efectos en la salud y regulación mundial. Rev. Fac. Med. Vol. 64 No. 4: 761-768
- Córdova, A; Rodríguez, G; Córdova, M; Córdova, C; Pérez, J. 2005. Ganancia diaria y peso al destete en terneros de cruces *Bos taurus* con *Bos indicus* en trópico húmedo. Rev.MVZ Cordoba Vol.10 N°.1. 589-592

- CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero). 2013. “Consumo, Hábitos, Uso y Actitudes”. Carne de Res. Consultoría Interdisciplinaria en Desarrollo (CID). GALLUP SA. 42 p
- CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero). 2017. Estadísticas del sector cárnico costarricense. Resumen cierre anual 2015-2016. 91 p
- Cruz, R. 2012. “Efecto de pigmentos carotenoides y pectina en la calidad de la grasa de bovinos”. Tesis Dr.Sc. Mexico, DF. Universidad Autónoma Metropolitana. 139p
- Curley, K. 2004. Influence of temperament on bovine hypothalamic-pituitary–adrenal function. MSc. Thesis, Texas A&M University, College Station, TX, USA.
- Delfa, R.; Ripoll, G.; Panea, B.; Joy, M.; Alberti, P. 2007. Use of carcass weight, community scale for carcass classification and carcass ultrasound measurements to predict carcass composition of young beef bulls. En Evaluation of carcass and meat quality in cattle and sheep. ed. C Lazzaroni, S Gigli, D Gabin. EAAP publicación no. 123: 19–31.
- Di Marco, O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. Producir XXI, Bs. As, 20(240), 24-30.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dockweiler, JC; Coetzee, JF; Edwards, LN; Bello, NM; Glynn, HD; Allen, KA; Theurer, ME; Jones, ML; Miller, KA; Bergamasco, L. 2013. Effect of castration method on neurohormonal and electroencephalographic stress indicators in Holstein calves of different ages. J. Dairy Sci. 96 :4340–4354.
- Domingues, JL; Nuñez, AJC; Gomes, RC; Valinote, AC; Silva, SL; Pereira, ASC; Leme, PR; Nogueira, JCM. 2015. Effect of high oil corn in the diets of Nellore steers on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and longissimus muscle fatty acid profile. Livestock Science 174 31–38

- Ducca, E; Alfaro, O; Solano, OM. 2009. Pasto cv Toledo. *Brachiaria brizantha*. Infoagro Costa Rica (en línea). Consultado el 01 de abr 2017. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/HojasDivulgativas/Pasto%20cv%20Toledo%20Brachiaria%20Brizantha.pdf>
- Elzo, MA; Johnson, DD; Wasdin, JG; Driver, JD. 2012. Carcass and meat palatability breed differences and heterosis effects in an Angus–Brahman multibreed population. Elsevier. 90 (1): 87-92
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Sf. Recursos de nutrientes composición de materiales alimenticios y fertilizantes. (en línea). Consultado el 04 de marzo de 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab492s/AB492S07.htm>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); FINUT (Fundación Iberoamericana de Nutrición). 2012. Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos. (en línea). Consultado el 04 de marzo de 2017. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/017/i1953s/i1953s.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. Consumo de Carne. (En línea). Consultado el 20 de feb. de 2017. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2016. Carne y Productos Cárnicos. (En línea). Consultado el 20 de feb. de 2017. Disponible en <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/home.html>
- Federación de Cámaras de Ganaderos de Guanacaste. 2007. Plan Estratégico para el desarrollo de la agrocadena de la ganadería bovina de carne en la Región Chorotega. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 72 p

- FPTA (Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria, Uruguay). 2001. Utilización de ultrasonografías para la predicción de la composición y calidad de canal. (en línea). Consultado el 5 de abril de 2018. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14432230209155402.pdf>
- Ferrario, J; Fernández, M. 2007. Estudio de características de carcasa por ultrasonido: medir para crear. Rev. Braford, Bs. As., 23(58):72-75.
- Gallo, C; Apaoblaza, A; Pulido, RG; Jerez, N. 2013. Efectos de una suplementación energética en base a maíz roleado sobre las características de calidad de la canal y la incidencia de corte oscuro en novillos. Arch. med. vet. vol.45 no.3. 237-245.
- Gama, LT; Bressan, MC; Rodríguez, EC; Rossato, LV; Moreira, OC; Alves, SP; Bessa, RJB. 2013. Heterosis for meat quality and fatty acid profiles in crosses among *Bos indicus* and *Bos taurus* finished on pasture or grain. Elsevier. 93 (1), 98–104.
- Garriz, C. 2012. Rendimientos, peso, composición de res y cortes vacunos en la argentina. Efectos del genotipo, edad y peso vivo de faena. ¿producir carne con la raza criolla argentina. (en línea) Consultado el 13 de mayo de 2018. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/144-criollo_Garriz.pdf
- Gatius, S; Medina, LF; Bilbao, G. 2013. Evaluación de dos métodos para estimar el peso corporal de terneros Holstein. Tesis Vet. Tandil. Argentina. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. 29 p
- Gay, A. 2018. Nutrición. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Serie Salud. 229 p
- Gigena, MC. 2008. El Bienestar Animal y la Calidad de Carne de novillos en Uruguay con diferentes sistemas de terminación y manejo previo a la faena. Tesis Ph. D. Valencia. Uruguay. Universidad Politécnica de Valencia. 230 p.

- Gómez, G. 2013. Biotipo funcional del cebú Brahman productor de carne. Revista el Cebú. No 392. 20-29
- González, B; Perozo, A; Ortega, J. 2013. Evaluación de la presión de pastoreo en tanner (*Urochloa arrecta*) y la suplementación estratégica en mautes mestizos en bosque seco tropical y suelos neutros. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 30: 410-430
- Guerra, NFJ; Lagos, JE. 2014. Análisis de la composición bromatológica de pastos y formulación de dietas para la producción de leche en el trópico. Tesis Lic. Zamorano. Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 44 p
- Hamilton, B. 2006. Evaluación de la profundidad de la grasa. En línea. Consultado el 25 de mayo de 2019. Disponible en <http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/livestock/beef/handling-and-management/assessing-fat-depth>
- He, ML; McAllister, TA; Hernandez, LM; Aalhus, JL; Dugan, MER; McKinnon. 2014. Effect of dietary inclusion of triticale dried distillers' grain and oilseeds on quality and fatty acid profile of meat from feedlot steers. Meat Science 97, 76–82
- Holmann, F; Rivas, L; Pérez, E; Castro, C; Schuetz, P; Rodríguez, J. 2007. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), International Livestock La Cadena de Carne Bovina en Costa Rica: Identificación de Temas Críticos para Impulsar su Modernización, Eficiencia y Competitividad Research Institute (ILRI). 75 p
- Huertas, C. 2011. Métodos de castración en el control reproductivo, el manejo y el bienestar animal de bovinos de carne (en línea). Consultado el 15 de mar. 2017. Disponible en <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/handle/11158/94>
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuario). 2014. Brachiaria brizantha Cultivar Toledo (en línea). Consultado el 01 de abr 2017. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/plegables/Brochure%20Cultivar%20Toledo%202014.pdf>

- Jerez, N; Huerta, N. 2009. Effects of breed type and supplementation during grazing on carcass traits and meat quality of bulls fattened on improved savannah. *Livestock Science*. Vol 121, N°2. 219-226
- Kabaleski, CD. 2013. Condición corporal en ganado de carne (en línea). Consultado el 22 de mar 2017. Disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria_condicion_corporal/50-Condicion_Corporal_Carne.pdf
- Kim, S; Lee, J; Park, S. 2016. Effects of full-fat soybean diet on performance, carcass characteristics, and fatty acid composition of Hanwoo steers. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 40(4), 451-458.
- Knee, B. 2006. Assessing Fat Depth. (en línea). Consultado el 15 de octubre de 2018. Disponible en <http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/livestock/beef/handling-and-management/assessing-fat-depth#>
- Kraft, J; Kramer, JK; Schoene, F; Chambers, JR; Jahreis, G. 2008. Extensive analysis of long-chain polyunsaturated fatty acids, CLA, trans-18:1 isomers, and plasmalogenic lipids in different retail beef types. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 4775-4782.
- Lambertz, C; Farke, A; Moors, E; Gauly, M. 2014. Comparison of the effects of weaning and castration when conducted separately or in combination on the behaviour of crossbred beef cattle Elsevier. 161: 28-33
- Lagomarsino, X; Montossi, F. 2014. Effect of different nutritional strategies diets on animal performance and carcass traits of hereford cull cows in Uruguay. 60th International Congress of Meat Science and Technology. Punta del Este, Uruguay. Session VIII Muscle Biochemistry and Meat Quality Session VIII. c Pages, 528.
- Larraín, R; Bello, E. 2013. Composición de cortes de carne bovina nacional. Pontificia Universidad Católica de Chile. Fundación para la Innovación Agraria. 39 p

- León, J; Salgado, M; Sánchez, M; Cortez, A. 2014. Ácido linoleico conjugado: de la naturaleza al uso de la biotecnología. Revista Cubana de Química, vol. XXVI, núm. 3. p. 235-258
- López, R. 2011. Ultrasonografía aplicada a la reproducción bovina. Tesis Lic. Cuenca, EC: Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 114 p
- Luce, M; Gouveia, G; Eudoxie, G. 2016. Comparative effects of food processing liquid slurry and inorganic fertilizers on tanner grass (*Brachiaria arrecta*) pasture: grass yield, crude protein and P levels and residual soil N and P. Grass Forage Science (en línea). Consultado el 01 de abr 2017. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/gfs.12240/epdf>
- Mach, N; Bach, A; Reanini, C; Font, M; Velarde, A; Devant, M. 2010. Efecto de la castración en terneros; rendimientos productivos y calidad de la canal y la carne (en línea). Consultado el 14 de mar. 2017. Disponible en http://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/cria/128-efectos_castracion.pdf
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). sf. Energía en los pastos tropicales (en línea). Consultado el 19 de abr. 2017. Disponible en <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/eept.htm>
- Magalhães, A; Camargo, G; Fernandes, G; Gordo, D; Tonussi, R; Costa, Espigolan, R; Silva, R; Bresolin, T; Andrade, W; Takada, L; Feitosa, F; Baldi, F; Carvalheiro, R; Chardulo, L; Albuquerque, L. 2016. Genome-Wide Association Study of Meat Quality Traits in Nelore Cattle. PLOS ONE 11(6).
- Mao, Y; Hopkins, D; Zhang, Y; Li, P; Zhu, L; Dong, P; Luo, X. 2016. Beef quality with different intramuscular fat content and proteomic analysis using isobaric tag for relative and absolute quantitation of differentially expressed proteins. Meat science, 118, 96-102.
- Martínez, A; Pérez, M; Pérez, A; Gómez, G; Carrión, D. 2010. Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. REDVET. Revista electrónica de Veterinaria. Vol.11, N°08. 21 p

- Marshall, D. 1994. Breed differences and genetic parameters for body composition traits in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 72:2745-2755.
- Mata, L. 2011. Tabla de composición de materias primas usadas en alimentos para animales. Editorial UCR. San José. Costa Rica. 127 p
- Miranda, JL; Osorio, JL. 2012. Análisis de gramíneas tropicales y simulación de producción potencial de leche. Tesis Lic. Zamorano, Honduras. Zamorano Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. 33p.
- Mirzaei, H; Deland, M; Pitchford, W. 2009. Describing Variation in Rump P8 Fat Depth of Crossbred Cattle from Birth to Slaughter. *Proc. Assoc. Advmt. Anim. Breed. Genet.* 17: 557-560.
- Monge, R; Campo, H. 2006. Tabla de composición de alimentos de Costa Rica: Ácidos Grasos. Inciensa. 60p
- Montoya, C; García, F; Barahona, R. 2015. Contenido de ácidos grasos en carne de bovinos cebados en diferentes sistemas de producción en el trópico colombiano. *Vitae*, Vol. 22, N° 3. 205-214
- Mora, O; Shimada, A. 2001. Causas del color amarillo de la grasa de canales de bovinos finalizados en pastoreo. *Veterinaria México*. Vol. 32. 63-71
- Murcia, J. 2016. Tendencias en el consumo mundial de carnes. *Distribución y Consumo*. Vol. 2. 45-51
- Murillo, O; Unruh, J; Blanco, A; Galindo, J; Arce, C; Gadea, A; Martínez, B; Rodríguez, R; Rojas, S. 2012. Programa Nacional de Clasificación de Canales Bovinas en Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos. 55p.
- Noreña, JM. 2014. Pastos y forrajes. Tanner grass- *Brachiaria arrecta* (en línea). Consultado el 01 de abr 2017. Disponible en <http://temaspastos.weebly.com/brachiaria-arrecta---tanner.html>

- Oliveira, DM; Ladeira, MM; Chizzotti, ML; Machado, OR; Ramos, EM; Goncalves, TM; Bassi, MS; Lanna, DPD; Ribeiros, JS. 2011. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from zebu steers fed with different oilseeds. *J. Anim. Sci.* 89:2546–2555.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2012. El período de vida sana puede prolongarse entre cinco y diez años, según la OMS (en línea). Consultado el 04 de abr 2017. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/pr84/es/>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2017. Las 10 principales causas de defunción (en línea). Consultado el 04 de abr 2017. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/es/>
- Orozco, JA; Calle, SB; Rosales, RB. 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. *CES Medicina Veterinaria & Zootecnica*, 5(1).
- Osorio, J; Vinazco, J. 2010. El metabolismo lipídico bovino y su relación con la dieta, condición corporal, estado productivo y patologías asociadas. *Biosalud*, Vol 9, No 2, 56-66
- Pasinato, A; Elizalde, E; Teira, G; Perlo, F; Bonatto, P; Tissoco, O. 2013. Novillos Holando alimentados a corral con dietas completas isoenergéticas y distintos niveles de proteína bruta. Respuesta productiva y calidad de carne. Publicación técnica. EEA Anguil, (92).
- Pasinato, A. 2016. Suplementación ganadera (en línea). Consultado el 29 de mar 2017. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/suplementacion-ganadera>
- Paz, RA. 2009. Acido linoleico conjugado-CLA en alimentos. Tesis Ph.D. Bogotá. Colombia. Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. 43 p.

- Posada, S; Rosero, R; Rodríguez, N; Costa, A. 2011. Estimación de parámetros de curvas de crecimiento de ganado Nellore criado en confinamiento. Rev.MVZ Córdoba 16(3):2701-2710.
- Pulgarín, C. 2012. Estimación de los efectos aditivos y de heterosis para peso de cosecha, sobrevivencia y manchamiento en siete poblaciones de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en Colombia. Tesis M Sc. Bogotá D.C. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 87 p.
- Quesada, I; Chacón, M. 2015. NAMA, Ganadería de Costa Rica. (en línea). Consultado el 03 de mar. de 2017. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00368.pdf>
- Ramírez, JI. 2014. Evaluación de niveles crecientes de energía en la suplementación de novillos de engorde en pastoreo. Tesis Lic. San Carlos, Alajuela, CR. Tecnológico de Costa Rica. 97p
- Rodríguez, CR; Gámez, JA. 2015. Evaluación del comportamiento productivo de novillos de finalización sometidos a cuatro raciones de concentrado de engorde al 16 % proteína (El Ranchero) en la cooperativa Masiguito en la comarca Coyanchigue, Camoapa Boaco 2015. Tesis Lic. Universidad Nacional Agraria Sede Regional Camoapa, Boaco, Nicaragua.36 p
- Rodríguez, J. 2012. Effects of castration on carcass composition, meat quality, and sensory properties of beef produced in a tropical climate. Tesis M Sc. Manhattan, Kansas. Kansas State University. 93 p
- Rodríguez, J; Unruh, J; Villarreal, 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

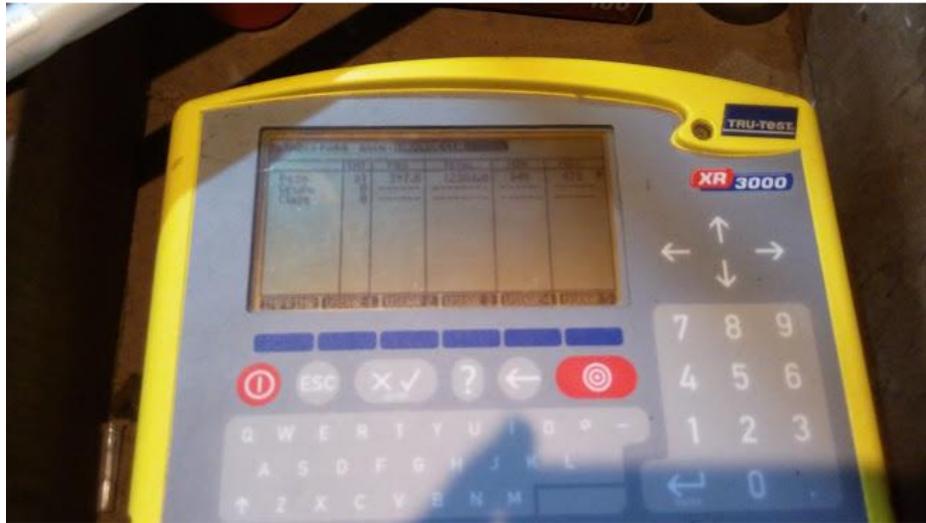
- Rodríguez, K. 2014. Efecto del componente racial sobre parámetros productivos de la canal y de calidad de la carne de novillos de engorde suplementados bajo condiciones de pastoreo. Tesis Lic. San Carlos, Alajuela, CR: Tecnológico de Costa Rica. 98p
- Rodríguez, K; Valverde, A; Rodríguez, J; Murillo, O; Camacho, M. 2018. Efecto del genotipo y alimentación final sobre cortes cárnicos comerciales y calidad de canal en novillos. Agron. Mesoam. 29(1):105-122
- Rojas, A; Campos, CM. 2015. Hacia sistemas más intensivos en la producción de carne bovina: pastoreo con suplementación, semiestabulación y estabulación. Revista Universidad Técnica Nacional. 74: 14-23h
- Rubio, MS; Braña, D; Méndez, D; Torrescano, G; Sánchez, A; Pérez, C; Figueroa, F; Delgado, E. 2013. Evaluación de las canales bovinas mexicanas (en línea). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad autónoma de México. Consultado el 03 jun 2017. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20la%20estandarizaci%C3%B3n%20y%20evaluaci%C3%B3n%20de%20las%20canales%20bovinas%20mexicanas.pdf>
- Šafus P., J. Příbyl, Z. Veselá, L. Vostrý, M. Štípková, and L. Stádník. 2006. Selection index for bulls of Czech Fleckvieh cattle in the Czech Republic. Czech J. Anim. Sci. 51:285-298.
- Sánchez, F. 2015. Crecimiento y Desarrollo. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (en línea). Consultado el 01 de abr 2017. Disponible en http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Zootecnia/images/crecimiento_y_desarrollo_-_zootecnia.pdf

- Schaller, MA. 2011. Efecto del peso de sacrificio sobre algunas características de la canal y de la carne en corderos de la raza Texel. Tesis MV. Santiago, Chile. Universidad de Chile Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 96 p. Memoria para optar al Título Profesional de Médico Veterinario Departamento de Fomento de la Producción Animal.
- Schiermiester, L.N., R.M. Thallman, L.A. Kuehn, S.D. Kachman, and M.L. Spangler. 2015. Estimation of breed-specific heterosis effects for birth, weaning, and yearling weight in cattle. *J. Anim. Sci.* 93:46-52. doi:10.2527/jas.2014-8493
- Sepasa (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2015. Indicadores Macroeconómicos Agosto 2015 (en línea). Consultado el 11 mar. 2017. Disponible en <http://www.infoagro.go.cr/MarcoInstitucional/Documents/AEEI/AEEI-2015-032%20Indicadores%20Macroeconomicos%20Agosto.pdf>
- Sepasa (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria). 2018. Informe de gestión del sector agropecuario y rural (mayo 2014 – abril 2018). San José, C.R. 155 p
- 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.
- Suárez, E; Reza, S; Díaz, E; García, F; Pastrana, I; Cuadrado, H; Espinosa, M. 2012. Efectos de las condiciones ambientales sobre el comportamiento ingestivo en bovinos de carne en un sistema intensivo en el Valle del Sinú. *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 13(2), 207-212
- Stafford; KJ. 2005. The welfare significance of the castration of cattle: a review. *New Zealand Veterinary Journal*; Vol. 53 (5), pp. 271-8.
- Stanton, C., Lawless, G., Kjellmer, D., Harrington, R., Devery, J., Connolly, J., Murphy, J. 1997. Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11- conjugated linoleic acid content. *Journal of Food Science.* 62. 1083-1086.

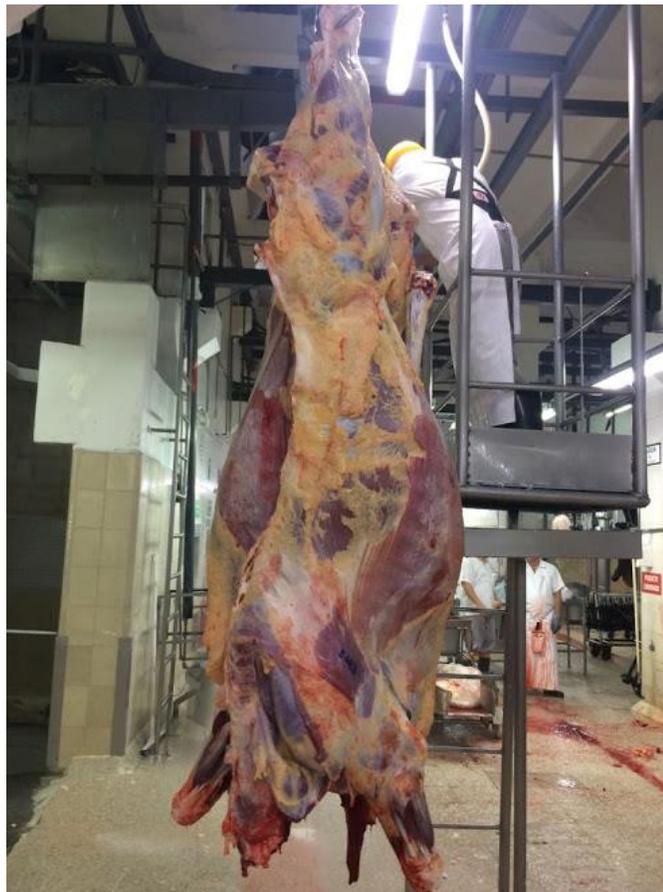
- Tate & Lyle. 2014. La tendencia saludable será clave para el crecimiento del sector en los próximos años. *Food Ingredients Brasil* 30(16): 80-82
- Torrescano, G; Sánchez, A; Vásquez, M; Paz, R; Pardo, D. 2010. Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora. *Rev. mex. de cienc. pecuarias* Vol.1 N°2. 157-168
- Troxel, T. sf. Ultrasound Scanning to Measure Body Composition in Beef Cattle (en línea). Consultado el 15 de octubre de 2018. Disponible en <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-3106.pdf>
- USDA (United States Department of Agriculture). 2007. Official Marbling Photographs. MGC Instruction 912.
- Vásquez, RE; Abadía, B; Arreaza, LC; Ballesteros, HH; Muñoz, CA. 2008. Factores asociados con la calidad de la carne. II parte: perfil de ácidos grasos de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 66-73.
- Velásquez, JC; Ríos, M. 2010. Relación de medidas de composición corporal evaluadas in vivo con ultrasonido con el peso de la canal en vacas Cebú de descarte. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(1). 99-105
- Videa, AG; Salgado, TE. 2013. Evaluación del comportamiento productivo de novillos sometidos a dos dietas suplementarias en el Centro Integral de Investigación, Innovación, Producción, Extensión y Enseñanza Agropecuaria las Lomas durante el periodo de Agosto-Octubre 2013. Tesis Lic. Camoapa, Boaco, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria Sede Regional Camoapa. 46 p
- Villa, N; Duque, P; Jiménez, A; Ceballos, A. 2012. Evaluación ultrasonográfica de las medidas dorsales y del anca y su relación con metabolitos lipídicos en ganado Brahman. *Rev.MVZ Córdoba* 17(3):3154-3161.
- Villalobos, E. 2010. Respuesta del pasto Ratana (*Ischemum indicum*) a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. Tesis Lic. San Carlos, Alajuela, CR: Instituto Tecnológico de Costa Rica. 57 p

- Villarreal, M; Villalobos, E; Rodríguez, C; Ducca, E; Alfaro, O. 2010. Advances in Animal Biosciences, supl. International Symposium on Sustainable Animal Production in; Cambridge 1.2 : 447-448.
- Zamora, L. 2016. Evaluación del rendimiento productivo de la canal y calidad de carne de animales Brahman, Brangus (negro) y el cruce Wagýú x Charbray; enteros y castrados, en un sistema estabulado. Tesis Lic. San Pedro, San José, CR. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Escuela de Zootecnia. 68p.
- Zhang, X; Rahman, MA; Xue, Z; Wang, X; He, Y; Cao, B. 2015. Effect of Post-pubertal Castration of Wannan Cattle on Daily Weight Gain, Body Condition Scoring and Level of Blood Hormone. International Journal of Agriculture and Biology, 17(2). 334-338.

8. ANEXOS



Anexo 1. Romana utilizada para el pesaje de los novillos de encaste Brahman utilizados en el experimento. La Vega, San Carlos, 2017.



Anexo 2. Canal de novillo lista para ser evaluada con la escala visual de CORFOGA, para la variable grado de grasa de cobertura, desarrollo muscular y color de grasa de cobertura.



Anexo 3. Calibración del pH-metro en la planta de cosecha Coopemontecillos RL, para las mediciones de pH y temperatura.



Anexo 4. Mediciones de pH y temperatura en medias canales 24 horas después del sacrificio de los novillos en la planta de cosecha Coopemontecillos RL.



Anexo 5. Peso de las canales bovinas 24 horas postmortem.

Anexo 6. Contenido de ácido graso según corte de cada novillo, Laboratorio CINA.

Animal	Extracto etéreo (%)	Nutriente								
		Ácido mirístico (g/100g de grasa)	Ácido palmítico (g/100g de grasa)	Ácido esteárico (g/100g de grasa)	Ácido oleico (g/100g de grasa)	Ácido linoleico (g/100g de grasa)	Ácido linoleico conjugado (CLA) (g/100g de grasa)	Ácidos grasos saturados (%)	Ácidos grasos monoinsaturados (%)	Ácidos grasos poliinsaturados (%)
6668-3270	2,342	0,94	19,88	15,74	25,43	1,64	0,00	63,57	28,04	8,38
6669-3564	3,333	5,85	18,87	24,02	37,66	0,94	0,84	55,12	41,91	2,96
6670-3579	2,622	4,19	28,13	14,56	38,09	0,97	1,52	59,95	43,19	2,82
6671-3546	3,007	2,28	18,84	27,19	39,35	0,00	0,00	53,67	41,99	4,26
6672-3594	3,333	6,51	38,70	11,09	36,98	1,14	1,02	58,03	38,22	4,34
6673-3631	3,039	5,56	31,46	15,28	33,91	1,06	1,04	58,32	38,89	2,79
6674-3621	3,176	3,05	23,64	28,43	31,73	0,00	0,00	59,51	33,75	6,31
6675-3604	3,435	6,26	29,39	14,26	36,15	0,87	1,09	54,76	41,76	3,46
6676-3618	3,097	2,70	24,74	25,93	35,39	1,40	0,56	58,31	38,27	3,07
6677-3533	3,576	6,11	30,89	17,80	32,03	1,84	1,44	60,54	36,47	2,95
6678	4,668	8,18	35,66	18,67	21,02	0,67	0,00	69,24	27,09	3,71
6679	3,079	3,98	27,40	21,81	34,55	1,37	0,00	59,11	38,05	2,37
6680	2,296	3,60	24,52	27,48	36,03	1,36	0,00	59,99	38,15	1,86
6681	3,261	5,66	35,82	13,69	30,55	1,16	0,73	60,12	36,21	3,69
6682	4,263	6,60	36,70	20,47	20,21	1,99	0,66	70,23	24,94	4,82
6683	2,221	3,49	32,44	22,68	30,08	1,11	0,00	63,78	32,82	3,13
6684	3,640	3,88	33,36	14,31	34,23	1,58	1,20	57,37	39,01	3,36
6685	3,337	4,86	32,40	15,43	31,14	1,70	1,23	59,22	35,81	4,83
6686	3,451	4,55	27,65	23,49	33,25	1,16	0,00	60,75	35,81	2,63
6687	3,747	3,45	25,67	21,05	38,41	0,51	0,00	55,20	41,86	2,40
6688	3,114	4,05	26,65	19,56	38,38	1,49	0,00	54,70	41,76	2,71
6689	2,703	4,06	26,81	23,10	30,59	1,10	0,00	61,02	33,86	4,13
6690	2,598	4,27	26,96	24,28	33,57	1,67	0,62	60,75	36,14	3,11
6691	4,131	4,18	31,68	13,73	39,28	1,87	0,00	53,75	43,23	3,02
6692	2,870	3,29	26,11	20,02	40,14	0,90	0,00	53,58	43,08	4,51
6693	1,580	3,48	24,34	23,84	37,16	1,78	0,00	54,02	41,44	3,90
6694	2,157	2,75	22,77	27,46	33,46	1,63	0,00	57,67	35,27	1,97
6695	2,747	2,21	27,77	18,58	37,04	0,76	0,93	53,43	40,82	2,33
14-3591	3,283	4,12	33,34	18,39	33,97	1,05	0,00	59,48	38,48	2,00
15-3589	2,238	3,58	23,37	24,87	36,25	0,00	0,00	56,22	39,53	3,29
16-3559	3,512	3,11	22,08	16,29	29,31	1,35	0,00	44,84	31,92	1,46
17-3644	2,791	4,44	24,45	21,14	38,26	1,89	0,00	54,24	40,64	3,25

Anexo 7. Medias y comparaciones de las variables analizadas en el experimento de suplementación en novillos de encaste Brahman en pastoreo, La Vega, San Carlos.

Ganancia diaria de peso - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1574,67	<0,0001
Tratamiento	1	6,44	0,0168

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	0,87	0,03	A
1	0,77	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Espesor de grasa dorsal - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	369,06	<0,0001
Tratamiento	1	0,76	0,3918

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	3,92	0,28	A
1	3,58	0,28	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Marmoleo - Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento
LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	769,23	<0,0001
Tratamiento	1	0,04	0,8490

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	5,23	0,26	A
2	5,15	0,26	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Profundidad muscular- Medias ajustadas y errores estándares para
Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	4291,12	<0,0001
Tratamiento	1	1,15	0,2913

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	67,87	1,44	A
1	65,68	1,44	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso pie planta- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento
LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5648,01	<0,0001
Tratamiento	1	2,27	0,1420

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	491,75	9,79	A
1	472,25	8,44	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso canal caliente- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6009,06	<0,0001
Tratamiento	1	0,84	0,3680

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	279,75	6,94	A
1	272,38	4,11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso canal fría- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento
LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5721,17	<0,0001
Tratamiento	1	0,01	0,9113

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	276,40	6,83	A
1	275,49	4,31	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Largo de canal- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento
LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	16437,84	<0,0001
Tratamiento	1	0,93	0,3444

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	160,25	1,64	A
1	157,83	1,90	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Perímetro de la pierna- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	30164,46	<0,0001
Tratamiento	1	5,86	0,0228

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	116,41	0,88	A
1	113,17	1,01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

pH último- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	32928,31	<0,0001
Tratamiento	1	0,05	0,8215

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	5,93	0,05	A
1	5,92	0,04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Grasa- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	725,85	<0,0001
Tratamiento	1	0,02	0,8821

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	3,38	0,19	A
1	3,34	0,16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Área del ojo del lomo- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1338,81	<0,0001
Tratamiento	1	1,91	0,1786

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	63,16	2,00	A
2	59,52	1,73	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Carne- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3402,82	<0,0001
Tratamiento	1	0,01	0,9153

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	110,31	2,88	A
1	109,9	2,5	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Hueso- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6510,62	<0,0001
Tratamiento	1	0,35	0,5599

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	23,45	0,44	A
2	23,11	0,38	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Peso media canal fría- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	4025,50	<0,0001
Tratamiento	1	0,02	0,8923

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	137,67	3,31	A
2	137,07	2,86	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ácido Mirístico- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento
LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	247,38	<0,0001
Tratamiento	1	0,57	0,4570

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	4,43	0,38	A
2	4,02	0,38	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ácido Palmítico- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento
LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	921,09	<0,0001
Tratamiento	1	1,10	0,3031

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	28,85	1,30	A
1	26,93	1,30	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ácido Esteárico- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	548,16	<0,0001
Tratamiento	1	0,25	0,6224

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	20,57	1,22	A
1	19,72	1,22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ácido Oleico- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1496,52	<0,0001
Tratamiento	1	0,02	0,9031

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	33,97	1,24	A
1	33,76	1,24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ácido Linoleico- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	165,39	<0,0001
Tratamiento	1	3,57	0,0684

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	1,36	0,13	A
1	1,01	0,13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ácido Linoleico Conjugado- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	18,18	<0,0001
Tratamiento	1	0,50	0,4842

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	0,47	0,13	A
2	0,34	0,13	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ácido Grasos Saturados- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	4582,85	<0,0001
Tratamiento	1	0,15	0,7006

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	58,47	1,21	A
1	57,81	1,21	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ácido Grasos Monoinsaturados- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1951,87	<0,0001
Tratamiento	1	0,01	0,9414

Tratamiento	Medias	E.E.	
2	37,51	1,20	A
1	37,39	1,20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Ácido Grasos Poliinsaturados- Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento

LSD Fisher (Alfa=0,05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	200,84	<0,0001
Tratamiento	1	0,42	0,5220

Tratamiento	Medias	E.E.	
1	3,59	0,34	A
2	3,28	0,34	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)